



**GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

**PARANACIDADE**

**ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**

**CORREDOR OESTE DE EXPORTAÇÃO – NOVA FERROESTE**

**TRECHO: MARACAJU (MS) - PARANAGUÁ (PR)**

**RAMAL: FOZ DO IGUAÇU (PR) - CASCAVEL (PR)**

**TOMO IIA – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO – PARTE 1/2**

**SÃO PAULO**

**NOVEMBRO/2021**



## Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste

Trecho: **Maracaju (MS) - Paranaguá (PR)**  
Ramal: **Foz do Iguaçu (PR) - Cascavel (PR)**

### TOMO IIA- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO PARTE 1/2



O Paranacidade contratou a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe) para elaboração de estudos técnicos econômico-financeiro, socioambiental e jurídico, visando a desestatização da Estrada de Ferro Paraná Oeste S/A: Ferroeste, envolvendo a execução de EIA/Rima, *Due Diligence* e *Valuation* da empresa. Tais esforços tem por objetivo viabilizar a Nova Ferroeste, empreendimento com 1.291,06 km de extensão, envolvendo o trecho entre Maracaju (MS): Paranaguá (PR) e do Ramal Cascavel (PR) – Foz do Iguaçu (PR).

Destaca-se que o empreendedor responsável pela Nova Ferroeste é a Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (Seil) do estado do Paraná, órgão de governo responsável pela política de infraestrutura e logística, centrada no desenvolvimento sustentável e na priorização de investimentos. A Seil tem atuação executiva no desenvolvimento dos modais rodoviário, aeroviário, hidroviário e ferroviário.

Isto posto, a Fipe vem apresentar a estrutura dos estudos socioambientais em atendimento ao Termo de Referência emitido para o Processo nº 02001.017497/2020-72.

- **Volume I: Estudo de Impacto Ambiental (EIA)**

| <b>Tomo</b> | <b>Nome</b>  | <b>Capítulos</b>             |
|-------------|--|------------------------------|
| <b>I</b>    | Informações Gerais e Caracterização do Empreendimento                                | 1, 2, 3 e 4                  |
| <b>IIA</b>  | <b>Diagnóstico Ambiental do Meio Físico<br/>Parte 1/2</b>                            | <b>5: 5.1 (5.1.1: 5.1.6)</b> |
| <b>IIB</b>  | Diagnóstico Ambiental do Meio Físico<br>Parte 2/2                                    | 5: 5.1 (5.1.7: 5.1.9)        |
| <b>IIIA</b> | Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico<br>Parte 1/2                                   | 5: 5.2 (5.2.1 e 5.2.2)       |
| <b>IIIB</b> | Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico<br>Parte 2/2                                   | 5: 5.2 (5.2.3)               |
| <b>IV</b>   | Diagnóstico Ambiental do Meio Socioeconômico   | 5 (5.3)                      |
| <b>V</b>    | Passivos Ambientais e Síntese Ambiental  | 5 (5.4 e 5.5)                |
| <b>VI</b>   | Análise dos Impactos Ambientais, Áreas de Influência, Medidas e Programas Ambientais | 6, 7 e 8                     |
| <b>VII</b>  | Alternativas Tecnológicas e Locacionais, Prognóstico Ambiental e Conclusões          | 9, 10 e 11                   |

| <b>Tomo</b> | <b>Nome</b>                 | <b>Capítulos</b> |
|-------------|-----------------------------|------------------|
| <b>VIII</b> | Bibliografia                | 12               |
| <b>IX</b>   | Glossário e Lista de Siglas | 13 e 14          |

- **Volume II: Apêndices e Anexos**
- **Volume III: Relatório de Impacto Ambiental (Rima)**
- **Volume IV: Informações de Geoprocessamento**

## ÍNDICE

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 5.      | DIAGNÓSTICO AMBIENTAL   | 1   |
| 5.1     | MEIO FÍSICO   | 1   |
| 5.1.1   | Metodologia Aplicada  | 1   |
| 5.1.2   | Clima   | 1   |
| 5.1.2.1 | Metodologia   | 2   |
| 5.1.2.2 | Caracterização Climática da Área de Estudo  | 4   |
| 5.1.2.3 | Trecho I  | 6   |
| 5.1.2.4 | Trecho II   | 17  |
| 5.1.2.5 | Trecho III  | 23  |
| 5.1.2.6 | Trecho IV   | 28  |
| 5.1.2.7 | Trecho V  | 36  |
| 5.1.2.8 | Eventos Extremos  | 43  |
| 5.1.2.9 | Considerações Finais  | 47  |
| 5.1.3   | Geomorfologia   | 47  |
| 5.1.3.1 | Unidades Geomorfológicas  | 48  |
| 5.1.3.2 | Unidades da Paisagem  | 74  |
| 5.1.3.3 | Propensão à Ocorrência de Processos Erosivos ou de Assoreamento e Inundações Sazonais | 77  |
| 5.1.4   | Geologia e Geotecnia  | 83  |
| 5.1.4.1 | Geologia  | 83  |
| 5.1.4.2 | Geotecnia   | 135 |
| 5.1.4.3 | Produção de Sedimentos no Trecho V  | 300 |
| 5.1.5   | Solos   | 332 |
| 5.1.5.1 | Área de Estudo  | 333 |
| 5.1.5.2 | Considerações Sobre os Solos na AE  | 339 |
| 5.1.5.3 | Área Diretamente Afetada  | 343 |
| 5.1.5.4 | Latossolos  | 343 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 5.1.5.5  | Cambissolos   | 352 |
| 5.1.5.6  | Neossolos   | 357 |
| 5.1.5.7  | Argissolos  | 362 |
| 5.1.5.8  | Nitossolos  | 365 |
| 5.1.5.9  | Gleissolos  | 368 |
| 5.1.5.10 | Organossolos  | 372 |
| 5.1.5.11 | Espodossolos  | 376 |
| 5.1.5.12 | Considerações Sobre Solos na Área Diretamente Afetada | 377 |
| 5.1.6    | Recursos Hídricos                                     | 381 |
| 5.1.6.1  | Hidrologia e Hidrogeologia                            | 381 |
| 5.1.6.2  | Qualidade da Água                                     | 427 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 5-1: Classificação Climática de Koppen para o Traçado da Nova Ferroeste e Localização das Estações Meteorológicas | 6   |
| Figura 5-2: Classificação Climática de Koppen para o Trecho V  | 37  |
| Figura 5-3: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 1  | 214 |
| Figura 5-4: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 1  | 215 |
| Figura 5-5: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 2  | 223 |
| Figura 5-6: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 2  | 224 |
| Figura 5-7: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 3  | 231 |
| Figura 5-8: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 3  | 232 |
| Figura 5-9: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 4  | 241 |
| Figura 5-10: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 4   | 242 |
| Figura 5-11: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 5   | 250 |
| Figura 5-12: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 5   | 251 |
| Figura 5-13: Possíveis Zonas de Intrusão de Rochas Básicas   | 259 |
| Figura 5-14: Possíveis Zonas de Intrusão de Rochas Básicas   | 260 |
| Figura 5-15: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 6   | 261 |
| Figura 5-16: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 6   | 262 |
| Figura 5-17: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 7   | 271 |
| Figura 5-18: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 7   | 272 |
| Figura 5-19: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 8   | 283 |
| Figura 5-20: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 8   | 284 |
| Figura 5-21: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 9   | 291 |
| Figura 5-22: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 9   | 292 |
| Figura 5-23: Fluxograma Metodológico Simplificado  | 302 |
| Figura 5-24: Erosividade Climática da Área de Estudo   | 315 |
| Figura 5-25: Estimativa da Produção de Sedimentos  | 318 |
| Figura 5-26: Morfogênese e Processos Morfogênicos da Área de Estudo  | 320 |
| Figura 5-27: Declividade da Área de Estudo   | 325 |
| Figura 5-28: Índice de Potência do Escoamento da Área de Estudo  | 326 |
| Figura 5-29: Regiões Hidrográficas Brasileiras   | 382 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

|   |    |
|---|----|
| Foto 5-1: Planície do Rio Paraná                                    | 49 |
| Foto 5-2: Planalto Sul-Mato-Grossense (Maracaju)                    | 50 |
| Foto 5-3: Planalto Sul-Mato-Grossense (Caarapó)                     | 50 |
| Foto 5-4: Superfície Rebaixada de Dourados (Dourados)               | 51 |
| Foto 5-5: Superfície Rebaixada de Dourados (Dourados)               | 51 |
| Foto 5-6: Planalto Campo Mourão (Guaíra)                            | 53 |
| Foto 5-7: Planalto Campo Mourão (Nova Santa Rosa)                   | 53 |
| Foto 5-8: Planalto de Cascavel (Maripá)                             | 53 |
| Foto 5-9: Planalto de Cascavel (Cascavel)                           | 53 |
| Foto 5-10: Planalto de Cascavel (Santa Tereza do Oeste)             | 55 |
| Foto 5-11: Planalto de Cascavel (Santa Tereza do Oeste)             | 55 |
| Foto 5-12: Planalto do Baixo Iguaçu (Cascavel)                      | 55 |
| Foto 5-13: Planalto do Baixo Iguaçu (Cascavel)                      | 55 |
| Foto 5-14: Planalto São Francisco (Medianeira)                      | 56 |
| Foto 5-15: Planalto São Francisco (Medianeira)                      | 56 |
| Foto 5-16: Planalto de Foz do Iguaçu (São Miguel do Iguaçu)         | 56 |
| Foto 5-17: Planalto de Foz do Iguaçu (Santa Terezinha do Itaipu)    | 56 |
| Foto 5-18: Planalto de Cascavel (Cascavel)                          | 57 |
| Foto 5-19: Planalto de Cascavel (Guaraniaçu)                        | 57 |
| Foto 5-20: Planalto do Alto/Médio Piquiri (Nova Laranjeiras)        | 58 |
| Foto 5-21: Planalto Cascavel (entre Marquinho e Laranjeiras do Sul) | 58 |
| Foto 5-22: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Goioxim)                   | 58 |
| Foto 5-23: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Goioxim)                   | 58 |
| Foto 5-24: Planalto de Palmas / Guarapuava (Guarapuava)             | 59 |
| Foto 5-25: Planalto de Palmas / Guarapuava (Guarapuava)             | 59 |
| Foto 5-26: Planalto de Curitiba (Mandirituba)                       | 61 |
| Foto 5-27: Planalto de Curitiba (Mandirituba)                       | 61 |
| Foto 5-28: Planalto de Curitiba (São José dos Pinhais)              | 61 |
| Foto 5-29: Planalto de Curitiba (São José dos Pinhais)              | 61 |
| Foto 5-30: Planalto de Curitiba (São José dos Pinhais)              | 62 |
| Foto 5-31: Planalto de Curitiba (São José dos Pinhais)              | 62 |
| Foto 5-32: Planalto do Alto Iguaçu (Araucária)                      | 62 |
| Foto 5-33: Planalto do Alto Iguaçu (Mandirituba)                    | 62 |
| Foto 5-34: Planalto do Alto Iguaçu (São José dos Pinhais)           | 63 |
| Foto 5-35: Planalto de Ponta Grossa (Irati)                         | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Foto 5-36: Planalto de Irati (Fernandes Pinheiro) _____   | 64 |
| Foto 5-37: Planalto de Ponta Grossa (Porto Amazonas) _____  | 65 |
| Foto 5-38: Planalto de Irati (Lapa /Eng. Bley) _____  | 65 |
| Foto 5-39: Planalto de Guatá (Fernandes Pinheiro) _____   | 66 |
| Foto 5-40: Planalto de Guatá (São João do Triunfo) _____  | 66 |
| Foto 5-41: Planalto de Irati (Irati) _____  | 67 |
| Foto 5-42: Planalto de Irati (Irati) _____  | 67 |
| Foto 5-43: Planalto de Prudentópolis (Irati) _____  | 67 |
| Foto 5-44: Planalto de Prudentópolis (Irati) _____  | 67 |
| Foto 5-45: Planaltos Residuais da Formação Serra Geral (Irati) _____                                  | 68 |
| Foto 5-46: Planaltos Residuais da Formação Serra Geral (Irati) _____                                  | 68 |
| Foto 5-47: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Guarapuava) _____  | 69 |
| Foto 5-48: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Guarapuava) _____  | 69 |
| Foto 5-49: Planalto do Foz do Areia (Guarapuava) _____  | 69 |
| Foto 5-50: Planalto do Foz do Areia (Guarapuava) _____  | 69 |
| Foto 5-51: Rampas de Pré Serra e Serras Isoladas (Morretes) _____                                     | 71 |
| Foto 5-52: Serra do Mar (Morretes) _____  | 72 |
| Foto 5-53: Serra do Mar (Morretes) _____  | 72 |
| Foto 5-54: Planalto de Curitiba (Morretes) _____  | 73 |
| Foto 5-55: Planalto de Curitiba (Morretes) _____  | 73 |
| Foto 5-56: Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas (Morretes) _____                            | 73 |
| Foto 5-57: Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas (Paranaguá – Estrada do Morro Inglês) _____ | 73 |
| Foto 5-58: Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas (Paranaguá) _____                           | 74 |
| Foto 5-59: Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas (Paranaguá) _____                           | 74 |
| Foto 5-60: Sedimentos Recentes no Córrego Itaipá (Amambai) _____                                      | 86 |
| Foto 5-61: Sedimentos Recentes no Rio Maracaí (Iguatemi) _____  | 86 |
| Foto 5-62: Sedimentos Recentes no Rio Iguatemi (Eldorado) _____                                       | 87 |
| Foto 5-63: Sedimentos Recentes no Rio Paraná (Mundo Novo) _____                                       | 87 |
| Foto 5-64: Sedimentos Recentes no Rio Paraná (Guaíra) _____   | 87 |
| Foto 5-65: Sedimentos Recentes Formando Ilha no Rio Paraná (entre Mundo Novo e Guaíra) _____          | 87 |
| Foto 5-66: Sedimentos da Formação Caiuá (Maracaju) _____  | 88 |
| Foto 5-67: Corte Utilizado para Retirada de Solo (Caarapó) _____                                      | 88 |
| Foto 5-68: Cortes ao Lado da Rodovia MS-156, Sedimentos da Formação Caiuá (Caarapó) _____             | 88 |
| Foto 5-69: Detalhes do Corte ao Lado da MS-156 (Caarapó) _____  | 88 |
| Foto 5-70: Sedimentos da Formação Caiuá (Amambai) _____   | 89 |
| Foto 5-71: Voçoroca na Rodovia MS-180 (Iguatemi) _____  | 89 |
| Foto 5-72: Início do Trecho I, Solo de Origem da Formação Serra Geral (Maracaju) _____                | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 5-73: Presença de Blocos de Basalto Arredondados (Maracaju)   | 91  |
| Foto 5-74: Corte com Perfil de Solo de Origem da Formação Serra Geral (Dourados)                         | 92  |
| Foto 5-75: Detalhe do Perfil de Solo (Dourados)  | 92  |
| Foto 5-76: Blocos e Matacões de Basalto (Caarapó)  | 92  |
| Foto 5-77: Leito do Córrego Saju com Presença de Blocos de Basalto (Caarapó)                             | 92  |
| Foto 5-78: Formação Serra Geral (Maripá)   | 92  |
| Foto 5-79: Escavações para Fundações de Torres de Alta Tensão (Cascavel)                                 | 92  |
| Foto 5-80: Blocos e Matacões de Basalto (Medianeira)   | 93  |
| Foto 5-81: Mineração Basalto (Santa Terezinha de Itaipu)   | 93  |
| Foto 5-82: Basalto Alterado (saprólito) (Medianeira)   | 94  |
| Foto 5-83: Alteração do Basalto, Presença de Blocos Com Alteração Esferoidal (Santa Terezinha de Itaipu) | 94  |
| Foto 5-84: Presença de Blocos de Basalto em Meia Encosta (Céu Azul)                                      | 94  |
| Foto 5-85: Alteração do Basalto, Exploração em Cascavel  | 94  |
| Foto 5-86: Solo Residual de Basalto (Cascavel) – Pátio Ferroeste   | 94  |
| Foto 5-87: Solo Residual de Basalto (Cascavel) – Pátio Ferroeste   | 94  |
| Foto 5-88: Cortes em Rocha Basáltica na Ferrovia Existente (Ferroeste) (Nova Laranjeiras)                | 95  |
| Foto 5-89: Cortes em Rocha Basáltica na Ferrovia Existente (Ferroeste) (Guaraniaçu)                      | 95  |
| Foto 5-90: Saprólito de Basalto (Nova Laranjeiras)   | 96  |
| Foto 5-91: Saprólito de Basalto com Características Estruturais Preservadas (Nova Laranjeiras)           | 96  |
| Foto 5-92: Rio Jordão com Basalto Aflorante (AE em Guarapuava)   | 96  |
| Foto 5-93: Rio Jordão com Basalto Aflorante (AE em Guarapuava)   | 96  |
| Foto 5-94: Sedimentos Recentes ao Longo do Rio Iguaçu (Balsa Nova/Porto Amazonas)                        | 97  |
| Foto 5-95: Sedimentos Recentes ao Longo do Rio Iguaçu (Eng. Bley / Lapa)                                 | 97  |
| Foto 5-96: Detalhe da Exploração de Areia nas Margens do Rio dos Patos (Mandirituba)                     | 98  |
| Foto 5-97: Sedimentos da Formação Guabirota (São José dos Pinhais)                                       | 99  |
| Foto 5-98: Sedimentos da Formação Guabirota (São José dos Pinhais)                                       | 99  |
| Foto 5-99: Solo com Blocos de Basalto (Guarapuava)   | 99  |
| Foto 5-100: Detalhe do Bloco de Basalto com Presença de Amígdalas e Vesículas (Guarapuava)               | 99  |
| Foto 5-101: Alteração Esferoidal, Característica de Rocha Basáltica (Guarapuava)                         | 100 |
| Foto 5-102: Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)  | 100 |
| Foto 5-103: Detalhe dos Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)  | 100 |
| Foto 5-104: Sedimentos da Formação Rio do Rasto (Irati)  | 101 |
| Foto 5-105: Detalhe dos Sedimentos da Formação Rio do Rasto (Irati)                                      | 101 |
| Foto 5-106: Sedimentos da Formação Teresina (Irati)  | 102 |
| Foto 5-107: Detalhe dos Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)  | 102 |
| Foto 5-108: Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)  | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 5-109: Detalhe dos Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)                                     | 103 |
| Foto 5-110: Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)   | 103 |
| Foto 5-111: Detalhe dos sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)                                     | 103 |
| Foto 5-112: Sedimentos da Formação Palermo (Fernandes Pinheiro)                                       | 104 |
| Foto 5-113: Sedimentos da Formação Palermo (Fernandes Pinheiro)                                       | 104 |
| Foto 5-114: Sedimentos da Formação Rio Bonito (Fernandes Pinheiro)                                    | 105 |
| Foto 5-115: Detalhe dos Sedimentos da Formação Rio Bonito (Fernandes Pinheiro)                        | 105 |
| Foto 5-116: Sedimentos do Grupo Itararé (São João do Triunfo)   | 106 |
| Foto 5-117: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (São João do Triunfo)                             | 106 |
| Foto 5-118: Sedimentos do Grupo Itararé (Palmeira)  | 106 |
| Foto 5-119: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Palmeira)  | 106 |
| Foto 5-120: Sedimentos do Grupo Itararé (Porto Amazonas)  | 107 |
| Foto 5-121: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Porto Amazonas)                                  | 107 |
| Foto 5-122: Sedimentos do Grupo Itararé (Lapa)  | 107 |
| Foto 5-123: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Lapa)  | 107 |
| Foto 5-124: Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)  | 108 |
| Foto 5-125: Detalhe dos Sedimentos do da Formação Furnas (Usina Caiacanga – Porto Amazonas)           | 108 |
| Foto 5-126: Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)  | 108 |
| Foto 5-127: Detalhe dos Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)                                | 108 |
| Foto 5-128: Formação Guaratubinha (São José dos Pinhais)  | 109 |
| Foto 5-129: Formação Guaratubinha – Mineração Serra do Caulim (São José dos Pinhais)                  | 109 |
| Foto 5-130: Complexo Granítico-Gnáissico (São José dos Pinhais)                                       | 111 |
| Foto 5-131: Blocos do Complexo Granítico-Gnáissico (São José dos Pinhais)                             | 111 |
| Foto 5-132: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Araucária)  | 112 |
| Foto 5-133: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Mandirituba)  | 112 |
| Foto 5-134: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Mandirituba)  | 113 |
| Foto 5-135: Complexo Metamórfico Indiferenciado (Araucária)   | 113 |
| Foto 5-136: Blocos Complexo Metamórfico Indiferenciado (Araucária)                                    | 113 |
| Foto 5-137: Blocos Rolados em Depósitos Recentes (Paranaguá)  | 115 |
| Foto 5-138: Blocos Depositados em Rio (Paranaguá)   | 115 |
| Foto 5-139: Depósitos Recentes (Paranaguá)  | 116 |
| Foto 5-140: Sedimentos da Formação Alexandra (Paranaguá)  | 117 |
| Foto 5-141: Sedimentos da Formação Alexandra (Paranaguá)  | 117 |
| Foto 5-142: Perfil de Alteração do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)                            | 118 |
| Foto 5-143: Detalhe da Estrutura Preservada do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)                | 118 |
| Foto 5-144: Cachoeira Salto do Sagrado Composta por Rochas do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes) | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 5-145: Perfil de Alteração do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)  | 119 |
| Foto 5-146: Detalhe da Estrutura Preservada do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)  | 119 |
| Foto 5-147: Mineração Gino Minas Ltda. - Caulim (São José dos Pinhais) - Processos 817362/1970, 820429/1986, 821807/1987                          | 133 |
| Foto 5-148: Mineração Gino Minas Ltda. - Caulim (São José dos Pinhais) - Processos 817362/1970, 820429/1986, 821807/1987                          | 133 |
| Foto 5-149: Delta Sul Comércio de Concreto Brita Areia Industrial e Asfalto Ltda. – Santa Terezinha de Itaipu. Processo 826931/2011               | 133 |
| Foto 5-150: Britadores da Delta Sul Comércio de Concreto Brita Areia Industrial e Asfalto Ltda. – Santa Terezinha de Itaipu. Processo 826931/2011 | 133 |
| Foto 5-151: Mineração Grande Lago Ltda. Areia. Guaira. Processo 826926/1996   | 134 |
| Foto 5-152: Mineração Grande Lago Ltda. Areia. Guaira. Processo 826926/1996   | 134 |
| Foto 5-153: Saibreira – Estrada Rural de Cascavel – Sem Processo  | 134 |
| Foto 5-154: Saibreira – Estrada Rural de Cascavel - Sem Processo  | 134 |
| Foto 5-155: Cavas Exploração de Areia - Mandirituba – 826831/2014   | 135 |
| Foto 5-156: Contenção com Pneus   | 137 |
| Foto 5-157: Sistema de Escorregamento na Serra do Mar   | 138 |
| Foto 5-158: Corrida de Lama e Detritos - Planície de Inundação do rio Jacaréí   | 138 |
| Foto 5-159: Rio Jacaréí com Presença de Blocos Rolados  | 138 |
| Foto 5-160: Área Monitorada pela Defesa Civil – Floresta (Morretes)   | 138 |
| Foto 5-161: Processo Erosivo – Voçoroca (Iguatemi)  | 139 |
| Foto 5-162: Processo Erosivo – Voçoroca (Amambai)   | 139 |
| Foto 5-163: Latossolo Vermelho em Guarapuava - Trecho III   | 345 |
| Foto 5-164: Latossolo Vermelho em Cascavel - Trecho I   | 345 |
| Foto 5-165: Perfil de Latossolo Bruno -Trecho III   | 346 |
| Foto 5-166: Latossolo Bruno em Guarapuava Trecho III  | 346 |
| Foto 5-167: Perfil de Latossolo Bruno -Trecho IV  | 348 |
| Foto 5-168: Vista sobre perfil de Latossolo Bruno -Trecho IV  | 348 |
| Foto 5-169: Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho IV   | 350 |
| Foto 5-170: Vista Sobre Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho IV   | 350 |
| Foto 5-171: Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho II   | 352 |
| Foto 5-172: Vista Sobre Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho II   | 352 |
| Foto 5-173: Cambissolo Húmico Guarapuava -Trecho IV   | 354 |
| Foto 5-174: Cambissolo Háplico em Porto Amazonas - Trecho IV  | 354 |
| Foto 5-175: Perfil de Cambissolo Húmico -Trecho IV  | 356 |
| Foto 5-176: Vista Sobre Perfil de Cambissolo Húmico   | 356 |
| Foto 5-177: Perfil de Cambissolo Háplico - Trecho V   | 356 |
| Foto 5-178: Cicatriz de deslizamento em Cambissolo Háplico - Trecho V   | 356 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 5-179: Neossolo Litólico em Guarapuava - Trecho IV                           | 358 |
| Foto 5-180: Neossolo Litólico em Inácio Martins - Trecho IV                       | 358 |
| Foto 5-181: Neossolo Litólico em Medianeira - Trecho II                           | 358 |
| Foto 5-182: Neossolo Litólico em Inácio Martins - Trecho IV                       | 358 |
| Foto 5-183: Perfil de Neossolo Litólico -Trecho IV                                | 361 |
| Foto 5-184: Vista Sobre Perfil de Neossolo Litólico                               | 361 |
| Foto 5-185: Perfil de Neossolo Quartzarênico Trecho I                             | 362 |
| Foto 5-186: Vista Sobre Perfil de Neossolo Quartzarênico                          | 362 |
| Foto 5-187: Argissolo Vermelho-Amarelo em Irati - Trecho IV                       | 363 |
| Foto 5-188: Argissolo Vermelho-Amarelo em Palmeira - Trecho IV                    | 363 |
| Foto 5-189: Perfil de Argissolo Vermelho – Amarelo                                | 365 |
| Foto 5-190: Vista sobre Perfil de Argissolo Vermelho – Amarelo                    | 365 |
| Foto 5-191: Nitossolo Háptico - Irati Trecho IV                                   | 366 |
| Foto 5-192: Nitossolo Vermelho em Céu Azul Trecho II                              | 366 |
| Foto 5-193: Perfil de Nitossolo Háptico   | 368 |
| Foto 5-194: Vista sobre perfil de Nitossolo Háptico                               | 368 |
| Foto 5-195: Gleissolo Melânico em Fazenda Rio Grande - Trecho IV                  | 369 |
| Foto 5-196: Gleissolo Háptico em Paranaguá - Trecho V                             | 369 |
| Foto 5-197: Perfil de Gleissolo Melânico  | 371 |
| Foto 5-198: Vista Sobre Perfil de Gleissolo Melânico                              | 371 |
| Foto 5-199: Paisagem Associada ao Organossolo em São José dos Pinhais – Trecho IV | 374 |
| Foto 5-200: Paisagem Associada ao Organossolo em São José dos Pinhais – Trecho IV | 374 |
| Foto 5-201: Paisagem Associada ao Organossolo em Guaíra – Trecho I                | 374 |
| Foto 5-202: Paisagem Associada ao Organossolo em Guaíra – Trecho I                | 374 |
| Foto 5-203: Perfil de Organossolo Mésico  | 376 |
| Foto 5-204: Vista Sobre o Perfil de Organossolo Mésico                            | 376 |
| Foto 5-205: Paisagem Associada ao Espodossolo Humilúvico                          | 377 |
| Foto 5-206: Paisagem Associada ao Espodossolo Humilúvico                          | 377 |
| Foto 5-207: Córrego Cachoeira (Maracaju)  | 389 |
| Foto 5-208: Rio Santa Maria (entre Maracaju e Dourados)                           | 389 |
| Foto 5-209: Ribeirão Peroba (entre Dourados e Itaporã)                            | 389 |
| Foto 5-210: Rio Dourados (entre Dourados e Caarapó)                               | 389 |
| Foto 5-211: Córrego Saljú (Caarapó)   | 390 |
| Foto 5-212: Rio Amambaí (Amambai)   | 390 |
| Foto 5-213: Córrego Itaipá (Amambai)  | 391 |
| Foto 5-214: Rio Maracaí (Iguatemi)  | 391 |
| Foto 5-215: Rio Iguatemi (entre Eldorado e Mundo Novo)                            | 392 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 5-216: Córrego Vito-I-Cuê (Mundo Novo)                                   | 392 |
| Foto 5-217: Rio Paraná (Mundo Novo)   | 392 |
| Foto 5-218: Rio Paraná (Guaira)   | 395 |
| Foto 5-219: Sanga Tarumã (Afluente do Arroio Guaçu (Toledo)                   | 395 |
| Foto 5-220: Córrego Acero (Cascavel)  | 396 |
| Foto 5-221: Rio da Erveira (Nova Laranjeiras)                                 | 396 |
| Foto 5-222: Rio Guaraúna (Palmeira)   | 397 |
| Foto 5-223: Rio São Marcos (Palmeira)   | 397 |
| Foto 5-224: Rio Linha B (Irati)   | 399 |
| Foto 5-225: Arroio Faxinal dos Antônios (Irati)                               | 399 |
| Foto 5-226: Rio Represinha – Baixo Iguazu (São Miguel do Iguazu)              | 401 |
| Foto 5-227: Rio Cascavel – Baixo Iguazu (Cascavel)                            | 401 |
| Foto 5-228: Rio Juquiá – Baixo Iguazu (Goioxim)                               | 401 |
| Foto 5-229: Rio das Pedras – Médio Iguazu (Guarapuava)                        | 401 |
| Foto 5-230: Rio Jordão – Médio Iguazu (Guarapuava)                            | 401 |
| Foto 5-231: Afluente do Rio Preto – Médio Iguazu (Goioxim)                    | 402 |
| Foto 5-232: Afluente do Rio Iguazu – Alto Iguazu (Porto Amazonas)             | 402 |
| Foto 5-233: Rio dos Papagaios – Alto Iguazu (Porto Amazonas)                  | 402 |
| Foto 5-234: Cavas Rio Corrisco– Alto Iguazu (Lapa)                            | 402 |
| Foto 5-235: Usina Salto Caiacanga – Rio Iguazu - Alto Iguazu (Porto Amazonas) | 402 |
| Foto 5-236: Rio Iguazu – Alto Iguazu (entre Balsa Nova e Porto Amazonas)      | 402 |
| Foto 5-237: Rio Pitangueiras - Alto Iguazu (Balsa Nova)                       | 403 |
| Foto 5-238: Rio Iguazu – Alto Iguazu (entre Balsa Nova e Lapa)                | 403 |
| Foto 5-239: Ribeirão da Calha – Alto Iguazu (Araucária)                       | 403 |
| Foto 5-240: Rio Pequeno – Alto Iguazu   | 403 |
| Foto 5-241: Rio Pequeno – Alto Iguazu (São José dos Pinhais/PR)               | 403 |
| Foto 5-242: Rio Miringuava – Alto Iguazu (São José dos Pinhais/PR)            | 403 |
| Foto 5-243: Rio Fortuna (Morretes)  | 406 |
| Foto 5-244: Rio Saquarema (Morretes/PR)                                       | 406 |
| Foto 5-245: Rio Sagrado (Morretes)  | 406 |
| Foto 5-246: Rio Jacareí (Morretes)  | 406 |
| Foto 5-247: Rio dos Padres (Morretes)   | 406 |
| Foto 5-248: Rio do Neves (Morretes)   | 406 |
| Foto 5-249: Rio Bom Jardim (Morretes)   | 407 |
| Foto 5-250: Rio Ribeirão (Paranaguá)  | 407 |
| Foto 5-251: Nascente (Porto Amazonas)   | 409 |
| Foto 5-252: Nascente (Maripá)   | 409 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 5-253: Nascente (Terra Roxa)  | 409 |
| Foto 5-254: Área Úmida (Porto Amazonas)  | 409 |
| Foto 5-255: Área Úmida (Guarapuava)  | 410 |
| Foto 5-256: Área Úmida (Dourados)  | 410 |
| Foto 5-257: Planície de Inundação do Rio Iguaçu (cavas)  | 410 |
| Foto 5-258: Planície de Inundação do Rio Iguaçu  | 410 |
| Foto 5-259: Material para Coleta e Medições  | 437 |
| Foto 5-260: Medição in situ por Meio de Sonda Multiparâmetros                                    | 437 |
| Foto 5-261: Apoio da Polícia Rodoviária Federal para Coleta no Rio Paraná (Pontos QA-53 a QA-56) | 437 |
| Foto 5-262: Rio dos Papagaios (QA-19) sob a Ponte dos Arcos                                      | 437 |
| Foto 5-263: Coleta de Amostra no Rio Iguatemi (Ponto QA-57)                                      | 438 |
| Foto 5-264: Técnico Realizando Coleta de Amostra no Córrego Caarapó (QA-62)                      | 438 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 5-1: Instituições e Municípios das Estações Meteorológicas Avaliadas                     | 3   |
| Tabela 5-2: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Inmet                      | 14  |
| Tabela 5-3: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar                    | 14  |
| Tabela 5-4: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar                    | 21  |
| Tabela 5-5: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar                    | 27  |
| Tabela 5-6: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 – Simepar                    | 34  |
| Tabela 5-7: Dados Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020                               | 41  |
| Tabela 5-8: Episódios do Fenômeno El Niño   | 44  |
| Tabela 5-9: Hipsometria da ADA  | 77  |
| Tabela 5-10: Classificação de Declividade, Relevo e Vulnerabilidade Ambiental                   | 79  |
| Tabela 5-11: Declividades na ADA  | 81  |
| Tabela 5-12: Coluna Estratigráfica  | 85  |
| Tabela 5-13: Processos Minerários Identificados na ADA  | 124 |
| Tabela 5-14: Pesos de Suscetibilidade Atribuídos às Unidades Geológicas                         | 142 |
| Tabela 5-15: Pesos de Suscetibilidade Atribuídos às Classes de Solo                             | 142 |
| Tabela 5-16: Pesos e Valores fuzzy de Suscetibilidade Atribuídos aos Atributos Geomorfométricos | 143 |
| Tabela 5-17: Pontes Previstas   | 151 |
| Tabela 5-18: Viadutos Ferroviários Previstos  | 163 |
| Tabela 5-19: Túneis Previstos   | 167 |
| Tabela 5-20: Compartimentação de Maciços - Classificação de Bieniawski (1989)                   | 172 |
| Tabela 5-21: Determinação de Consistência e Compacidade   | 175 |
| Tabela 5-22: Fraturamento   | 176 |
| Tabela 5-23: Rugosidade   | 176 |
| Tabela 5-24: Paredes e Preenchimento das Descontinuidades                                       | 176 |
| Tabela 5-25: Inclinação das Descontinuidades  | 177 |
| Tabela 5-26: Grau de Alteração  | 177 |
| Tabela 5-27: Coerência  | 178 |
| Tabela 5-28: Rock Quality Designation (RQD)   | 179 |
| Tabela 5-29: Condutividade Hidráulica   | 179 |
| Tabela 5-30: Dados das Sondagens Executadas no SH-1   | 180 |
| Tabela 5-31: Dados das Sondagens Executadas no SH-2   | 181 |
| Tabela 5-32: Dados das Sondagens Executadas no SH-3   | 183 |
| Tabela 5-33: Dados das Sondagens Executadas no SH-4   | 187 |
| Tabela 5-34: Dados das Sondagens Executadas no SH-5   | 191 |
| Tabela 5-35: Dados das Sondagens Executadas no SH-6   | 193 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 5-36: Dados das Sondagens Executadas no SH-7 _____  | 196 |
| Tabela 5-37: Dados das Sondagens Executadas no SH-8 _____  | 199 |
| Tabela 5-38: Dados das Sondagens Executadas no SH-9 _____  | 202 |
| Tabela 5-39: Dados das Sondagens Executadas no SH-10 _____   | 205 |
| Tabela 5-40: Dados das Sondagens Executadas no SH-11 _____   | 209 |
| Tabela 5-41: Estações Pluviométricas Utilizadas para os Cálculos de Período de Retorno e Probabilidade de Recorrência Pluviométrica _____  | 303 |
| Tabela 5-42: Resultados dos Cálculos de Probabilidade de Recorrência e Tempo de Retorno de Precipitações Pluviométricas Intensas e Extremas _____                                    | 307 |
| Tabela 5-43: Resultados do Cálculo de Erosividade Climática _____  | 315 |
| Tabela 5-44: Vegetação na ADA em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas _____   | 319 |
| Tabela 5-45: Morfogênese em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas _____  | 322 |
| Tabela 5-46: Declividade e Área de Contribuição em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas _____   | 327 |
| Tabela 5-47: Índice de Potência do Escoamento em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas _____   | 328 |
| Tabela 5-48: Áreas de Maior Potencial para a Produção de Sedimentos na ADA _____   | 329 |
| Tabela 5-49: Classificação de Solos na AE _____  | 339 |
| Tabela 5-50: Classificação de Solos na ADA _____   | 377 |
| Tabela 5-51: Classificação de Solos no Trecho I - Maracaju a Cascavel _____  | 378 |
| Tabela 5-52: Classificação de Solos no Trecho II – Foz do Iguazu a Cascavel _____  | 379 |
| Tabela 5-53: Classificação de Solos no Trecho III – Cascavel a Guarapuava _____  | 379 |
| Tabela 5-54: Classificação de Solos no Trecho IV – Guarapuava a São José dos Pinhais _____   | 380 |
| Tabela 5-55: Classificação de Solos no Trecho V - São José dos Pinhais a Paranaguá _____   | 381 |
| Tabela 5-56: Descrição da Divisão Hidrográfica Nacional Segundo a Resolução Cerh nº 32/2003 _____  | 383 |
| Tabela 5-57: Sub-Bacias das Regiões Hidrográficas Paraná e Atlântico Sul na AE e seus Principais Corpos Hídricos _____   | 386 |
| Tabela 5-58: Áreas Úmidas Identificadas na ADA _____   | 409 |
| Tabela 5-59: Mananciais identificados na AE segundo o Decreto Estadual nº 4.435/2016 para a Região Metropolitana de Curitiba _____   | 412 |
| Tabela 5-60: Mananciais Superficiais Identificados na ADA Segundo o Decreto Estadual nº 4.435/2016 para a Região Metropolitana de Curitiba e sua Extensão ao Longo da Ferrovia _____ | 413 |
| Tabela 5-61: Mananciais Superficiais Identificados na AE Segundo Dados Fornecidos pelo IAT _____   | 413 |
| Tabela 5-62: Mananciais Superficiais Identificados na ADA Segundo Dados Fornecidos pelo IAT e sua Extensão ao longo da Ferrovia _____  | 415 |
| Tabela 5-63: Mananciais Utilizados para Abastecimento Público _____  | 416 |
| Tabela 5-64: Pontos de Amostragem de Águas Superficiais para o Diagnóstico de Qualidade da Água _____  | 428 |
| Tabela 5-65: Distribuição dos Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial de Acordo com os Trechos da Nova Ferroeste _____  | 435 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 5-66: Metodologia de Referência Utilizada para a Medição in situ de Parâmetros Físico-Químicos   | 439 |
| Tabela 5-67: Metodologia de Referência Utilizada para a Medição dos Parâmetros Físico-Químicos em Laboratório   | 439 |
| Tabela 5-68: Intervalo dos Valores de Classificação do IQA  | 442 |
| Tabela 5-69: Valores Máximos Permitidos dos Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade da Água Previstos na Resolução Conama nº 357/2005 para Rios de Água Doce, Classes Um, Dois e Três | 443 |
| Tabela 5-70: Distribuição Espacial dos Pontos de Monitoramento da QA Considerando Divisão por Bacias Hidrográficas  | 445 |
| Tabela 5-71: Classe de Enquadramento Vigente dos 65 Pontos de Monitoramento de Águas Superficiais   | 449 |
| Tabela 5-72: Concentrações dos Parâmetros Medidos nos 65 Pontos de Monitoramento na Coleta C-01   | 452 |
| Tabela 5-73: Concentrações dos Parâmetros Medidos nos 65 Pontos de Monitoramento na Campanha C-02   | 456 |
| Tabela 5-74: Atendimento aos Critérios de Enquadramento das Concentrações de OD e DBO Medidos ao Longo de Todo o Trecho da Ferrovia nas Duas Campanhas de Monitoramento Realizadas    | 460 |
| Tabela 5-75: Porcentagem de Pontos de Monitoramento Separados por Trechos que Atendem aos VMP das Classes de Enquadramento Correspondentes  | 499 |
| Tabela 5-76: Valores e Classificação do IQA para os 65 Pontos de Monitoramento Analisados neste EIA nas Duas Campanhas Amostrais  | 501 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 5-1: Temperaturas da Estação Meteorológica de Dourados                          | 7  |
| Gráfico 5-2: Temperaturas da Estação Meteorológica de Amambai                           | 7  |
| Gráfico 5-3: Temperaturas da Estação Meteorológica de Itaquiraí                         | 8  |
| Gráfico 5-4: Temperaturas da Estação Meteorológica de Maracaju                          | 8  |
| Gráfico 5-5: Temperaturas da Estação Meteorológica de Caarapó                           | 8  |
| Gráfico 5-6: Temperaturas da Estação Meteorológica de Marechal Cândido Rondon           | 8  |
| Gráfico 5-7: Temperaturas Médias das Estações Meteorológicas do Paraná no Trecho I      | 9  |
| Gráfico 5-8: Temperaturas da Estação Meteorológica de Dourados                          | 10 |
| Gráfico 5-9: Temperaturas da Estação Meteorológica de Amambai                           | 10 |
| Gráfico 5-10: Temperaturas da Estação Meteorológica de Itaquiraí                        | 10 |
| Gráfico 5-11: Temperaturas da Estação Meteorológica de Maracaju                         | 10 |
| Gráfico 5-12: Temperaturas da Estação Meteorológica de Caarapó                          | 10 |
| Gráfico 5-13: Temperaturas da Estação Meteorológica de Marechal Cândido Rondon          | 10 |
| Gráfico 5-14: Precipitação Pluviométrica na Estação de Guaíra                           | 11 |
| Gráfico 5-15: Precipitação Pluviométrica na Estação de Palotina                         | 11 |
| Gráfico 5-16: Precipitação Pluviométrica na Estação de Toledo                           | 12 |
| Gráfico 5-17: Precipitação Pluviométrica na Estação de Cascavel/PR                      | 12 |
| Gráfico 5-18: Termopluiometria da Estação de Cascavel                                   | 13 |
| Gráfico 5-19: Umidade Relativa Média – Estações Meteorológicas do Inmet                 | 15 |
| Gráfico 5-20: Umidade Relativa Média – Estações Meteorológicas do Simepar               | 16 |
| Gráfico 5-21: Radiação Solar – Estações Meteorológicas do Simepar                       | 17 |
| Gráfico 5-22: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Cascavel             | 18 |
| Gráfico 5-23: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Foz do Iguaçu        | 18 |
| Gráfico 5-24: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de São Miguel do Iguaçu | 18 |
| Gráfico 5-25: Precipitação Pluviométrica na Estação de Foz do Iguaçu                    | 19 |
| Gráfico 5-26: Precipitação Pluviométrica na Estação de São Miguel do Iguaçu             | 19 |
| Gráfico 5-27: Precipitação Pluviométrica na Estação de Cascavel                         | 20 |
| Gráfico 5-28: Termopluiometria da Estação de São Miguel do Iguaçu                       | 20 |
| Gráfico 5-29: Umidade Relativa do Trecho II   | 22 |
| Gráfico 5-30: Radiação Solar do Trecho II   | 22 |
| Gráfico 5-31: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Laranjeiras do Sul   | 23 |
| Gráfico 5-32: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Guarapuava           | 24 |
| Gráfico 5-33: Precipitação Pluviométrica da Estação de Laranjeiras do Sul               | 25 |
| Gráfico 5-34: Precipitação Pluviométrica da Estação de Guarapuava                       | 25 |
| Gráfico 5-35: Termopluiometria da Estação de Laranjeiras do Sul                         | 26 |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 5-36: Termopluviometria da Estação de Guarapuava   | 26  |
| Gráfico 5-37: Umidade Relativa do Trecho III   | 27  |
| Gráfico 5-38: Radiação Solar do Trecho III   | 28  |
| Gráfico 5-39: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Fernandes Pinheiro              | 29  |
| Gráfico 5-40: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação Lapa                               | 29  |
| Gráfico 5-41: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Curitiba                        | 30  |
| Gráfico 5-42: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Inácio Martins                  | 30  |
| Gráfico 5-43: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Fernandes Pinheiro             | 31  |
| Gráfico 5-44: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Lapa                           | 32  |
| Gráfico 5-45: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Curitiba                       | 32  |
| Gráfico 5-46: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Inácio Martins                 | 33  |
| Gráfico 5-47: Termopluviosidade da Estação de Fernandes Pinheiro                                   | 33  |
| Gráfico 5-48: Umidade Relativa no Trecho IV  | 35  |
| Gráfico 5-49: Radiação Solar do Trecho IV  | 36  |
| Gráfico 5-50: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Morretes                        | 38  |
| Gráfico 5-51: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Paranaguá                       | 38  |
| Gráfico 5-52: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Morretes                        | 39  |
| Gráfico 5-53: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Paranaguá                       | 40  |
| Gráfico 5-54: Gráfico Termopluviométrico para a Estação de Morretes                                | 41  |
| Gráfico 5-55: Umidade Relativa no Trecho V   | 42  |
| Gráfico 5-56: Radiação Solar no Trecho V   | 43  |
| Gráfico 5-57: Precipitação Média Anual Comparada à Média Histórica em Paranaguá e Morretes         | 45  |
| Gráfico 5-58: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548041 (Piraquara)       | 309 |
| Gráfico 5-59: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548038 (Morretes)        | 310 |
| Gráfico 5-60: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548049 (Paranaguá)       | 310 |
| Gráfico 5-61: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 83844 (Paranaguá)         | 311 |
| Gráfico 5-62: Tempo de Retorno das Chuvas na Área de Estudo  | 312 |
| Gráfico 5-63: Registros de Chuvas Intensas na Área de Estudo                                       | 313 |
| Gráfico 5-64: Sazonalidade de Chuvas Intensas na Estação 83844 (Paranaguá)                         | 313 |
| Gráfico 5-65: Precipitação Pluviométrica nas Coletas C-01 e C-02                                   | 436 |
| Gráfico 5-66: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I                             | 464 |
| Gráfico 5-67: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I                            | 465 |
| Gráfico 5-68: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I                                   | 466 |
| Gráfico 5-69: Concentrações de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I | 467 |
| Gráfico 5-70: Concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I | 468 |
| Gráfico 5-71: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I                             | 469 |
| Gráfico 5-72: Concentrações de Coliformes Termotolerantes nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I     | 470 |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 5-73: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____                              | 471 |
| Gráfico 5-74: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____                             | 472 |
| Gráfico 5-75: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____                                    | 473 |
| Gráfico 5-76: Concentrações de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____  | 474 |
| Gráfico 5-77: Concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____  | 475 |
| Gráfico 5-78: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____                              | 476 |
| Gráfico 5-79: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II _____                              | 477 |
| Gráfico 5-80: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____                             | 479 |
| Gráfico 5-81: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____                            | 480 |
| Gráfico 5-82: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____                                   | 481 |
| Gráfico 5-83: Concentrações de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____ | 482 |
| Gráfico 5-84: Concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____ | 482 |
| Gráfico 5-85: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____                             | 483 |
| Gráfico 5-86: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III _____                             | 484 |
| Gráfico 5-87: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____                              | 486 |
| Gráfico 5-88: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____                             | 487 |
| Gráfico 5-89: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____                                    | 488 |
| Gráfico 5-90: Concentrações de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____  | 489 |
| Gráfico 5-91: Concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____  | 490 |
| Gráfico 5-92: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____                              | 491 |
| Gráfico 5-93: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV _____                              | 492 |
| Gráfico 5-94: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____                               | 494 |
| Gráfico 5-95: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____                              | 495 |
| Gráfico 5-96: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____                                     | 496 |
| Gráfico 5-97: Concentrações de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____   | 497 |
| Gráfico 5-98: Concentrações de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____   | 497 |
| Gráfico 5-99: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____                               | 498 |
| Gráfico 5-100: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V _____                              | 499 |
| Gráfico 5-101: Distribuição dos Valores de IQA ao Longo do Traçado da Nova Ferroeste _____                 | 504 |

## **5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

### **5.1 MEIO FÍSICO**

#### **5.1.1 Metodologia Aplicada**

Apresenta-se neste item a descrição metodológica sucinta e comum, a todos os temas abordados no meio físico. A descrição metodológica detalhada de cada tema, abordando as devidas especificidades técnicas, é apresentada dentro de cada tema, visando facilitar a compreensão.

Em linhas gerais, todos os temas do meio físico envolveram as seguintes etapas metodológicas:

- Planejamento e preparação das atividades com buscas de dados secundários iniciais, bases cartográficas e preparação dos roteiros para as atividades de campo;
- Incursões a campo entre janeiro e julho de 2021, valendo-se de acessos existentes e realização de caminhamentos;
- Obtenção de registros fotográficos por terra e com o uso de drone, além de registro das rotas realizadas e pontos de interesse em GPS ou aplicativos de navegação em campo;
- Organização da base de dados de campo e redação dos relatórios;
- Alimentação de banco de dados geográficos em ambiente SIG; e
- Para os temas qualidade do ar e ruído e vibração foi realizada modelagem preditiva de impacto ambiental, apresentada junto ao diagnóstico para facilitar a interpretação dos resultados.

#### **5.1.2 Clima**

O clima pode ser entendido como as condições climáticas médias de uma determinada região, ou então, como o resultado das interações de radiação solar com os aspectos físico-geográficos e a circulação atmosférica.

As variações de pluviosidade e temperatura são resultantes das circulações atmosféricas de grande escala sobre a América do Sul, tais como a Alta Subtropical do Atlântico Sul

(Asas), Zona de Convergência do Atlântico Sul (Zcas) e o fenômeno El Niño. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (Asas) está localizada no oceano Atlântico Sul e sua circulação ocorre nos baixos níveis da atmosfera, com influências nas direções das frentes frias e quentes. A Zcas (KODAMA, 1992; QUADRO, 1994) é definida como sendo uma faixa contínua de nebulosidade no sentido noroeste-sudeste, estendendo-se desde o sul da Amazônia até o Sudoeste do Oceano Atlântico. Está associada a uma zona de convergência do fluxo de umidade na baixa troposfera, e tem um papel importante no regime de chuvas da região Sul-Sudeste do Brasil no período de verão.

O El Niño constitui um fenômeno derivado da interação entre o Oceano Pacífico, a atmosfera, a litosfera e a dinâmica da radiação sol-terra (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Destaca-se na Área de Estudo (AE), as ocorrências históricas do Fenômeno El Niño e suas influências no litoral paranaense.

#### **5.1.2.1 Metodologia**

Para a caracterização climatológica da AE, foram utilizados dados de estações meteorológicas de cinco instituições, uma nacional e quatro estaduais, disponíveis para a região de interesse, entre os estados do Mato Grosso do Sul e Paraná. As referidas instituições são: Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima do Mato Grosso do Sul (Cemtec), Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (Iapar), Instituto Água e Terra (IAT) e o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar). Para a caracterização do clima no estado do Mato Grosso do Sul foram considerados o Inmet e Cemtec, e para o estado do Paraná foram considerados o Inmet, Iapar, IAT e Simepar.

Os dados obtidos priorizaram o período de 2016 até 2020, visando avaliar os padrões das variáveis climatológicas mais recentes para a AE. Os dados disponibilizados pelo Cemtec caracterizaram a temperatura e a precipitação pluviométrica entre o período de janeiro a junho de 2021, e os dados do Iapar são disponibilizados conforme o intervalo de funcionamento de cada estação meteorológica. Com a avaliação dos dados foram gerados gráficos e tabelas apresentando as máximas, mínimas e médias mensais dos parâmetros meteorológicos.

Na Tabela 5-1 são apresentados os municípios onde estão instaladas as estações meteorológicas, e as instituições selecionadas para a caracterização climatológica da AE do empreendimento. A localização de todas as estações meteorológicas consideradas neste estudo em relação ao empreendimento é apresentada a seguir na Figura 5-1.

Para as 30 estações meteorológicas levantadas para este estudo, foram considerados os parâmetros meteorológicos de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica, evaporação e insolação, de acordo com a disponibilidade de cada unidade. Vale ressaltar que os dados das estações meteorológicas disponíveis pelo Iapar, foram considerados apenas para a avaliação da evaporação devido o intervalo de tempo que as estações consideram os dados, e por ser o único instituto que disponibiliza informações deste parâmetro.

**Tabela 5-1: Instituições e Municípios das Estações Meteorológicas Avaliadas**

| Instituição | Estado             | Município  |
|-------------|--------------------|--|
| Cemtec      | Mato Grosso do Sul | Caarapó<br>Itaquiraí   |
| Inmet       | Mato Grosso do Sul | Itaquiraí<br>Amambai<br>Dourados<br>Maracaju   |
| Inmet       | Paraná             | Morretes<br>Inácio Martins<br>Marechal Cândido Rondon  |
| Iapar       | Paraná             | Guarapuava<br>Laranjeiras do Sul<br>Cascavel<br>Fernandes Pinheiro<br>Morretes<br>São Miguel do Iguaçu   |
| Simepar     | Paraná             | Paranaguá<br>Curitiba<br>Lapa<br>Fernandes Pinheiro<br>Guarapuava<br>Laranjeiras do Sul<br>Cascavel<br>Toledo<br>São Miguel do Iguaçu<br>Foz do Iguaçu<br>Palotina<br>Guaíra<br>Morretes |

| Instituição | Estado | Município             |
|-------------|--------|-----------------------|
| IAT         | Paraná | Morretes<br>Paranaguá |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Além das avaliações dos parâmetros meteorológicos para cada um dos trechos do empreendimento, foram levantados dados históricos de eventos extremos ocorridos nas regiões da AE.

### 5.1.2.2 Caracterização Climática da Área de Estudo

Estudos climatológicos e de condições meteorológicas são apresentados com o objetivo de caracterizar as condições mais próximas das áreas de influência de um empreendimento, apresentando dados que permitam identificar eventos extremos ou outras peculiaridades da área em relação à classificação climática considerada.

Para classificar o clima de uma região são considerados os sistemas de classificações climáticas (SCC), que indicam as tipologias climáticas definidas com base nas características dos parâmetros atmosféricos. Um dos sistemas de classificação climática mais abrangente é o Sistema de Classificação Climática de Köppen (KÖPPEN & GEIGER, 1928), que relaciona o clima com a vegetação natural de uma região, combinado com as temperaturas médias mensais e anuais, além da distribuição sazonal da precipitação (ROLIM, 2007).

O estado do Mato Grosso do Sul apresenta quatro tipos de clima bem definidos, segundo Köppen, sendo três deles (Aw, Am e Af) considerados de clima tropical chuvoso e um (Cfa) de clima temperado chuvoso e quente. Considerando a ADA do empreendimento no estado do MS, são apresentados três diferentes tipos de clima, sendo Af, Am e Cfa.

O estado do Paraná também apresenta quatro tipos climáticos de Köppen em seu território, sendo três deles (Cwa, Cfa e Cfb) de clima temperado chuvoso e quente, e um (Af) considerado clima tropical chuvoso. Considerando que o empreendimento atravessa o estado no sentido oeste-leste, além das variações de relevo e de massas de ar sobre o estado, há também uma variação climática na ADA com todos os tipos citados, sendo predominantes os tipos Cfa e Cfb.

O tipo climático Cfa - Clima Subtropical Úmido - apresenta as características de temperaturas acima de 22 °C no verão, e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco. Não apresenta diferenças significativas nas chuvas entre as estações do ano, ou seja, não há estação seca definida. É um clima de verão quente e com ocorrência de geada no inverno.

O clima Cwa – Clima Subtropical Úmido – apresenta as mesmas características de temperatura e precipitação do tipo climático Cfa, porém, com a estação seca definida e com ocorrência no inverno.

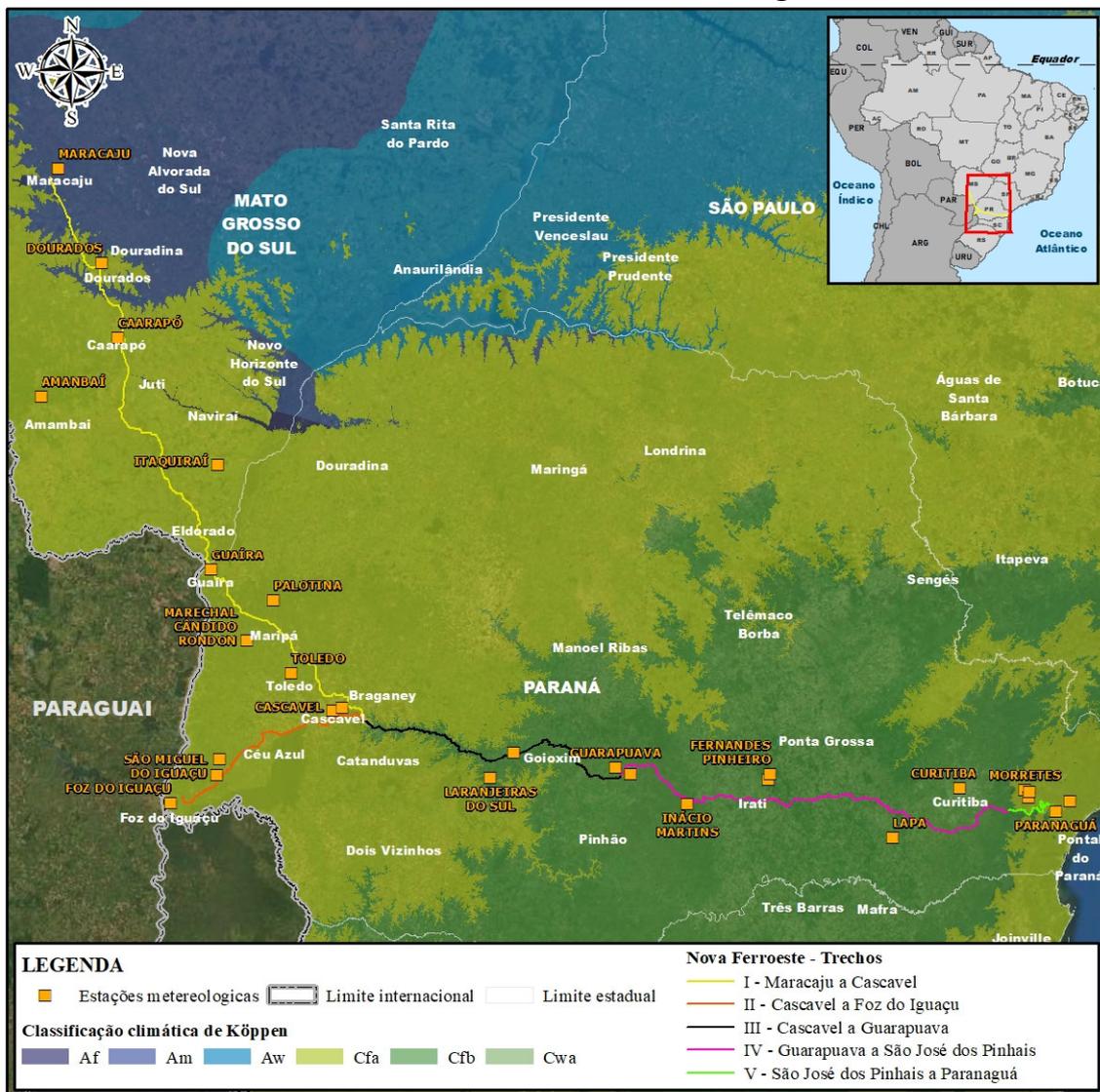
O clima Cfb – Clima Oceânico Temperado – possui médias mensais de temperatura de até 22 °C durante todo o ano e não há variações significativas de chuvas. Não apresenta estação de seca definida, e há predominância de ocorrência de geadas severas no inverno.

O clima Af – Clima Tropical Úmido ou Superúmido – é dominado pelas massas de ar marítimas tropicais durante todo o ano, bem presente no litoral. Apresenta médias mensais de temperatura superiores a 18 °C no mês mais quente, e com precipitação média acima de 60 mm no mês mais seco. Não há estação seca definida, e durante o inverno não são observadas ocorrências de geadas.

O clima Am – Clima Tropical Úmido ou Subúmido – é uma transição entre o tipo climático Af e Aw, com temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C. Apresenta estação seca de pequena duração, e o mês mais seco tem precipitação menor que 60 mm.

A Figura 5-1 apresenta a classificação climática de Koppen para os estados do Mato Grosso do Sul e Paraná, bem como as estações meteorológicas consideradas no estudo.

**Figura 5-1: Classificação Climática de Köppen para o Traçado da Nova Ferroeste e Localização das Estações Meteorológicas**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

### 5.1.2.3 Trecho I

#### Temperatura

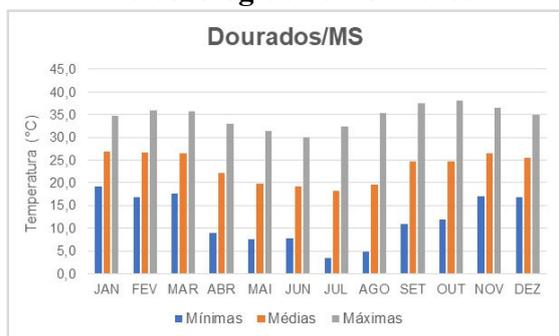
A temperatura do ar pode ser definida como o movimento de moléculas do ar, e quanto maior o deslocamento dessas, mais alta é a temperatura (AYOADE, 2010). A AE no Trecho I está predominantemente sob o clima Cfa, com temperaturas acima de 22°C no verão. Próximo aos municípios de Maracaju e Dourados, aparecem regiões sob o clima

Af e Am, também com características de altas temperaturas. No Paraná, além do clima Cfa no Trecho I, também há a presença do tipo climático Cfb.

Considerando os dados históricos de temperatura para este trecho, o Gráfico 5-1 até o Gráfico 5-6 apresentam os valores médios para a variável nas estações meteorológicas contempladas pelo Inmet, sendo as estações dos municípios de Dourados, Amambai, Itaquiraí e Maracaju no MS e Marechal Cândido Rondon, no PR, e pelo Cemtec, para as estações de Itaquiraí e Caarapó, ambas no MS.

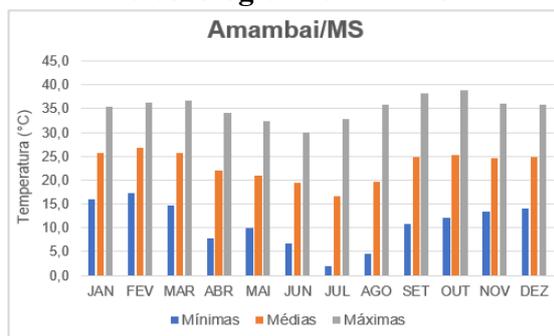
Em todos os gráficos é possível observar uma semelhança nas temperaturas médias de cada estação, embora não sejam classificados sob o mesmo tipo climático. Os maiores valores de temperatura ocorreram nos meses do verão (dezembro a março), e as temperaturas mais baixas durante o inverno, com a amplitude térmica variando entre 13,8 °C a 31,3 °C, no período avaliado. A menor média foi registrada em Itaquiraí no mês de julho/2017 com 15,8 °C, enquanto a maior média foi registrada na estação meteorológica do município de Amambai com 31,3 °C, correspondente ao mês de agosto/2017. Vale destacar que a menor temperatura registrada para o cálculo das médias foi de -2,5 °C, em julho de 2019, na estação do município de Amambai. Nota-se que as temperaturas médias para as estações meteorológicas do Cemtec, consideradas para os meses de janeiro a junho de 2021, seguem o mesmo padrão de temperatura do período avaliado entre 2016 e 2020.

**Gráfico 5-1: Temperaturas da Estação Meteorológica de Dourados**



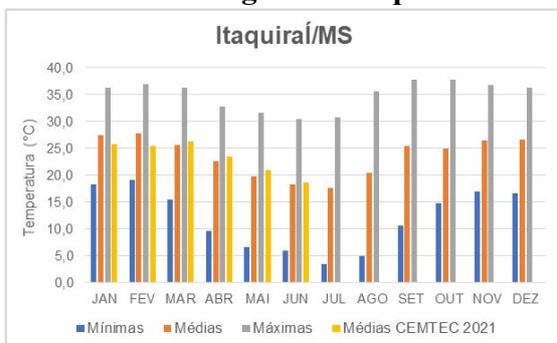
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-2: Temperaturas da Estação Meteorológica de Amambai**



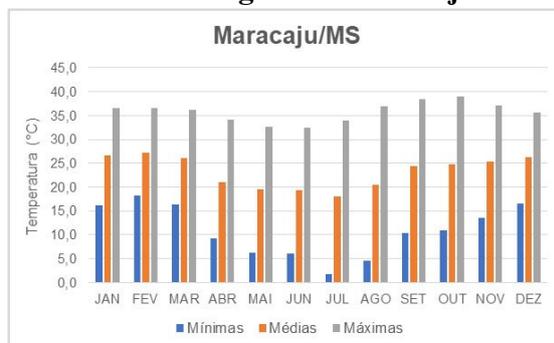
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-3: Temperaturas da Estação Meteorológica de Itaquiraí**



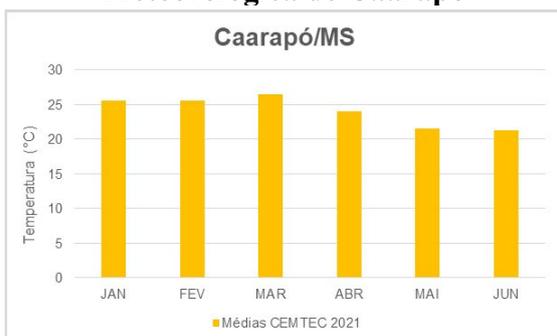
Fonte: Inmet/Cemtec (2021).

**Gráfico 5-4: Temperaturas da Estação Meteorológica de Maracaju**



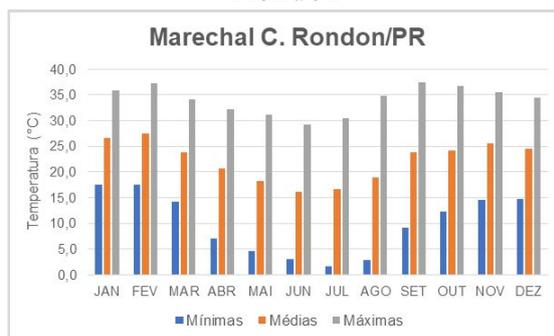
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-5: Temperaturas da Estação Meteorológica de Caarapó**



Fonte: Cemtec (2021).

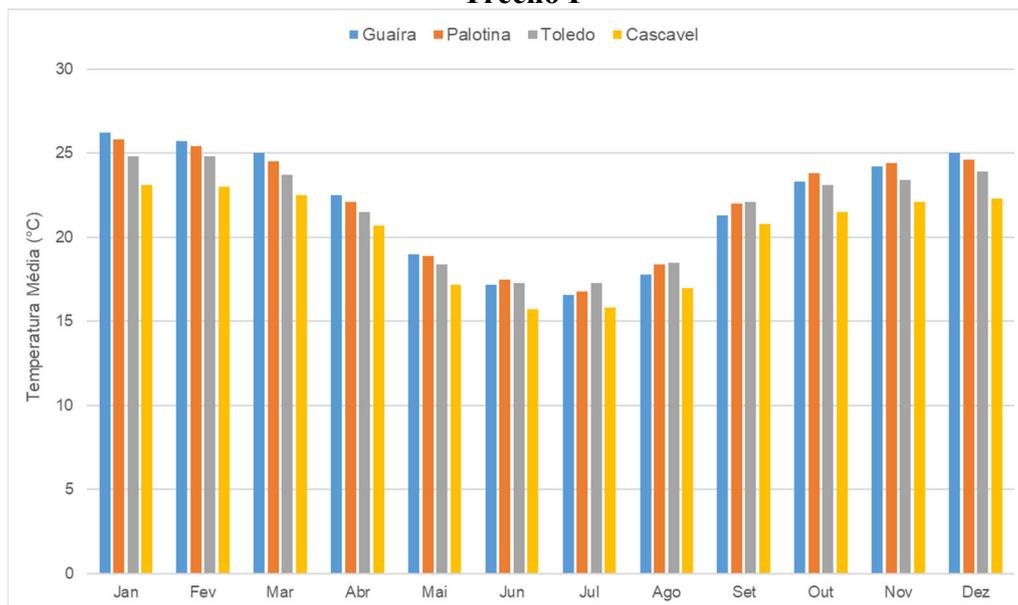
**Gráfico 5-6: Temperaturas da Estação Meteorológica de Marechal Cândido Rondon**



Fonte: Inmet (2021).

Ainda no Trecho I, para a AE no estado do Paraná, foram avaliados os dados das estações meteorológicas dos municípios de Guaíra, Palotina, Toledo e Cascavel, obtidos pelo Simepar. No Gráfico 5-7 são apresentadas as médias mensais referentes ao período de 2016 a 2020, sendo possível observar um comportamento semelhante entre os dados das estações, com médias mais baixas durante o inverno. Também é possível observar que as médias mensais da estação meteorológica do município de Cascavel, são mais baixas em todos os meses. Isso se justifica por ser o único município do Paraná no Trecho I localizado sob o tipo climático Cfb, que apresenta temperaturas mais amenas que o tipo Cfa.

**Gráfico 5-7: Temperaturas Médias das Estações Meteorológicas do Paraná no Trecho I**



Fonte: Simepar (2021).

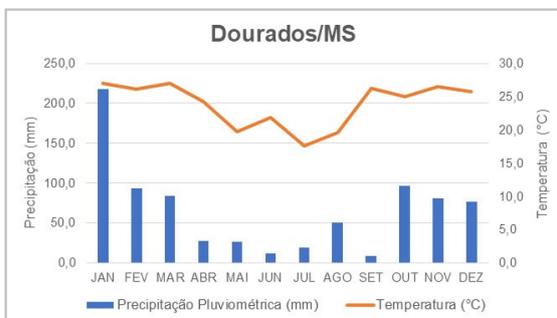
### **Precipitação Pluviométrica**

Para Vieira, Lombardi Neto e Santos (1998) o conhecimento das relações entre intensidade, duração e frequência das chuvas é essencial para projetos de obras no controle de erosão e de estruturas hidráulicas para o fluxo de águas pluviais.

O Gráfico 5-8 até o Gráfico 5-13 apresentam as precipitações pluviométricas do Inmet e Cemtec, para as estações localizadas no Mato Grosso do Sul e Paraná. Em geral, as maiores precipitações ocorrem nos meses mais quentes, porém, sem estações bem definidas. Durante o período avaliado as precipitações mais elevadas ocorreram em dezembro de 2019, com 435,4 mm e 480 mm, nas estações dos municípios de Itaquiraí e Amambai, respectivamente.

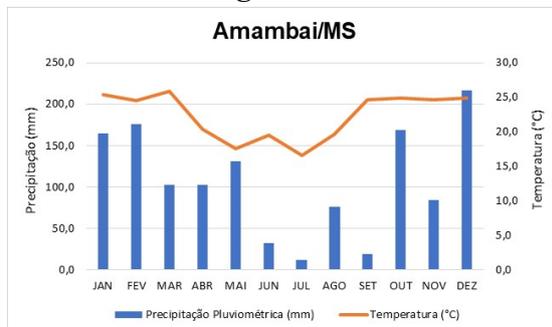
Em 2021, a partir dos dados do Cemtec durante o mês de janeiro, as estações meteorológicas de Itaquiraí/MS e Caarapó/MS apresentaram precipitações pluviométricas elevadas com 378,4 mm e 381,8 mm, respectivamente.

**Gráfico 5-8: Temperaturas da Estação Meteorológica de Dourados**



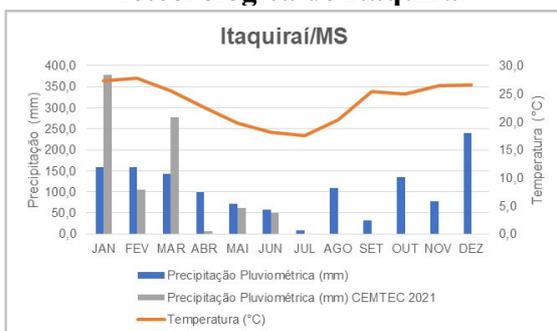
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-9: Temperaturas da Estação Meteorológica de Amambai**



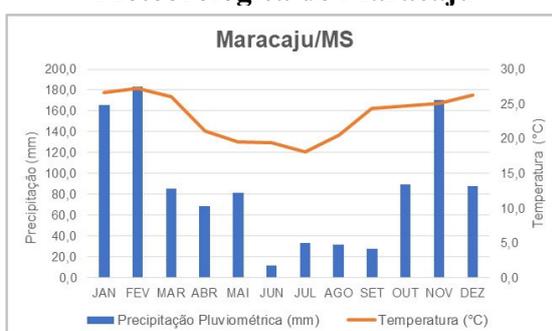
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-10: Temperaturas da Estação Meteorológica de Itaquiraí**



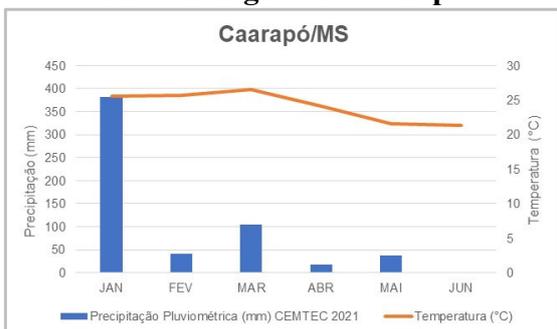
Fonte: Inmet/Cemtec (2021).

**Gráfico 5-11: Temperaturas da Estação Meteorológica de Maracaju**



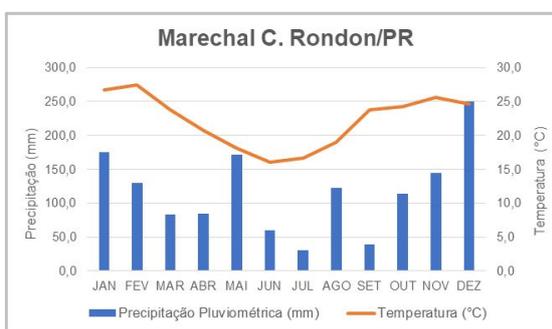
Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-12: Temperaturas da Estação Meteorológica de Caarapó**



Fonte: Cemtec (2021).

**Gráfico 5-13: Temperaturas da Estação Meteorológica de Marechal Cândido Rondon**

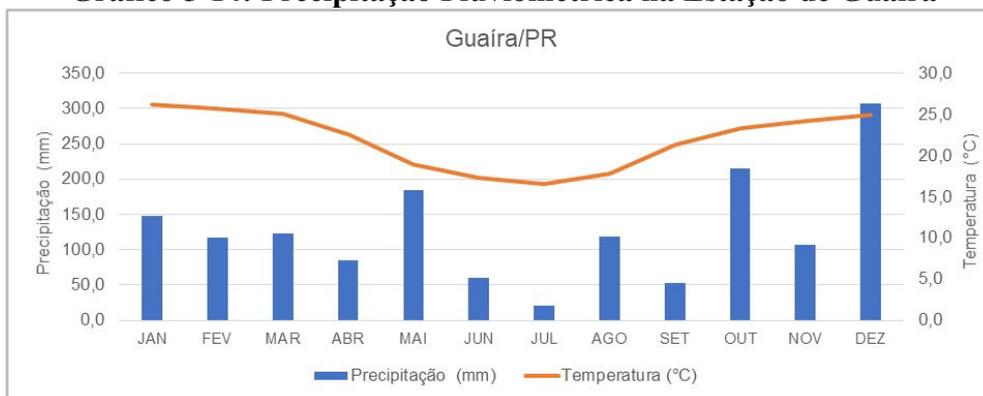


Fonte: Inmet (2021).

Na estação de Guaíra, monitorada pelo Simepar, a média anual obtida a partir das médias mensais, referente aos anos de 2016 a 2020, para o parâmetro de precipitação foi de aproximadamente 128,2 mm. A menor média mensal foi registrada no mês de julho (20,4 mm) e a maior em dezembro (307,6 mm). Esses valores indicam que os meses chuvosos

e de seca são os meses nas estações de verão e inverno, respectivamente, mesmo com o valor da precipitação média anual não muito elevado.

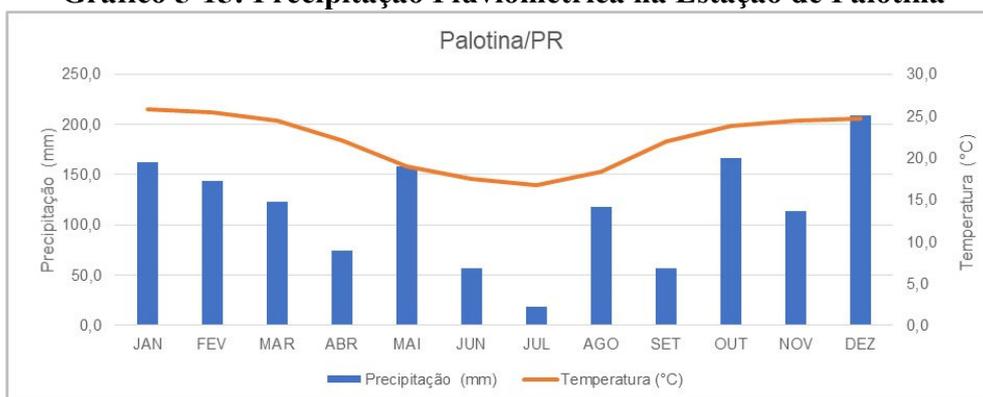
**Gráfico 5-14: Precipitação Pluviométrica na Estação de Guaíra**



Fonte: Simepar (2021).

Na estação de Palotina as maiores precipitações foram registradas nos meses de maio e dezembro, correspondente aos valores de 157,6 mm e 208,6 mm. Caracterizada pelos meses de junho e julho como a estação mais seca, a do inverno, as precipitações nos dois meses foram de 56,7 mm e 18,3 mm, respectivamente. As médias das temperaturas durante os meses do ano, apresentaram uma variação entre 16,8°C a 25,8°C.

**Gráfico 5-15: Precipitação Pluviométrica na Estação de Palotina**

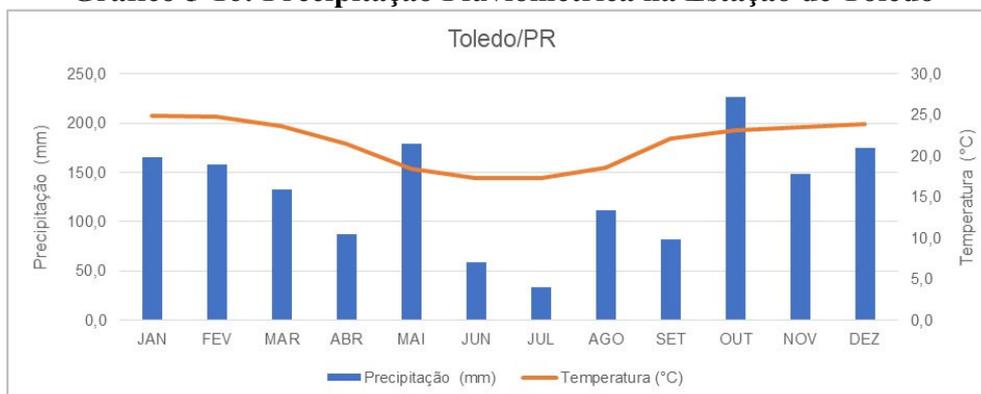


Fonte: Simepar (2021).

Para a região de Toledo, a estação meteorológica registrou as maiores médias de precipitação nos meses de maio (178,6 mm) e outubro (226,0 mm). As menores médias de precipitação, como já observado nos outros municípios da região, permaneceram nos meses de junho (58,5 mm) e julho (32,9 mm). As médias das temperaturas nos meses de

seca foram de 17,3°C. Já nos meses de maior precipitação a média máxima da temperatura foi de 24,8°C, no mês de janeiro.

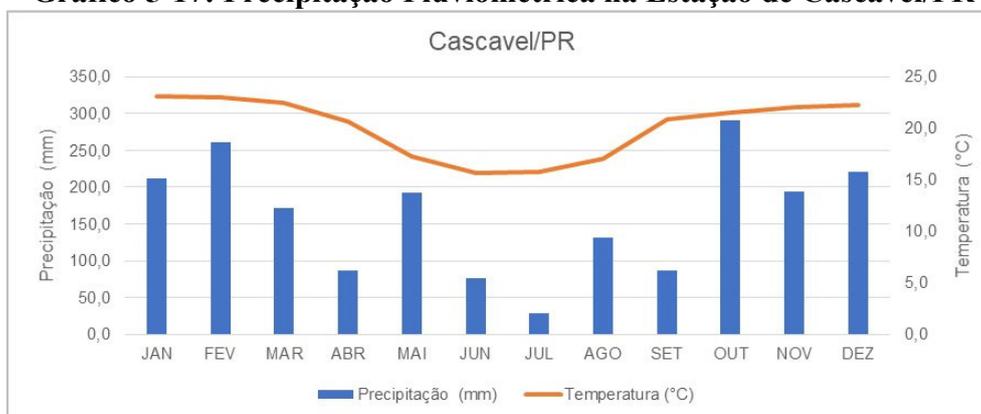
**Gráfico 5-16: Precipitação Pluviométrica na Estação de Toledo**



Fonte: Simepar (2021).

Na estação meteorológica do município de Cascavel, as maiores médias da precipitação foram registradas para os meses de outubro (290,4 mm) e fevereiro (261,1 mm). A média da precipitação anual na estação de Cascavel foi de 162,6 mm.

**Gráfico 5-17: Precipitação Pluviométrica na Estação de Cascavel/PR**

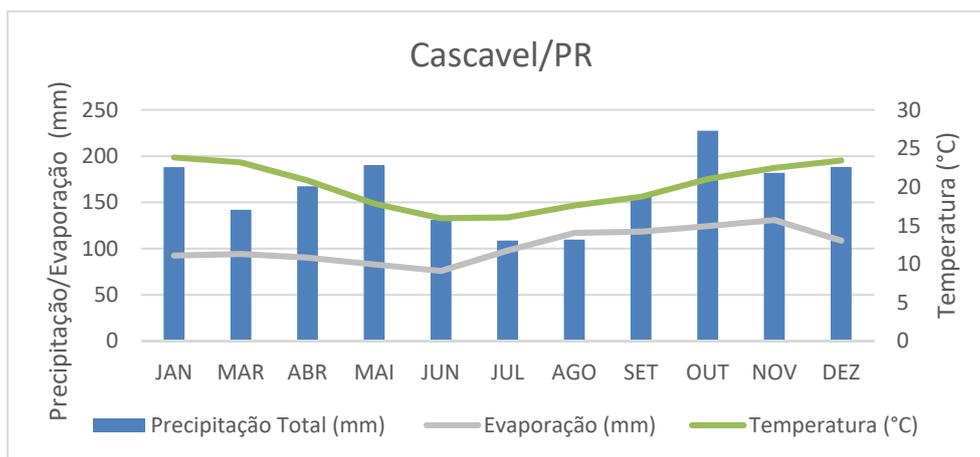


Fonte: Simepar (2021).

Quanto à evapotranspiração, apenas a estação meteorológica de Cascavel apresentou dados históricos para a elaboração do Gráfico 5-18. Em relação à média da evaporação, foi observado que nos meses de janeiro a junho, as médias não ultrapassaram 92,5 mm (janeiro). A partir do mês de julho até novembro, a evaporação apresentou uma tendência em aumentar, atingindo a média máxima de 131 mm. Assim, para o mês de dezembro a média de evaporação passou para 108,7 mm. Os valores mais elevados de evaporação são

diretamente influenciáveis pela elevada média de precipitação, assim os meses do segundo semestre do ano, apresentaram médias de evaporação mais elevadas que as obtidas no primeiro semestre do ano, como pode ser observado no mês no Gráfico 5-18.

**Gráfico 5-18: Termopluviometria da Estação de Cascavel**



Fonte: Iapar (2021).

### Direção e Velocidade do Vento

O vento é a variável definida como o ar em movimento (COSTA & LYRA, 2012). O deslocamento do ar atmosférico se deve às diferenças de pressão atmosférica, entre duas regiões distintas (força do gradiente de pressão), influenciadas por efeitos locais. A direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, em função da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação e da época do ano (VENDRAMINI, 1986).

Para caracterizar a direção predominante e velocidade média dos ventos no Trecho I, foram obtidos os dados disponíveis das estações meteorológicas do Inmet (Tabela 5-2) e Simepar (Tabela 5-3). Pode-se observar na Tabela 5-2 que as médias mensais de velocidade do vento nas estações meteorológicas, são maiores entre os meses de setembro e dezembro. Quanto à direção do vento, apenas a estação meteorológica de Dourados apresentou dados disponíveis, sendo a direção predominante do vento, em 11 meses do ano, a Nordeste (NE).

Para as estações meteorológicas localizadas no Paraná, pode-se observar na Tabela 5-3 que as velocidades são maiores quando comparadas às velocidades do vento no Mato

Grosso do Sul, apresentando também velocidades mais intensas nos meses do segundo semestre do ano. As direções do vento são variáveis em cada uma das estações, não apresentando semelhanças entre elas e as rajadas de ventos registradas são mais fortes nas estações dos municípios de Palotina e Cascavel.

**Tabela 5-2: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Inmet**

| Estações Meteorológicas Localizadas no MS |          |    |          |       |          |    |           |    |
|---|----------|----|----------|-------|----------|----|-----------|----|
| Mês                                       | Maracaju |    | Dourados |       | Amambai  |    | Itaquiraí |    |
|   | VV (m/s) | DP | VV (m/s) | DP    | VV (m/s) | DP | VV (m/s)  | DP |
| Jan                                       | 3,15     | -  | 3,20     | NE    | 3,00     | -  | 3,80      | -  |
| Fev                                       | 2,80     | -  | 3,40     | NE    | 3,05     | -  | 4,10      | -  |
| Mar                                       | 2,98     | -  | 2,90     | Calmo | 3,40     | -  | 3,70      | -  |
| Abr                                       | 2,90     | -  | 3,25     | NE    | 2,95     | -  | 3,90      | -  |
| Mao                                       | 2,15     | -  | 3,20     | NE    | 3,00     | -  | 3,10      | -  |
| Jun                                       | 1,80     | -  | 3,30     | NE    | 3,25     | -  | 3,40      | -  |
| Jul                                       | 2,73     | -  | 3,45     | NE    | 3,50     | -  | 3,45      | -  |
| Ago                                       | 2,88     | -  | 4,33     | NE    | 3,55     | -  | 3,50      | -  |
| Set                                       | 3,43     | -  | 4,45     | NE    | 3,60     | -  | 4,40      | -  |
| Out                                       | 4,08     | -  | 4,45     | NE    | 3,55     | -  | 5,05      | -  |
| Nov                                       | 3,05     | -  | 4,45     | NE    | 4,05     | -  | 5,90      | -  |
| Dez                                       | 3,18     | -  | 3,20     | NE    | 3,25     | -  | 4,40      | -  |

Fonte: Inmet (2021).

Nota: VV: Velocidade do vento; DP: Direção predominante.

**Tabela 5-3: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar**

| Estações Meteorológicas Localizadas no PR |          |    |      |          |    |       |          |    |      |          |    |       |
|---|----------|----|------|----------|----|-------|----------|----|------|----------|----|-------|
| Mês                                       | Guaira   |    |      | Palotina |    |       | Toledo   |    |      | Cascavel |    |       |
|   | VV (m/s) | DP | R    | VV (m/s) | DP | R     | VV (m/s) | DP | R    | VV (m/s) | DP | R     |
| Jan                                       | 4,7      | NE | 69,8 | 6,7      | L  | 99,7  | 5,9      | N  | 61,9 | 12,5     | NE | 74,5  |
| Fev                                       | 4,6      | NE | 55,8 | 6,8      | N  | 78,5  | 5,9      | L  | 72,0 | 13,0     | NE | 82,1  |
| Mar                                       | 4,5      | NE | 67,9 | 6,3      | S  | 69,1  | 5,6      | L  | 67,0 | 13,2     | NE | 120,6 |
| Abr                                       | 3,7      | N  | 57,6 | 5,8      | S  | 94,7  | 5,8      | L  | 54,4 | 13,2     | NE | 63,4  |
| Mao                                       | 4,0      | N  | 56,9 | 6,3      | S  | 104,7 | 5,2      | L  | 60,5 | 13,6     | NE | 89,6  |
| Jun                                       | 3,5      | N  | 40,3 | 6,7      | NE | 92,2  | 6,4      | L  | 84,2 | 14,6     | NE | 68,0  |
| Jul                                       | 4,5      | N  | 46,4 | 7,1      | NE | 54,7  | 7,0      | L  | 58,7 | 15,7     | NE | 103,0 |
| Ago                                       | 5,3      | N  | 60,8 | 7,9      | NE | 82,4  | 8,6      | L  | 66,6 | 16,3     | NE | 75,2  |
| Set                                       | 4,8      | N  | 53,6 | 7,9      | S  | 96,1  | 8,3      | L  | 77,0 | 16,4     | NE | 107,6 |
| Out                                       | 5,5      | N  | 82,1 | 9,1      | L  | 89,6  | 8,1      | L  | 81,0 | 16,8     | NE | 97,6  |
| Nov                                       | 5,1      | N  | 83,9 | 8,3      | S  | 99,7  | 7,1      | L  | 60,5 | 15,3     | NE | 90,7  |
| Dez                                       | 5,1      | N  | 56,2 | 6,8      | NE | 77,0  | 6,3      | L  | 77,4 | 13,3     | NE | 87,5  |

Fonte: Simepar (2021).

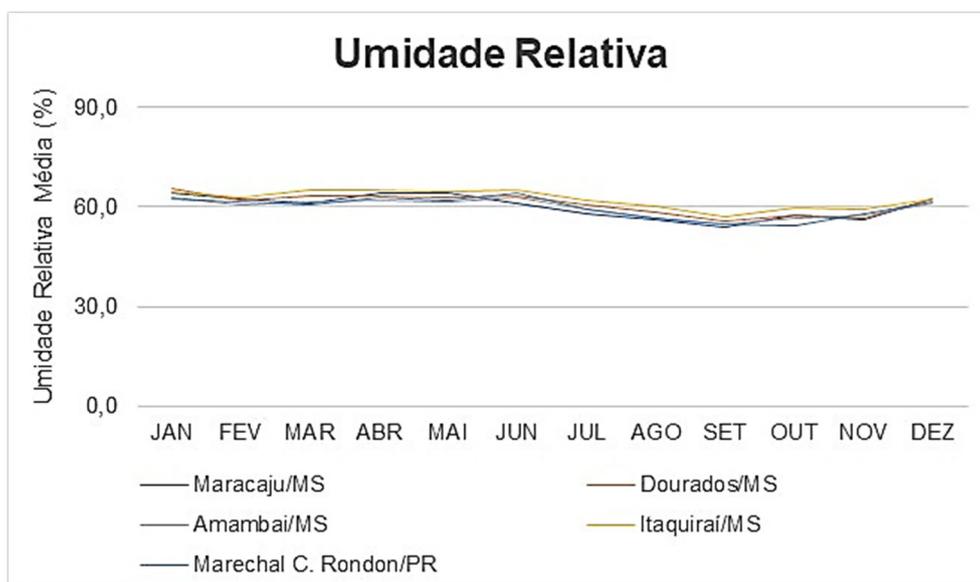
Nota: VV: Velocidade do vento; DP: Direção predominante; R: Rajada de vento.

## Umidade Relativa do Ar

Para as estações meteorológicas do Inmet foram calculadas as médias da umidade relativa do ar, apresentadas no Gráfico 5-19 para o período entre 2016 a 2020.

É observado que em todas as estações as médias de umidade relativa, são superiores a 58%. A maior média registrada foi na estação de Itaquiraí, com 62,6% e a menor em Dourados com apenas 33%.

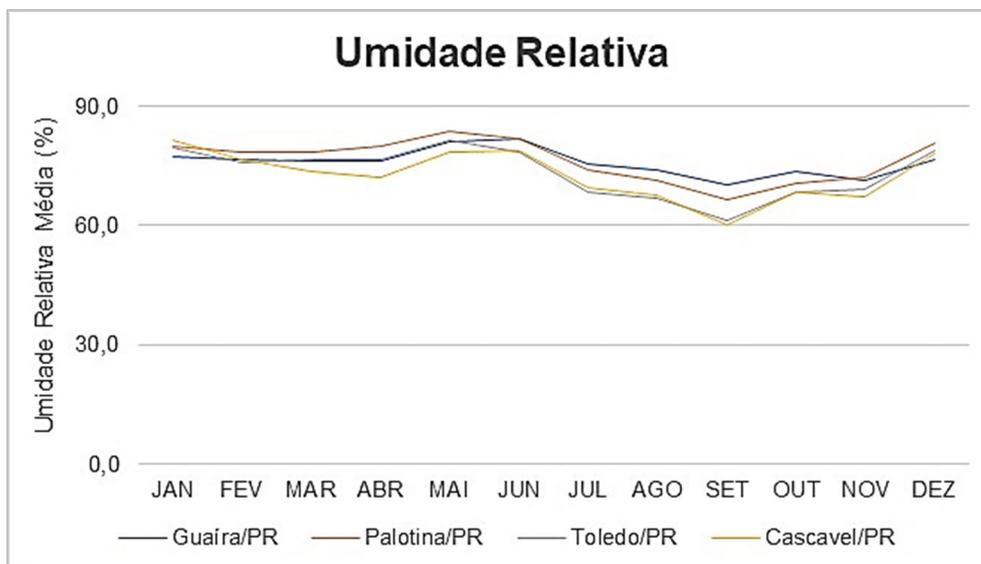
**Gráfico 5-19: Umidade Relativa Média – Estações Meteorológicas do Inmet**



Fonte: Inmet (2021).

Nas estações meteorológicas do Simepar, foi possível observar que há um aumento na média de umidade relativa nos meses de maio e junho, e um pico onde é registrada a menor média no mês de setembro, como mostra o Gráfico 5-20. A média da umidade relativa variou para os 12 meses, entre 72,7% a 76,4%. As maiores médias referentes a umidade relativa média, foram registradas entre as estações de Palotina (76,4%) e Guaira (75,9%). As estações de Toledo e Cascavel apresentaram média de 73,5% e 72,7%, respectivamente.

**Gráfico 5-20: Umidade Relativa Média – Estações Meteorológicas do Simepar**



Fonte: Simepar (2021).

### Radiação Solar

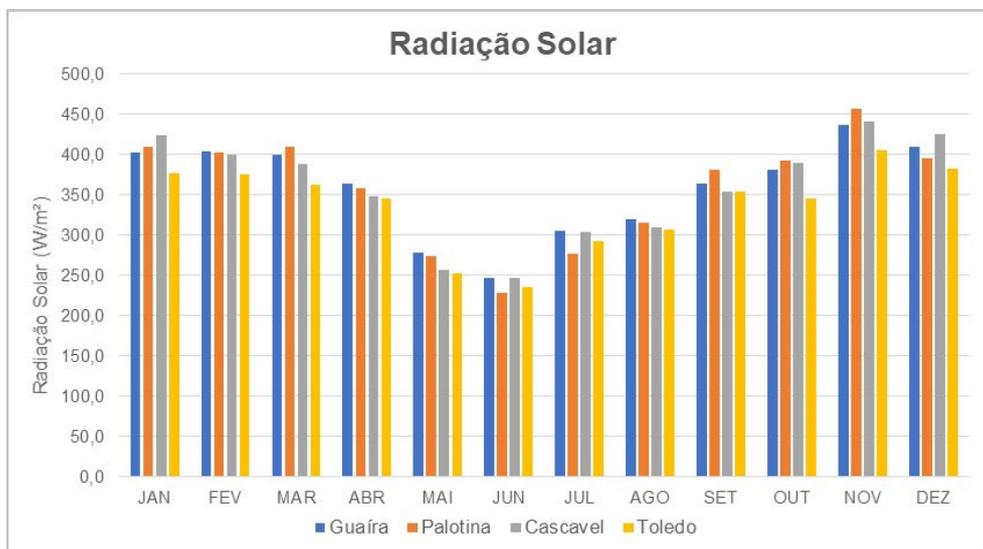
A radiação solar nos diferentes tipos de solos e águas da superfície da Terra ocasiona uma desigual distribuição da energia solar e aquecimento do ar, cujos efeitos são altas e baixas pressões, das massas de ar e de águas, e trocas de energia entre o mar e a superfície terrestre (ALMEIDA JR, 2005).

No estado do Mato Grosso do Sul, na região do município de Dourados, praticamente não há diferença sazonal na radiação solar (FIETZ & FISCH, 2006). Os valores são pouco mais altos durante o verão devido à ausência de nebulosidade, permitindo que uma quantidade maior de luz solar atinja a superfície do solo.

Para caracterização da radiação solar foram disponibilizados apenas os dados do Simepar, para o estado do Paraná, das estações meteorológicas dos municípios de Guaíra, Palotina, Toledo e Cascavel. A radiação solar de cada estação, durante o período avaliado, é apresentada no Gráfico 5-21, em que é possível observar que a energia solar é mais intensa durante os meses mais quentes, entre novembro e janeiro.

Os maiores valores de radiação solar ocorreram durante o mês de novembro, com 437,1 W/m<sup>2</sup>, 457,0 W/m<sup>2</sup>, 440,4 W/m<sup>2</sup> e 405,0 W/m<sup>2</sup> para as estações de Guaíra, Palotina, Cascavel e Toledo, respectivamente.

**Gráfico 5-21: Radiação Solar – Estações Meteorológicas do Simepar**



Fonte: Simepar (2021).

#### 5.1.2.4 Trecho II

##### Temperatura

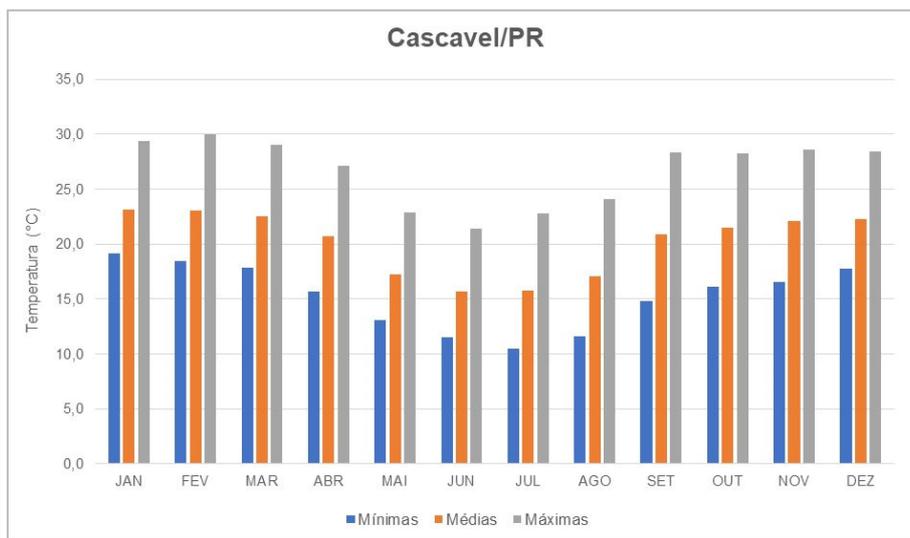
A AE no Trecho II está sob o clima Cfb, do município de Cascavel até as proximidades do município de Céu Azul, e sob o clima Cfa, de Céu Azul até Foz do Iguaçu. Em geral, os dois tipos climáticos são semelhantes pois apresentam temperaturas moderadas durante todo o ano, o verão é considerado de brando a quente e há ocorrência de geadas durante o inverno.

Nesse trecho foram encontradas três estações meteorológicas com dados disponíveis e sob coordenação do Simepar, sendo estas estações localizadas nos municípios de Cascavel, São Miguel do Iguaçu e Foz do Iguaçu.

Os dados de temperatura média para a estação meteorológica de Cascavel também foram apresentados no item anterior, referente ao Trecho I, uma vez que o município está localizado na junção entre os dois trechos, e os dados de clima contribuem para as duas análises. Assim, neste item serão apresentados não apenas os dados médios de temperatura, mas também os dados mínimos e máximos de cada estação meteorológica.

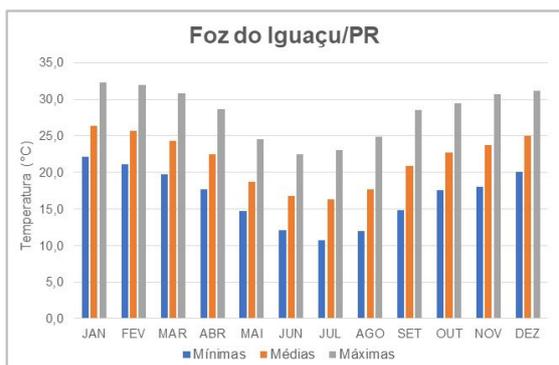
Observando o Gráfico 5-22, Gráfico 5-23 e Gráfico 5-24 é possível observar que as temperaturas são semelhantes nas três estações, com valores mais altos durante o verão (dezembro a março) e mais baixos durante os meses mais frios (junho, julho e agosto).

**Gráfico 5-22: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Cascavel**



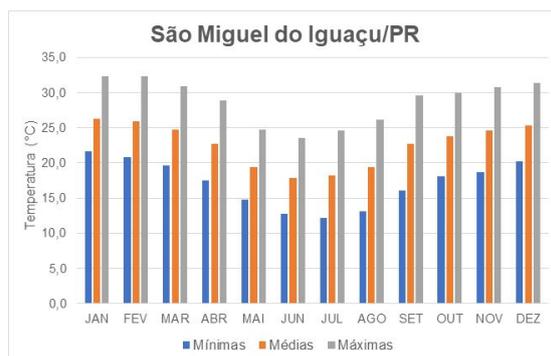
Fonte: Simepar (2021).

**Gráfico 5-23: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Foz do Iguaçu**



Fonte: Simepar (2021).

**Gráfico 5-24: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de São Miguel do Iguaçu**



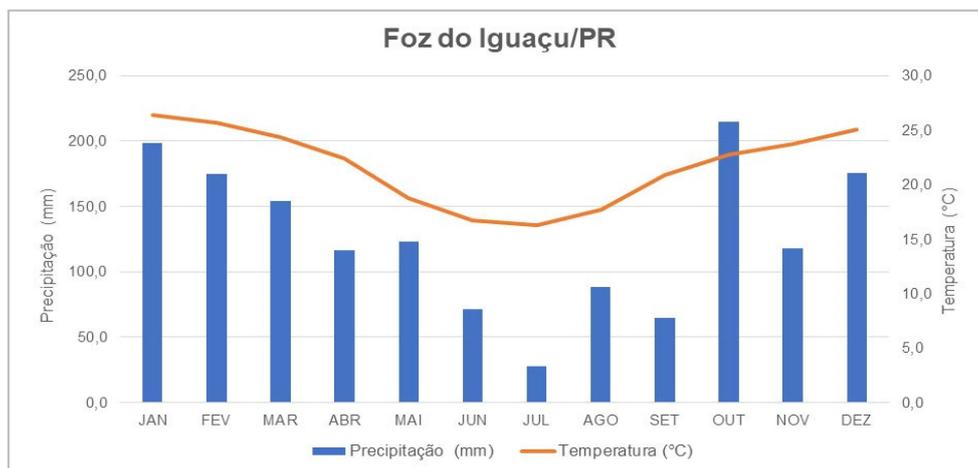
Fonte: Simepar (2021).

## Precipitação Pluviométrica

As precipitações pluviométricas médias das estações meteorológicas referente ao período de 2016 e 2020 são apresentadas nos gráficos na sequência.

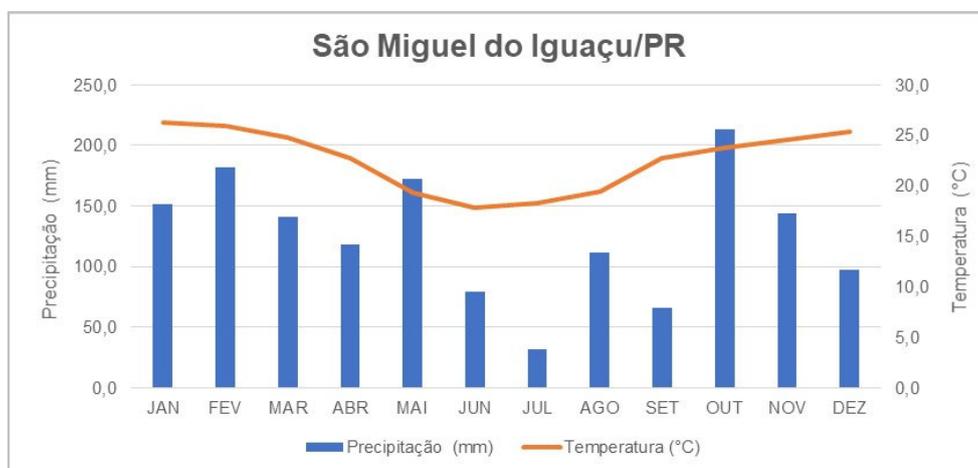
Em todos os gráficos é possível observar que as menores temperaturas ocorrem em meses de menores precipitações. Os picos de precipitação nas estações de Foz do Iguaçu (212,2 mm), São Miguel do Iguaçu (212,9 mm) e Cascavel (290,4 mm) foram registradas na média do mês de outubro. Já as menores médias nas precipitações foram registradas no mês julho, correspondendo a 27,7 mm, 31,4 mm e 27,9 mm, respectivamente.

**Gráfico 5-25: Precipitação Pluviométrica na Estação de Foz do Iguaçu**



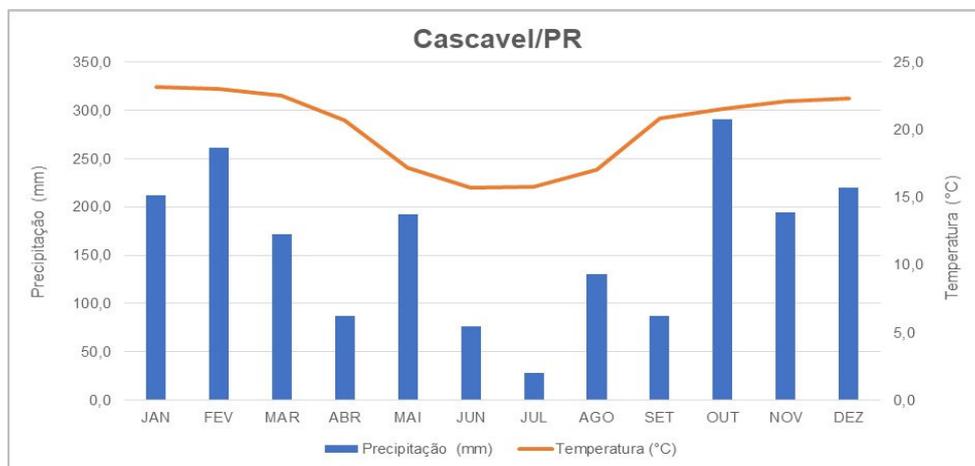
Fonte: Simepar (2021).

**Gráfico 5-26: Precipitação Pluviométrica na Estação de São Miguel do Iguaçu**



Fonte: Simepar (2021).

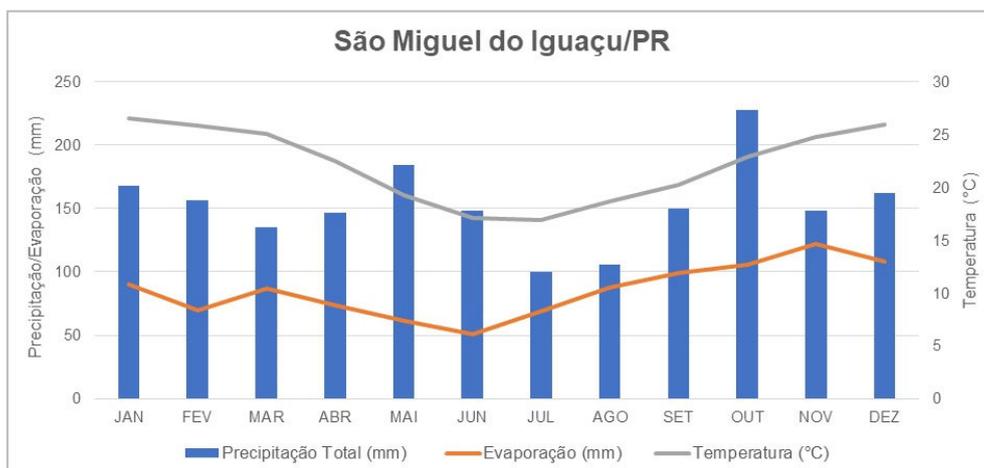
**Gráfico 5-27: Precipitação Pluviométrica na Estação de Cascavel**



Fonte: Simepar (2021).

Além dos dados de evaporação apresentados no Trecho I para a estação meteorológica de Cascavel, neste Trecho II também foi elaborado o gráfico de evapotranspiração para a estação de São Miguel do Iguazu. A menor média mensal da evaporação foi registrada para o mês de junho (50,6 mm), e a maior média para o mês de novembro (121,7 mm). A relação entre as médias de temperatura, precipitação pluviométrica e evaporação para a estação de São Miguel do Iguazu é apresentada no Gráfico 5-28.

**Gráfico 5-28: Termopluiometria da Estação de São Miguel do Iguazu**



Fonte: Iapar (2021).

## Direção e Velocidade do Vento

A Tabela 5-4 apresenta os dados de direção e velocidade média do vento, para as estações meteorológicas do Trecho II. É possível observar que os ventos são mais intensos na região do município de Cascavel, durante os meses de agosto e outubro.

Durante o período avaliado, pode-se observar na Tabela 5-4 que nas estações meteorológicas de São Miguel do Iguçu e Cascavel, a direção predominante é permanente durante todo o ano, sendo Sudeste (SE) e Nordeste (NE), respectivamente.

**Tabela 5-4: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar**

| Mês | São Miguel do Iguçu |    |      | Foz do Iguçu |    |      | Cascavel |    |       |
|-----|---------------------|----|------|--------------|----|------|----------|----|-------|
|     | VV (m/s)            | DP | R    | VV (m/s)     | DP | R    | VV (m/s) | DP | R     |
| Jan | 8,3                 | SE | 73,1 | 6,3          | L  | 76,3 | 12,5     | NE | 74,5  |
| Fev | 8,7                 | SE | 68,4 | 6,3          | N  | 69,1 | 13,0     | NE | 82,1  |
| Mar | 8,2                 | SE | 78,8 | 5,3          | L  | 73,8 | 13,2     | NE | 120,6 |
| Abr | 8,0                 | SE | 63,7 | 5,2          | N  | 73,1 | 13,2     | NE | 63,4  |
| Mao | 8,4                 | SE | 58,7 | 5,7          | S  | 70,2 | 13,6     | NE | 89,6  |
| Jun | 9,3                 | SE | 60,5 | 6,5          | L  | 62,6 | 14,6     | NE | 68,0  |
| Jul | 9,9                 | SE | 54,4 | 6,3          | N  | 60,1 | 15,7     | NE | 103,0 |
| Ago | 10,4                | SE | 67,3 | 6,7          | L  | 69,8 | 16,3     | NE | 75,2  |
| Set | 10,3                | SE | 62,3 | 6,6          | L  | 67,0 | 16,4     | NE | 107,6 |
| Out | 10,3                | SE | 83,9 | 7,1          | N  | 75,2 | 16,8     | NE | 97,6  |
| Nov | 9,2                 | SE | 69,5 | 6,6          | S  | 72,0 | 15,3     | NE | 90,7  |
| Dez | 8,5                 | SE | 74,9 | 7,1          | N  | 92,5 | 13,3     | NE | 87,5  |

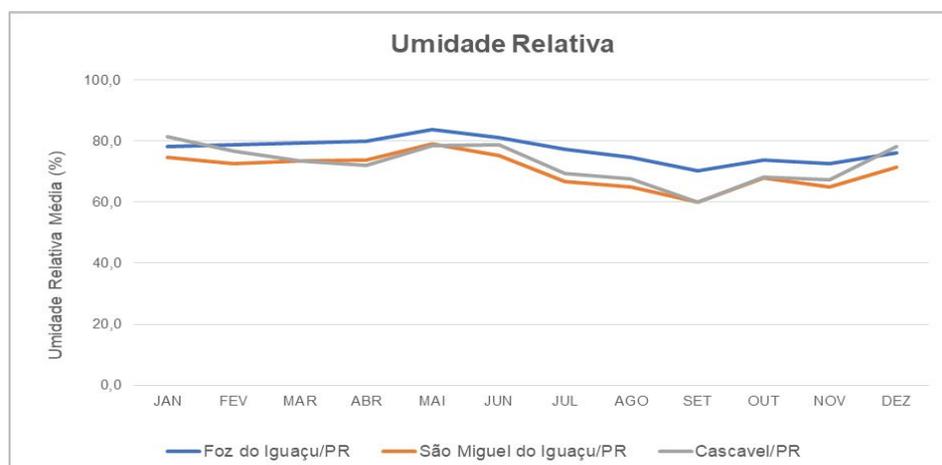
Fonte: Simepar (2021).

Nota: VV: Velocidade do vento; DP: Direção predominante; R: Rajada de vento.

## Umidade Relativa do Ar

Em geral, a umidade relativa da estação meteorológica de Foz do Iguçu, apresentou-se mais elevada em relação às outras estações. A umidade relativa média anual na região de Foz do Iguçu, foi registrada entre 70,2% a 83,7%. Nas estações de São Miguel do Iguçu e Cascavel, as médias variaram entre 60,0% a 74,6% e 60,0% a 81,5%, respectivamente.

**Gráfico 5-29: Umidade Relativa do Trecho II**



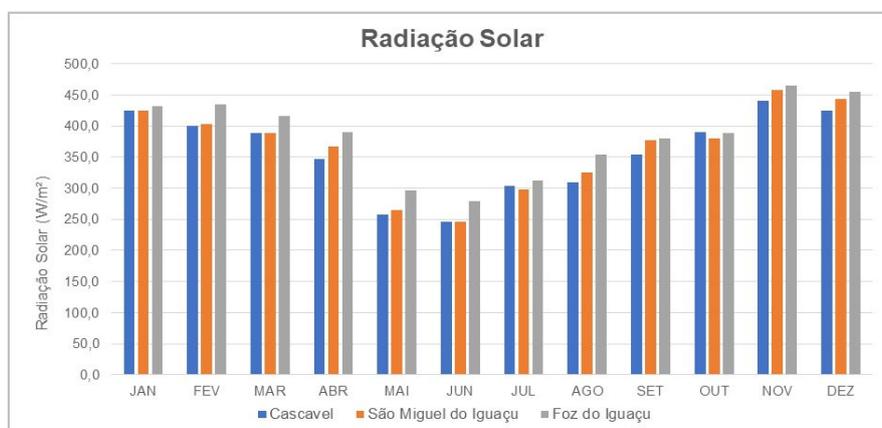
Fonte: Simepar (2021).

### Radiação Solar

Para a caracterização da radiação solar foram disponibilizados os dados das estações meteorológicas de Cascavel, São Miguel do Iguaçu e Foz do Iguaçu. A radiação solar de cada município, durante o período avaliado, é apresentada no Gráfico 5-30, em que é possível observar que a energia solar é mais intensa durante os meses mais quentes, entre novembro e janeiro.

Os maiores valores de radiação solar ocorreram durante o mês de novembro, com 440,4 W/m<sup>2</sup>, 457,5 W/m<sup>2</sup> e 464,9 W/m<sup>2</sup> para as estações de Cascavel, São Miguel do Iguaçu e Foz do Iguaçu, respectivamente.

**Gráfico 5-30: Radiação Solar do Trecho II**



Fonte: Simepar (2021).

### 5.1.2.5 Trecho III

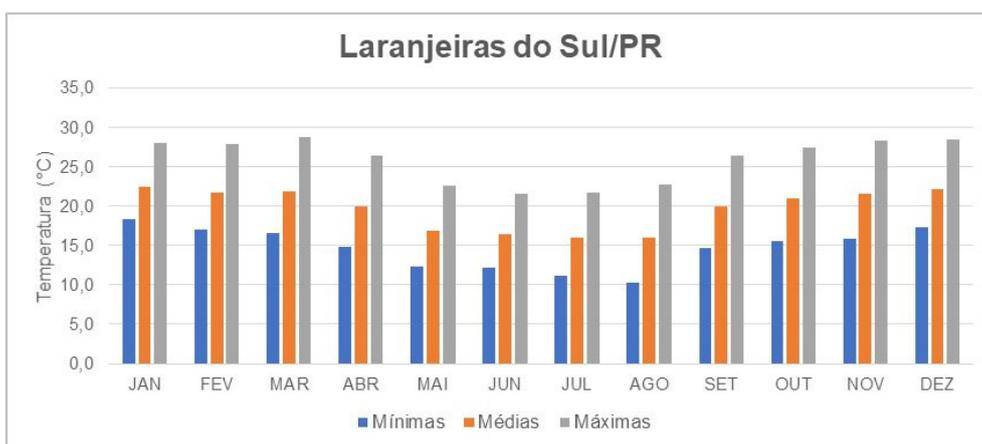
#### Temperatura

Assim como no Trecho II, a AE no Trecho III também está sob os tipos climáticos Cfa e Cfb, com variações dos dois tipos entre Cascavel e a região próximo ao município de Nova Laranjeiras. Seguindo o traçado da ferrovia no sentido oeste-leste, de Nova Laranjeiras até o município de Guarapuava, o clima predominante é o Cfb.

Neste trecho, considerando o período avaliado entre 2016 e 2020, foram considerados os dados históricos climáticos para a estação meteorológica do município de Laranjeiras do Sul e Guarapuava, operadas pelo Simepar.

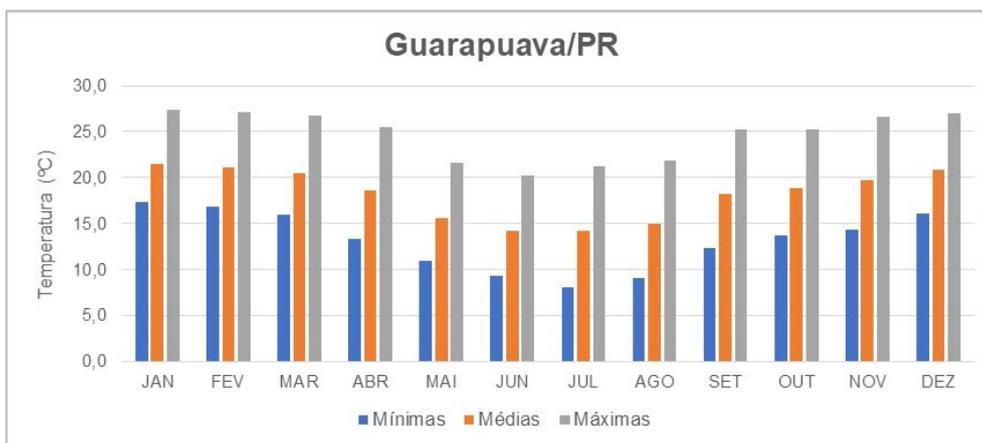
O Gráfico 5-31 e o Gráfico 5-32 apresentam as temperaturas médias, máximas e mínimas de cada estação. Pode-se observar que as temperaturas no local, seguem o padrão dos tipos climáticos citados anteriormente, com médias altas no verão e inverno com temperaturas baixas, destacando-se a menor média com oito graus Celsius para o mês de julho.

**Gráfico 5-31: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Laranjeiras do Sul**



Fonte: Simepar (2021).

**Gráfico 5-32: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Guarapuava**



Fonte: Simepar (2021).

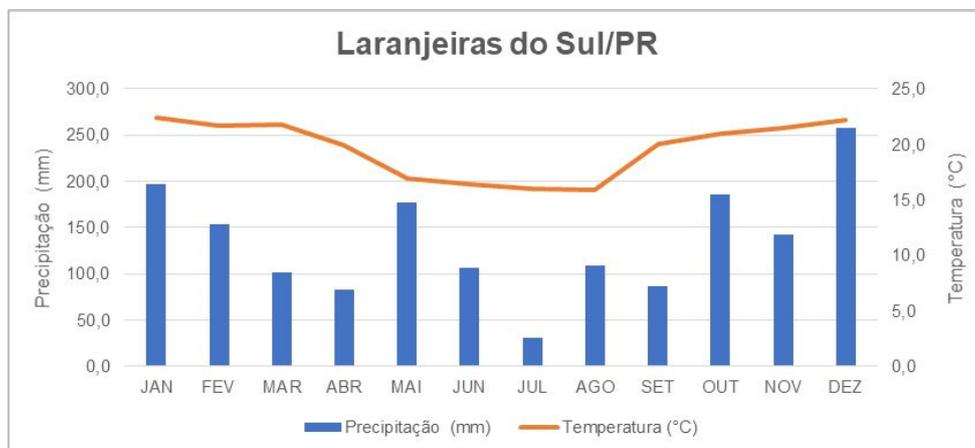
### Precipitação Pluviométrica

As médias mensais do período avaliado de precipitação pluviométrica para as estações meteorológicas de Guarapuava e Laranjeiras do Sul, são apresentadas no Gráfico 5-33 e Gráfico 5-34. As precipitações variam bastante durante todo o ano, não apresentando estações de seca bem definida, e com médias mínimas mensais acima de 30 mm. Esse comportamento confirma os tipos climáticos Cfa e Cfb da região do Trecho III.

As menores médias ocorrem durante o mês de julho, com 32,8 mm e 30,2 mm, e as maiores médias ocorreram durante o mês de dezembro, com 227,4 mm e 257,9 mm, para as estações localizadas em Guarapuava e Laranjeiras do Sul, respectivamente.

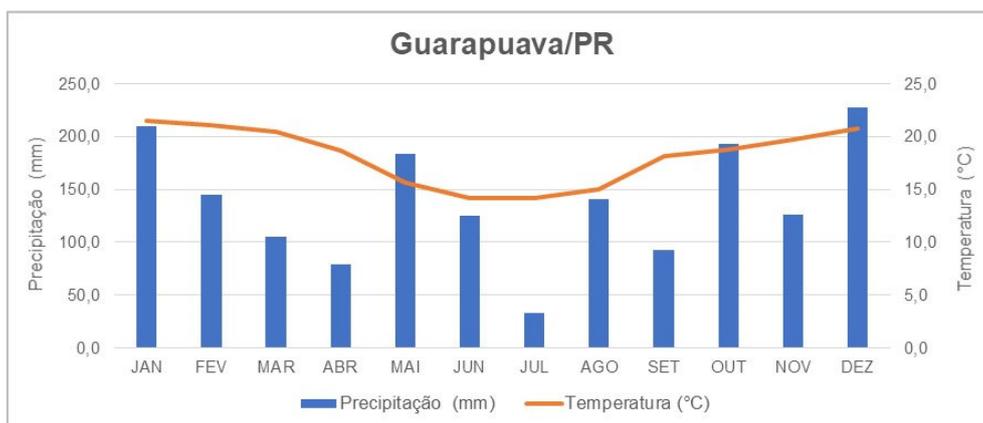
Embora as estações chuvosas e de seca não sejam definidas, pode-se observar nos gráficos que as precipitações pluviométricas tendem a ser maiores em meses mais quentes, como dezembro e janeiro.

**Gráfico 5-33: Precipitação Pluviométrica da Estação de Laranjeiras do Sul**



Fonte: Simepar (2021).

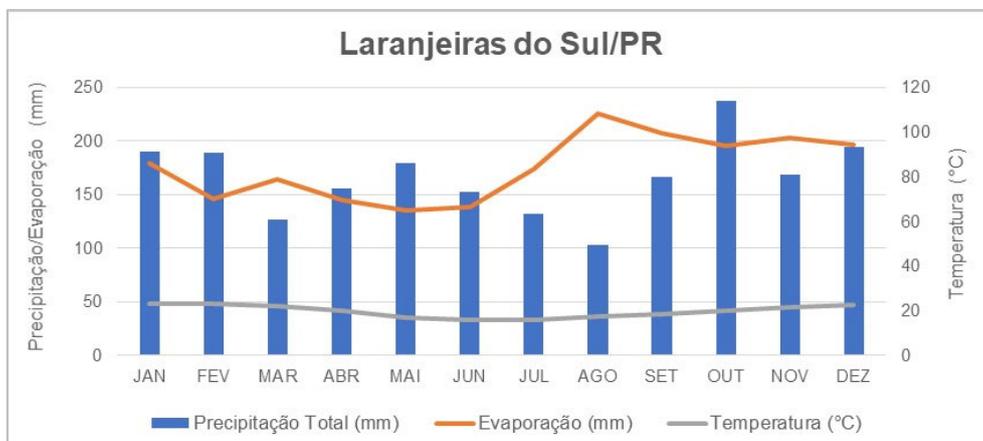
**Gráfico 5-34: Precipitação Pluviométrica da Estação de Guarapuava**



Fonte: Simepar (2021).

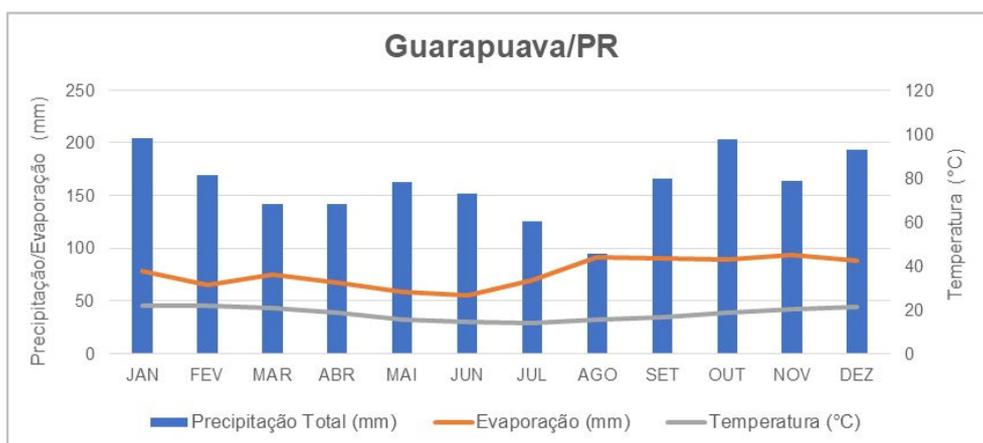
Em relação à termopluviometria da região do Trecho III, o Gráfico 5-35 e o Gráfico 5-36 apresentam a relação entre a precipitação pluviométrica, temperatura e evaporação das estações meteorológicas de Laranjeiras do Sul e Guarapuava, a partir de dados disponibilizados pelo Iapar, porém, para o período de 1974 a 2007 e 1976 a 2019, respectivamente.

**Gráfico 5-35: Termopluviometria da Estação de Laranjeiras do Sul**



Fonte: Iapar (2021).

**Gráfico 5-36: Termopluviometria da Estação de Guarapuava**



Fonte: Iapar (2021).

### Direção e Velocidade do Vento

A Tabela 5-5 apresenta os dados de direção e velocidade do vento, para as estações meteorológicas do Trecho III. É possível observar que os ventos são mais intensos na região do município de Laranjeiras do Sul em relação à Guarapuava, chegando à velocidade média de 12,2 m/s, durante os meses de agosto e setembro.

Durante o período avaliado, pode-se observar na Tabela 5-5 que nas estações meteorológicas, a direção predominante é praticamente constante durante todo o ano, sendo Nordeste (NE) na região de Guarapuava e Leste (L) na região de Laranjeiras do Sul.

**Tabela 5-5: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 - Simepar**

| Mês | Guarapuava/PR |    |         | Laranjeiras do Sul/PR |    |         |
|-----|---------------|----|---------|-----------------------|----|---------|
|     | VV (m/s)      | DP | R (m/s) | VV (m/s)              | DP | R (m/s) |
| Jan | 9,4           | NE | 64,4    | 10,4                  | L  | 69,1    |
| Fev | 9,6           | NE | 59,4    | 11,2                  | L  | 84,6    |
| Mar | 9,5           | NE | 68,4    | 10,3                  | L  | 63,7    |
| Abr | 8,7           | NE | 50,8    | 9,6                   | L  | 72,0    |
| Mao | 9,1           | NE | 62,3    | 10,6                  | L  | 69,5    |
| Jun | 8,6           | N  | 65,5    | 11,6                  | L  | 119,2   |
| Jul | 8,9           | NE | 66,2    | 11,5                  | NE | 77,4    |
| Ago | 9,9           | NE | 79,6    | 12,2                  | L  | 90,0    |
| Set | 10,4          | NE | 70,2    | 12,2                  | L  | 79,9    |
| Out | 11,5          | NE | 82,1    | 11,9                  | L  | 94,7    |
| Nov | 11,6          | NE | 88,2    | 11,9                  | L  | 83,9    |
| Dez | 9,4           | NE | 73,1    | 10,3                  | L  | 76,3    |

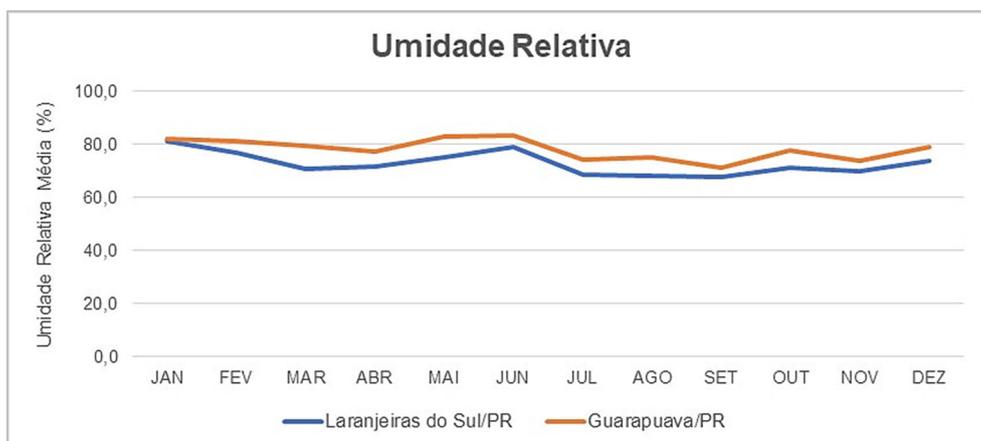
Fonte: Simepar (2021).

Nota: VV: Velocidade do vento; DP: Direção predominante; R: Rajada de vento.

### Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa média mensal da estação de Guarapuava, apresentou médias maiores que as obtidas na estação de Laranjeiras do Sul. A amplitude da estação de Guarapuava apresentou uma variação entre 70,9% a 83,1%. Para a estação de Laranjeiras do Sul, a variação da umidade relativa média mensal foi entre 67,5% a 80,9%.

**Gráfico 5-37: Umidade Relativa do Trecho III**



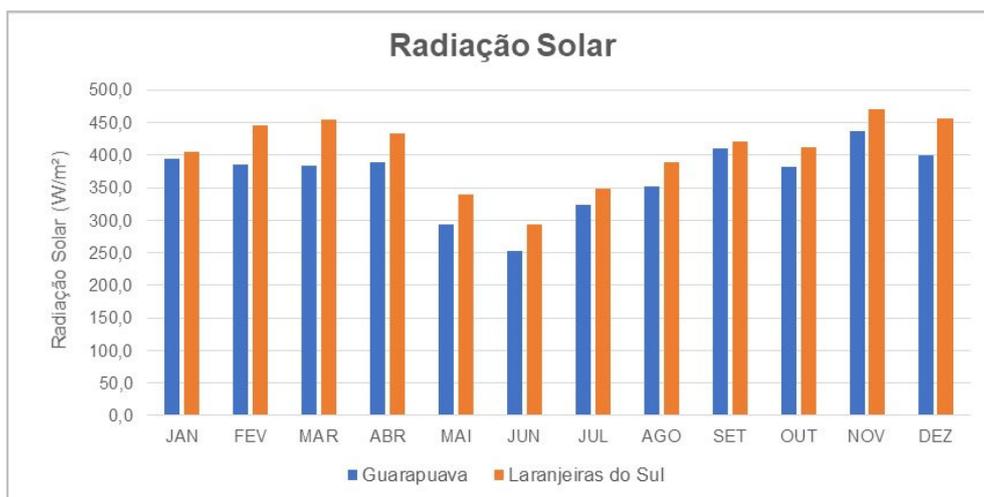
Fonte: Simepar (2021).

## Radiação Solar

Para caracterização da radiação solar, foram disponibilizados os dados das estações meteorológicas dos municípios de Laranjeiras do Sul e Guarapuava. A radiação solar de cada estação, durante o período avaliado, é apresentada no Gráfico 5-38, em que é possível observar que a energia solar é mais intensa durante os meses mais quentes, entre novembro e janeiro, e maior no município de Laranjeiras do Sul.

Os maiores valores de radiação solar ocorreram durante o mês de novembro com 470,1 W/m<sup>2</sup> e 437,5 W/m<sup>2</sup>, para as estações de Laranjeiras do Sul e Guarapuava, respectivamente.

**Gráfico 5-38: Radiação Solar do Trecho III**



Fonte: Simepar (2021).

### 5.1.2.6 Trecho IV

#### Temperatura

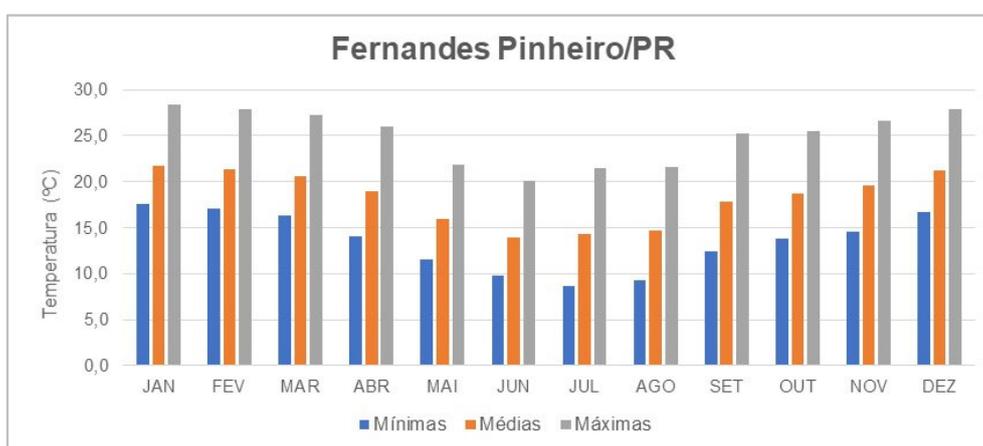
Ao longo de todo o Trecho IV, o clima predominante é o Cfb, caracterizado por temperaturas médias de até 22 °C durante todo o ano. Essa informação é confirmada com os dados apresentados pelo Simepar para as estações meteorológicas de Fernandes Pinheiro, Lapa e Curitiba no Gráfico 5-39, Gráfico 5-40 e Gráfico 5-41, respectivamente.

Na estação de Fernandes Pinheiro, a maior média foi registrada no mês de janeiro (21,7 °C). A média máxima também foi registrada em janeiro, com 28,4 °C e a menor média

mínima em julho (8,7°C). Na estação Lapa, os meses de junho e julho apresentaram a mesma média na temperatura (13,8°C). Já as maiores médias obtidas foram nos meses de janeiro e fevereiro com uma variação entre si de apenas 0,5°C, correspondendo às médias de 21,2°C e 20,7°C, respectivamente. Em Curitiba, a estação meteorológica registrou a maior média de temperatura no mês de janeiro com 21,3°C.

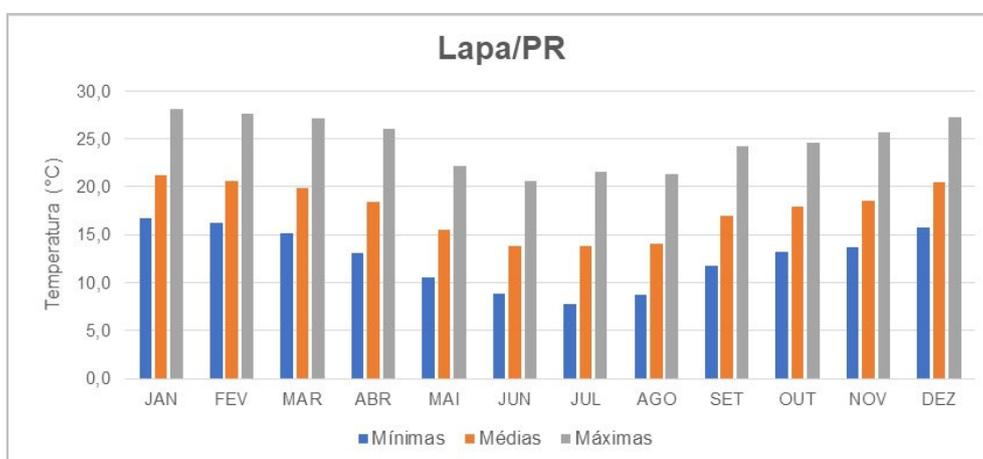
Os gráficos das três estações caracterizam bem o tipo climático do Trecho IV, com temperaturas médias mais altas nos meses de verão, e temperaturas médias baixas durante o inverno, sendo todas as médias abaixo de 22°C.

**Gráfico 5-39: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Fernandes Pinheiro**



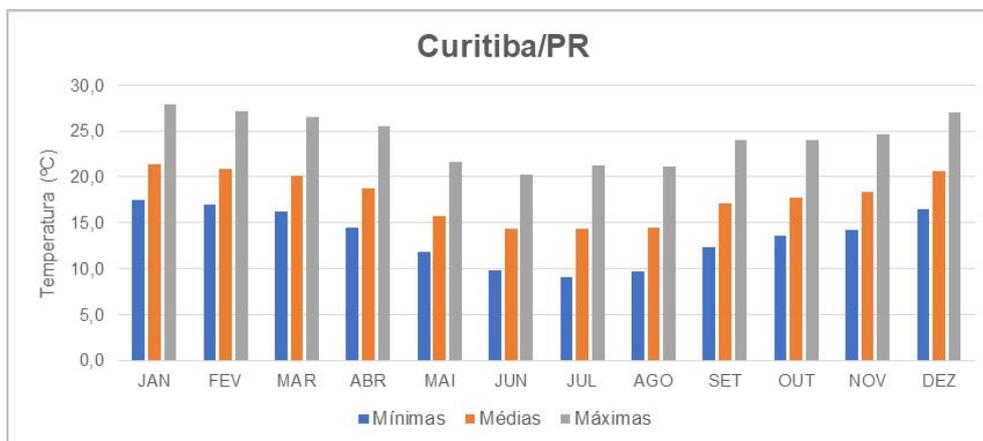
Fonte: Simepar (2021).

**Gráfico 5-40: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação Lapa**



Fonte: Simepar (2021).

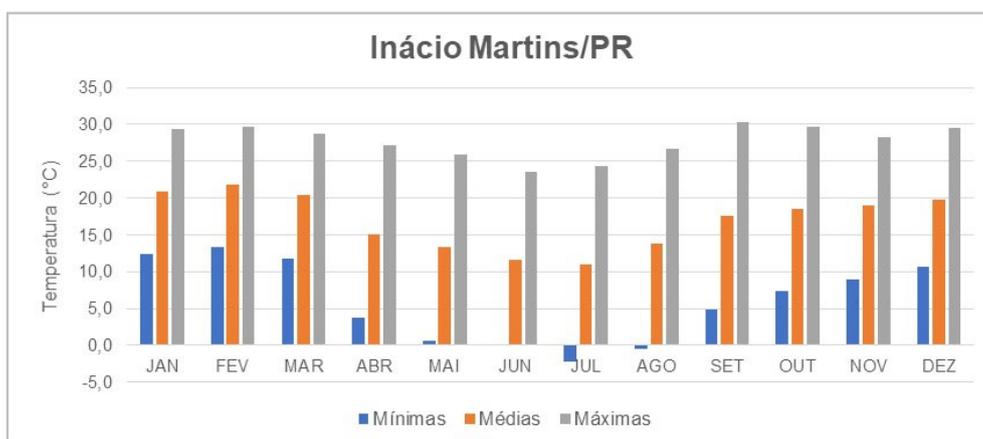
**Gráfico 5-41: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Curitiba**



Fonte: Simepar (2021).

Outra estação meteorológica considerada neste trecho fica localizada em Inácio Martins, sendo seus dados obtidos através do Inmet. O Gráfico 5-42 apresenta as temperaturas mensais mínimas, médias e máximas do período avaliado, também obedecendo o comportamento do tipo climático Cfb, e com a maior média de 22,2°C nos meses de fevereiro de 2016 e 2019. Vale destacar que a média mínima no mês de julho chegou a -2,2°C, sendo este município um dos mais frios do estado do Paraná.

**Gráfico 5-42: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Inácio Martins**



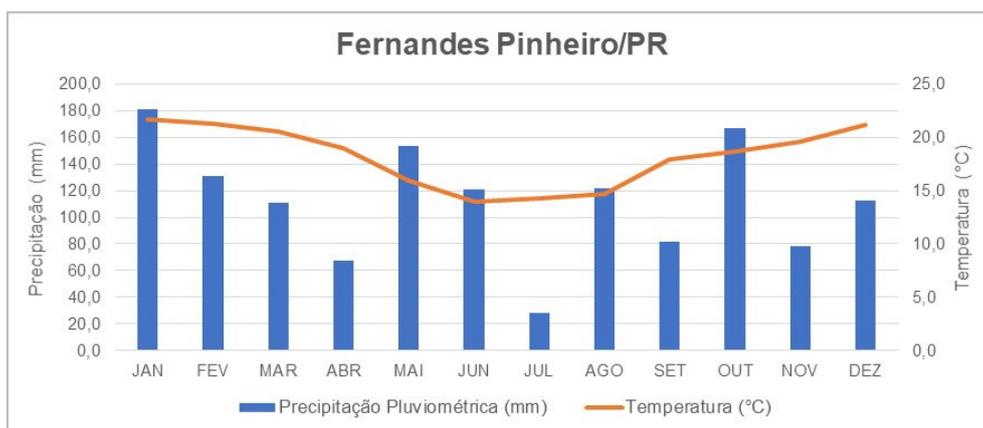
Fonte: Inmet (2021).

## Precipitação Pluviométrica

O Gráfico 5-43, Gráfico 5-44 e o Gráfico 5-45 apresentam a relação entre as precipitações pluviométricas e temperaturas, para as estações meteorológicas operadas pelo Simepar: Fernandes Pinheiro, Lapa e Curitiba. Em todas as estações é possível observar uma variação das médias durante todo o ano, não apresentando estações de seca bem definidas.

Na estação de Fernandes Pinheiro, os meses de janeiro (181,3 mm), maio (153,6 mm) e outubro (166,4 mm) apresentaram as maiores médias de precipitações durante o período avaliado. A menor média mensal de precipitação é observada no mês de julho, com 28,2 mm.

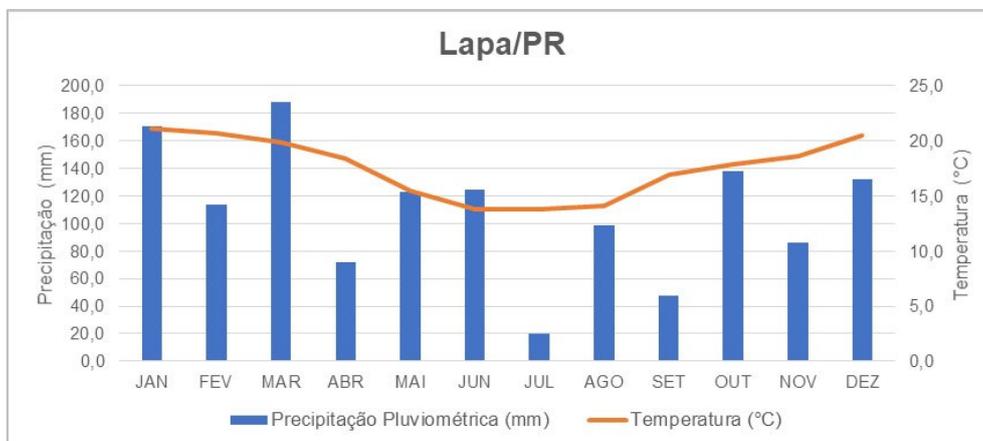
**Gráfico 5-43: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Fernandes Pinheiro**



Fonte: Simepar (2021).

Para a estação localizada no município de Lapa, a maior média de precipitação foi observada no mês de março (188,0 mm), e a menor média foi registrada no mês de julho (20,2 mm).

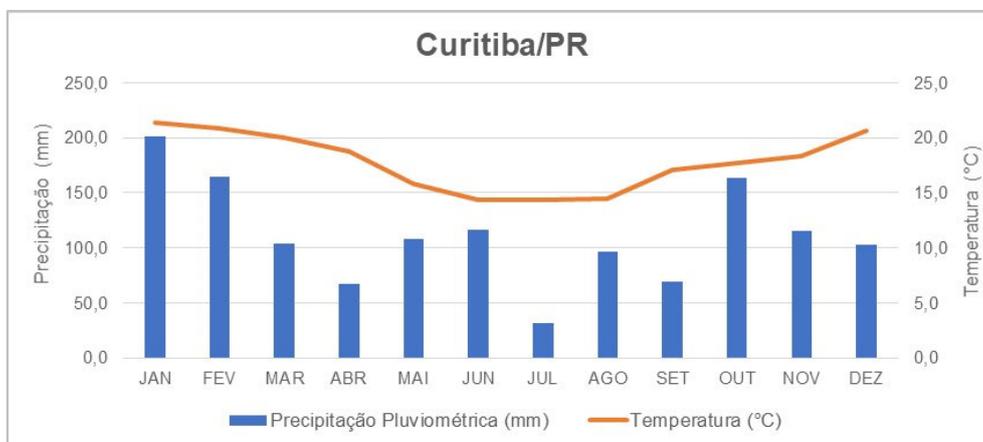
**Gráfico 5-44: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Lapa**



Fonte: Simepar (2021).

A estação meteorológica de Curitiba registrou as maiores precipitações dentro do período temporal amostral, nos meses de janeiro (201,4 mm), fevereiro (164,4 mm) e outubro (163,4 mm). O menor volume de precipitação foi observado em julho, com 31,2 mm.

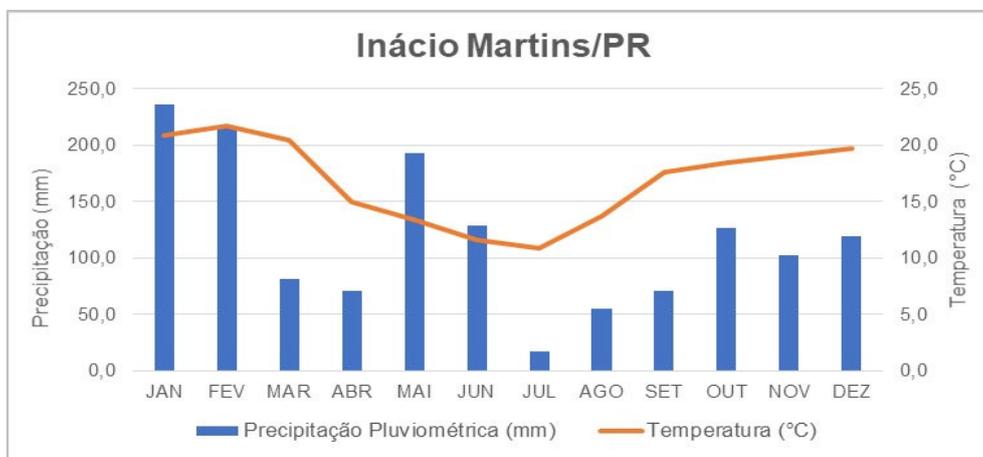
**Gráfico 5-45: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Curitiba**



Fonte: Simepar (2021).

Para a estação meteorológica de Inácio Martins, os dados obtidos são do Inmet, e o Gráfico 5-46 apresenta a relação entre as precipitações pluviométricas e as temperaturas médias no período avaliado. Embora não seja possível definir uma estação seca, pode-se observar que as menores precipitações tendem a ocorrer nos meses mais frios do ano.

**Gráfico 5-46: Precipitação Pluviométrica em Relação à Temperatura – Inácio Martins**

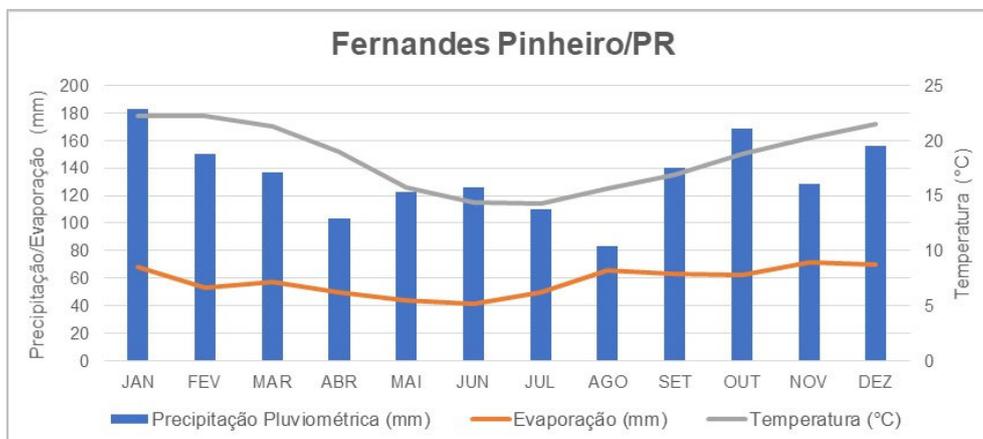


Fonte: Inmet (2021).

O gráfico de termopluviometria foi gerado apenas para a estação meteorológica de Fernandes Pinheiro, monitorada pelo Iapar, devido ser a única estação que disponibiliza os dados de evaporação, precipitação pluviométrica e temperatura. O intervalo dos dados considerado é de 1963 a 2019. Embora seja diferente do período abordado neste estudo, os resultados permitem avaliar as relações entre os parâmetros climáticos.

O Gráfico 5-47 apresenta as médias mensais de cada uma das variáveis consideradas. As precipitações variam pouco ao longo do ano, sendo maiores em meses mais quentes. Já a evaporação manteve-se praticamente constante ao longo dos meses do ano.

**Gráfico 5-47: Termopluviometria da Estação de Fernandes Pinheiro**



Fonte: Iapar (2021).

## Direção e Velocidade do Vento

A Tabela 5-6 apresenta os dados de direção e velocidade do vento, para as estações meteorológicas do Trecho IV. É possível observar que os ventos são mais intensos na região dos municípios de Lapa e Curitiba.

Durante o período avaliado pode-se observar na Tabela 5-6 que nas estações meteorológicas a direção predominante é praticamente constante durante todo o ano, sendo Sudeste (SE) na região de Fernandes Pinheiro e Leste (L) na região de Lapa e Curitiba.

**Tabela 5-6: Médias Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020 – Simepar**

| Mês | Fernandes Pinheiro |    |      | Lapa     |    |      | Curitiba |    |      |
|-----|--------------------|----|------|----------|----|------|----------|----|------|
|     | VV (m/s)           | DP | R    | VV (m/s) | DP | R    | VV (m/s) | DP | R    |
| Jan | 4,2                | SE | 54,0 | 8,1      | L  | 63,7 | 7,2      | L  | 61,9 |
| Fev | 4,2                | SE | 44,6 | 7,6      | L  | 60,5 | 7,1      | L  | 61,2 |
| Mar | 4,0                | SE | 58,0 | 7,7      | L  | 83,5 | 7,1      | L  | 52,9 |
| Abr | 3,8                | SE | 46,1 | 7,3      | L  | 57,2 | 6,5      | L  | 81,4 |
| Mao | 3,6                | SE | 43,2 | 7,4      | L  | 55,1 | 6,7      | L  | 80,6 |
| Jun | 3,4                | NO | 53,6 | 7,2      | NE | 93,6 | 6,3      | NE | 97,9 |
| Jul | 3,7                | SE | 49,0 | 7,8      | NE | 63,0 | 7,1      | NE | 58,3 |
| Ago | 4,2                | SE | 53,6 | 8,6      | L  | 69,1 | 7,3      | L  | 64,1 |
| Set | 4,0                | SE | 69,1 | 9,1      | L  | 93,2 | 7,8      | L  | 70,6 |
| Out | 4,5                | L  | 60,8 | 8,6      | L  | 88,2 | 8,3      | L  | 72,0 |
| Nov | 4,7                | L  | 51,5 | 8,4      | L  | 62,3 | 8,3      | L  | 69,5 |
| Dez | 4,2                | NO | 50,4 | 8,4      | L  | 63,7 | 7,7      | L  | 61,9 |

Fonte: Simepar (2021).

Nota: VV: Velocidade do vento; DP: Direção predominante; R: Rajada de vento.

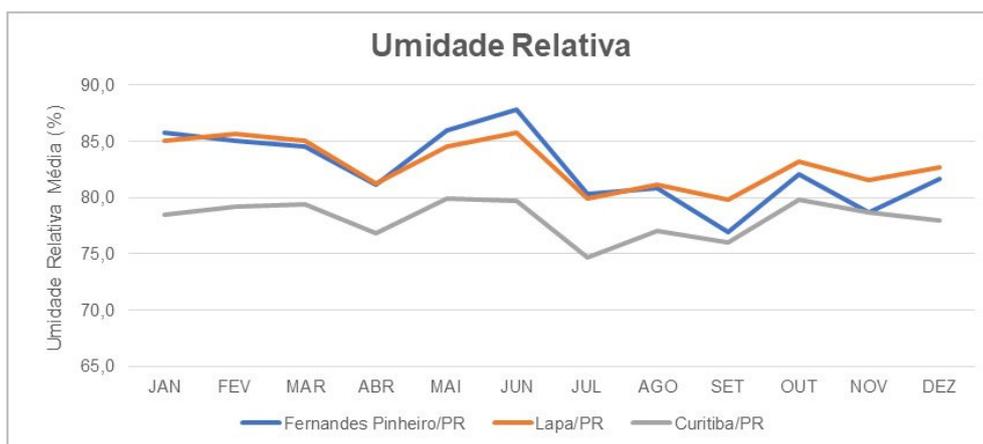
Para a estação meteorológica de Inácio Martins (Inmet), a maior velocidade média foi registrada no mês de maio/2017 (5,95 m/s) e a menor em maio/2016 (0,25 m/s). As médias anuais, do período avaliado, para velocidade do vento não ultrapassaram de 4,0 m/s.

## Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa média entre as estações de Fernandes Pinheiro e Lapa, apresentaram médias maiores que as obtidas na estação de Curitiba. As umidades relativas médias nas estações de Fernandes Pinheiro e Lapa variaram durante os meses do ano entre 76,9% a

87,8% e 79,8% a 85,7%, respectivamente. Para Curitiba, a média da umidade relativa foi de 78,2%. Para a estação localizada no município de Inácio Martins (Inmet), as médias foram obtidas entre 56% a 76,5%.

**Gráfico 5-48: Umidade Relativa no Trecho IV**



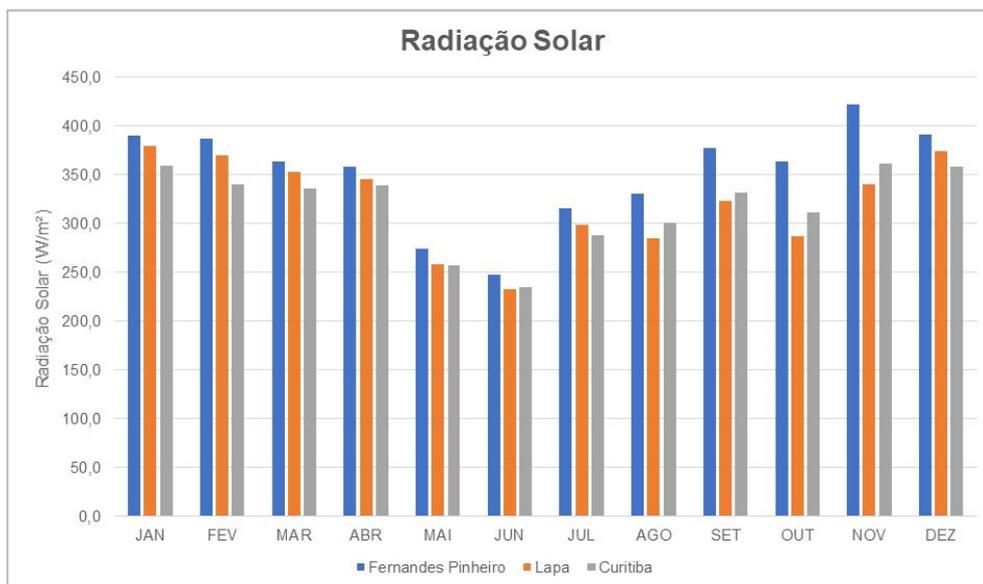
Fonte: Simepar (2021).

### **Radiação Solar**

Para caracterização da radiação solar, foram disponibilizados dados das estações meteorológicas de Fernandes Pinheiro, Lapa e Curitiba. A radiação solar de cada estação, durante o período avaliado, é apresentada no Gráfico 5-49, em que é possível observar que a energia solar é mais intensa durante os meses mais quentes, entre novembro e janeiro. Entre as três estações, as radiações são maiores para a estação meteorológica de Fernandes Pinheiro.

Os maiores valores de radiação solar ocorreram durante o mês de novembro em Fernandes Pinheiro e Curitiba com 422,1 W/m<sup>2</sup> e 361,2 W/m<sup>2</sup>, respectivamente. Na estação de Lapa, a radiação solar foi maior durante o mês de janeiro, com 379,3 W/m<sup>2</sup>.

**Gráfico 5-49: Radiação Solar do Trecho IV**



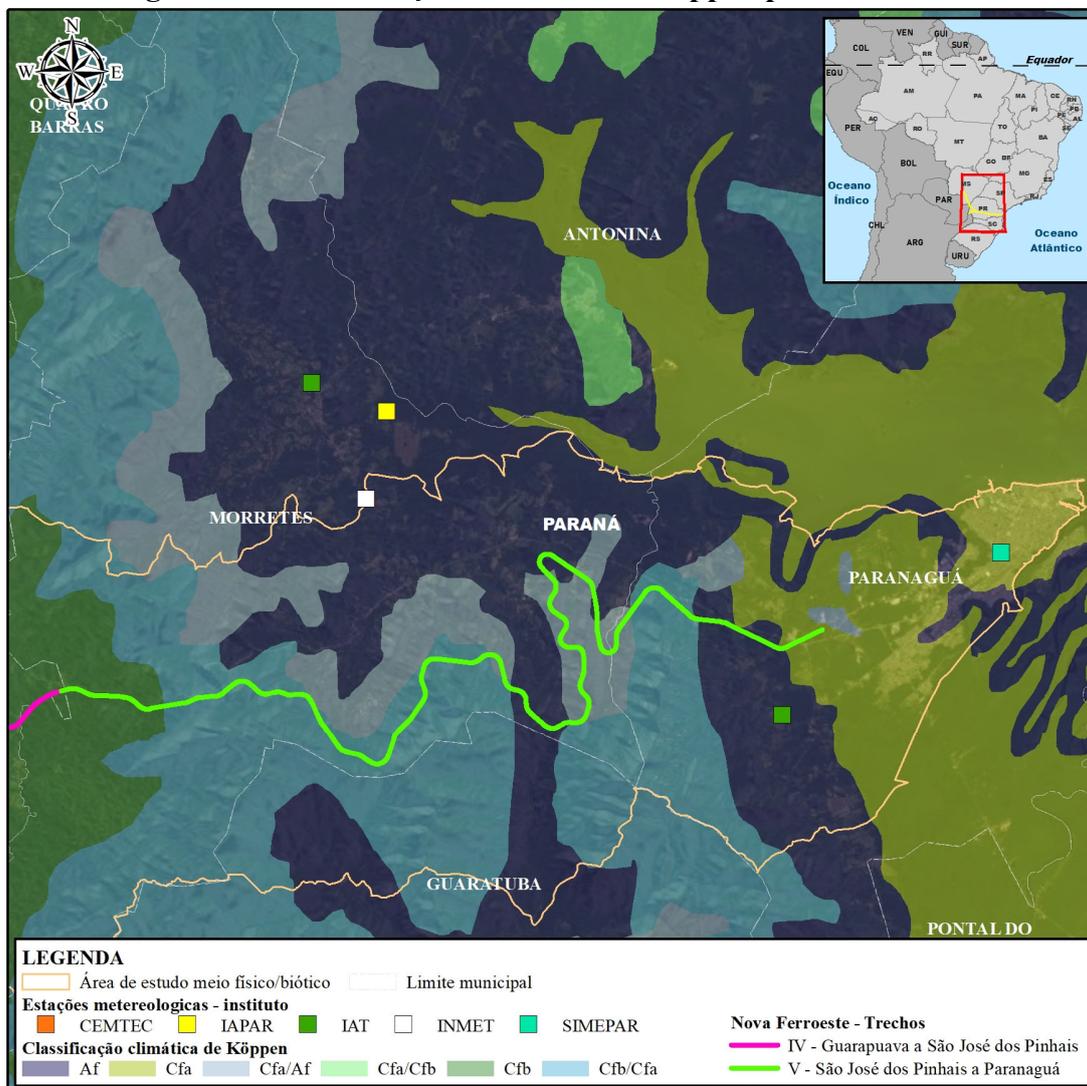
Fonte: Simepar (2021).

### 5.1.2.7 Trecho V

#### Temperatura

A temperatura do Trecho V é caracterizada a partir de dados de duas estações meteorológicas, localizadas nos municípios de Morretes (Inmet) e de Paranaguá (Simepar). O trecho, apesar de sua pequena extensão, apresenta três tipos climáticos de Koppen: Cfa, Cfb e Af, conforme apresenta a Figura 5-2. Vanhoni e Mendonça (2008) destacam que a configuração do relevo da Serra do Mar é o fator mais importante na caracterização climática da costa paranaense, contribuindo para a existência de climas distintos, condicionados pelas diferenças altitudinais e pelas formas topográficas.

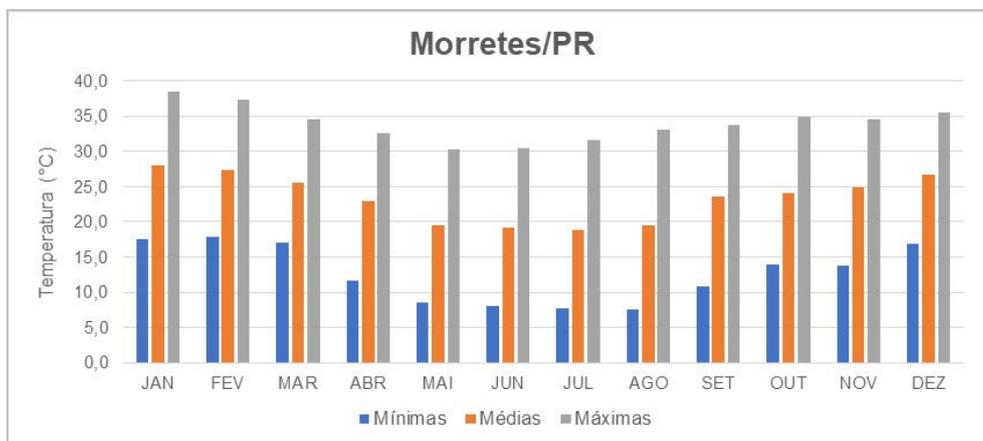
**Figura 5-2: Classificação Climática de Köppen para o Trecho V**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

O Gráfico 5-50 apresenta as mínimas, médias e máximas de temperatura da estação meteorológica de Morretes, sendo sua localização sob o clima de tipo Af, caracterizada por apresentar médias mensais de temperatura superiores a 18°C no mês mais quente. Isso é observado no gráfico a seguir sendo todas as médias, no período avaliado, acima de 20°C. Além disso, as curvas de temperatura são bem definidas durante todos os anos.

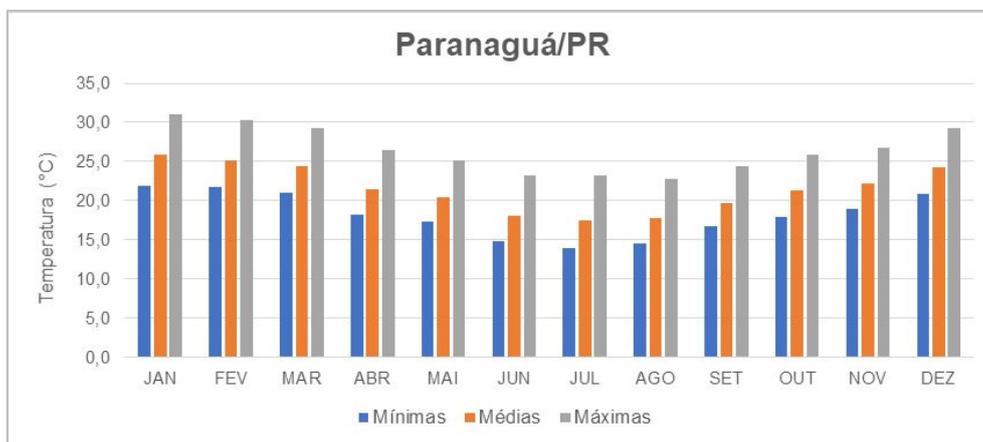
**Gráfico 5-50: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Morretes**



Fonte: Inmet (2021).

O Gráfico 5-51 apresenta as mínimas, médias e máximas de temperatura para a estação meteorológica de Paranaguá, localizada sob o tipo climático Cfa. Durante os meses do inverno é que se identificam as menores médias, devido às massas de ar que atuam sobre a região.

**Gráfico 5-51: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Paranaguá**



Fonte: Inmet (2021).

Em ambas as estações avaliadas nota-se que as médias de temperatura durante o inverno são mais elevadas, quando comparadas com dados de estações meteorológicas localizadas em regiões de maiores altitudes. A menor média registrada foi de 14,2°C em maio de 2016, na estação meteorológica de Morretes.

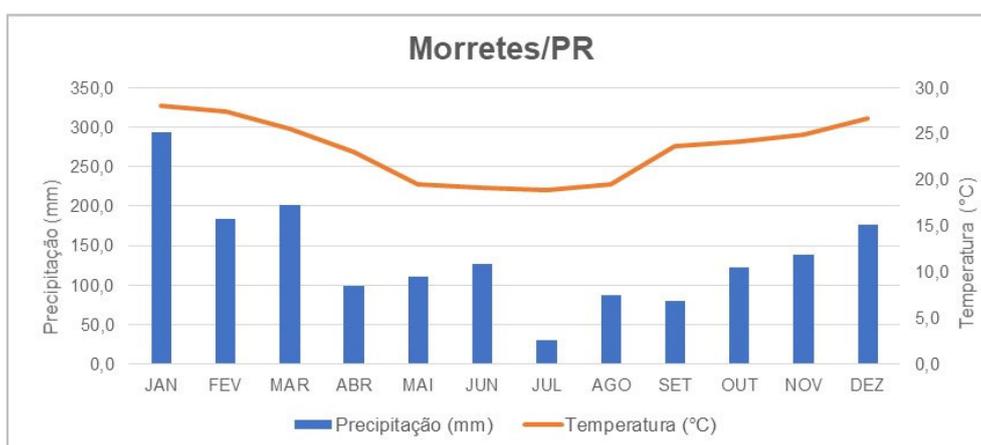
De acordo com Grimm (2009) a amplitude térmica anual no litoral é reduzida em função da influência da corrente marítima quente (corrente do Brasil), aumentando o conteúdo de umidade do ar, relacionado com a superfície mais aquecida do mar.

### Precipitação Pluviométrica

De acordo com as estações meteorológicas de Morretes e Paranaguá a menor precipitação ocorre nos meses com temperaturas mais amenas, entre junho e agosto, e as maiores precipitações ocorrem entre os meses de janeiro e março. Durante o período avaliado neste estudo, de 2016 a 2020, a maior média de precipitação para a estação de Morretes foi de 292,9 mm referente ao mês de janeiro, e para Paranaguá, a maior média mensal foi de 348,6 mm registrada no mês de fevereiro. As menores precipitações ocorreram no mês de setembro de 2020 com apenas 6,8 mm e 33,9 mm, em Morretes e Paranaguá, respectivamente. Os dados apresentados confirmam os tipos climáticos classificados para cada uma das estações meteorológicas deste trecho.

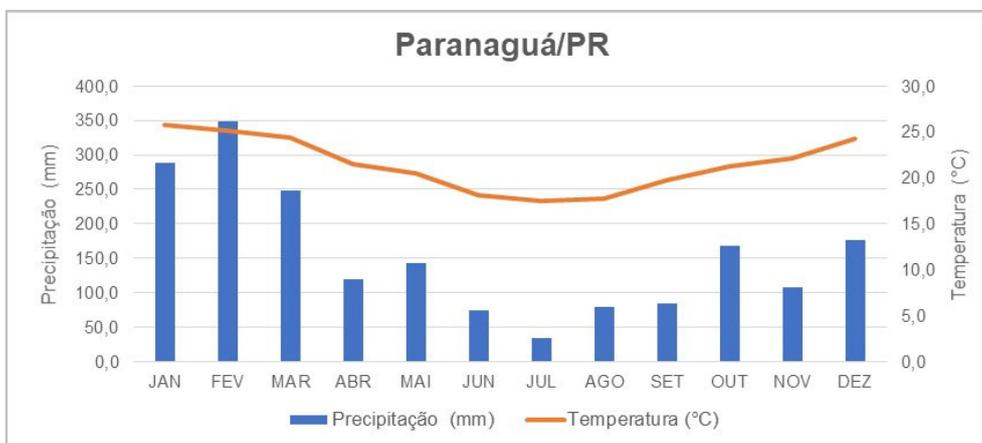
O Gráfico 5-52 e Gráfico 5-53 apresentam as relações entre temperatura e precipitação pluviométrica para as estações de Morretes e Paranaguá.

**Gráfico 5-52: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Morretes**



Fonte: Inmet (2021).

**Gráfico 5-53: Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas da Estação de Paranaguá**



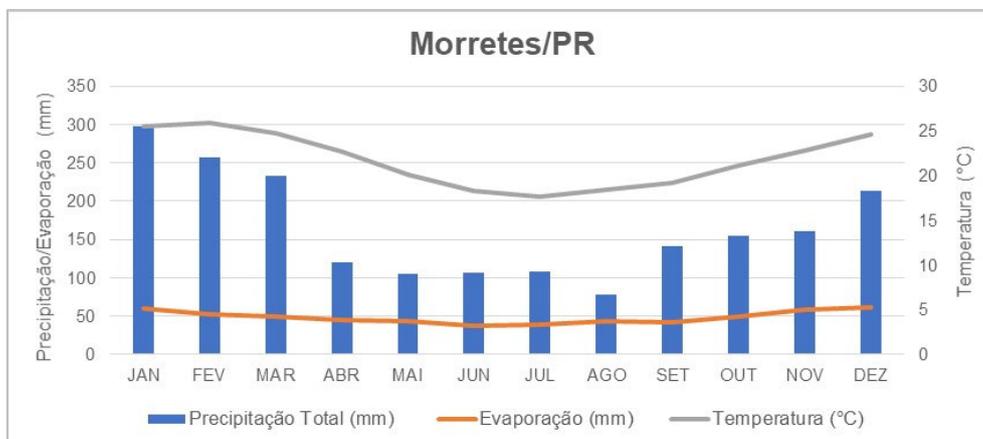
Fonte: Simepar (2021).

O estudo da evapotranspiração é importante na determinação do balanço hídrico de uma região. Além disso, também quantifica, por meio de dados coletados em estações meteorológicas, o vapor de água disponibilizado à atmosfera.

Neste trecho foi elaborado um gráfico termopluiométrico apenas para a estação meteorológica de Morretes, devido à disponibilidade de dados para a Evaporação. Os dados foram obtidos pelo Iapar, sendo utilizada a série histórica referente ao período de 1966 a 2015.

A evaporação apresenta pequena variação entre os meses do ano, sendo em média 48,39 mm. A variação de temperatura é proporcional às precipitações, sendo os meses chuvosos, janeiro e fevereiro, com temperaturas mais elevadas e nos meses mais secos, junho e julho, registram-se as temperaturas mais amenas, atingindo em julho a média de 17,7°C.

**Gráfico 5-54: Gráfico Termopluviométrico para a Estação de Morretes**



Fonte: Iapar (2021).

### Direção e Velocidade do Vento

Para caracterizar o vento do Trecho V foram obtidos dados do Simepar para a estação meteorológica Paranaguá, e do Inmet para a estação de Morretes. A Tabela 5-7 apresenta os dados mensais de vento, bem como a direção predominante.

Os dados da estação de Paranaguá apresentaram uma média anual de 6,9 m/s, enquanto em Morretes foi de 5,2 m/s. Os dados do Simepar apresentaram a média das rajadas de ventos para cada um dos meses do período avaliado. Em relação à direção do vento, nota-se que em Paranaguá a direção predominante é Oeste, ocorrendo durante sete meses do ano. Em Morretes, os dados de direção informam que os ventos são mais amenos, não indicando uma direção predominante durante nove meses do ano.

**Tabela 5-7: Dados Mensais de Ventos para o Período de 2016 e 2020**

| Mês | Estação de Paranaguá (Simepar) |                      |                 | Estação de Morretes (Inmet) |                      |
|-----|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
|     | Velocidade do Vento (m/s)      | Direção Predominante | Rajada de vento | Velocidade do Vento (m/s)   | Direção Predominante |
| Jan | 8,1                            | L                    | 76,7            | 5,0                         | Calmo                |
| Fev | 7,6                            | O                    | 57,6            | 5,4                         | Calmo                |
| Mar | 7,3                            | O                    | 65,2            | 5,0                         | Calmo                |
| Abr | 5,7                            | O                    | 63,0            | 4,6                         | Calmo                |
| Mao | 6,3                            | O                    | 50,0            | 4,1                         | Calmo                |
| Jun | 5,7                            | O                    | 82,8            | 4,9                         | Calmo                |
| Jul | 6,0                            | O                    | 78,8            | 4,9                         | Calmo                |
| Ago | 6,7                            | O                    | 59,8            | 6,3                         | Calmo                |

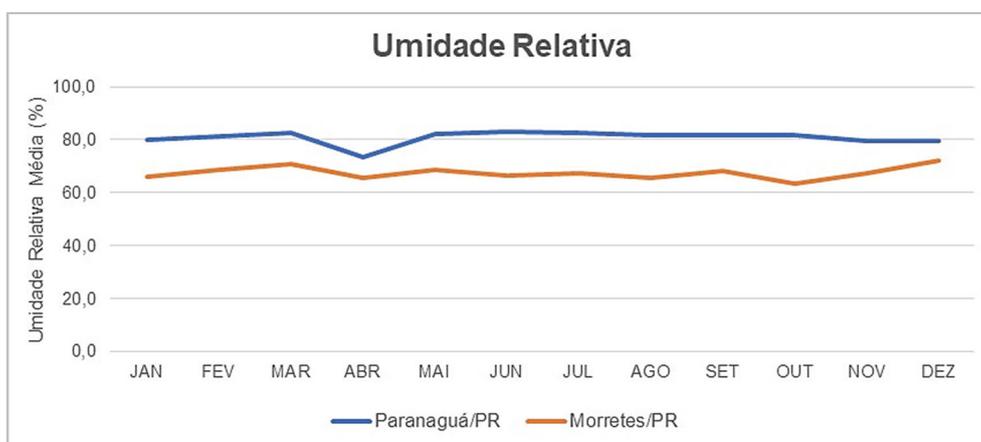
| Mês | Estação de Paranaguá (Simepar) |                      |                 | Estação de Morretes (Inmet) |                      |
|-----|--------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|
|     | Velocidade do Vento (m/s)      | Direção Predominante | Rajada de vento | Velocidade do Vento (m/s)   | Direção Predominante |
| Set | 7,3                            | SE                   | 52,9            | 5,6                         | S                    |
| Out | 6,8                            | SE                   | 70,9            | 5,4                         | E                    |
| Nov | 7,0                            | L                    | 83,5            | 5,4                         | E                    |
| Dez | 6,9                            | L                    | 99,0            | 5,4                         | Calmo                |

Fonte: Inmet e Simepar (2021).

### Umidade Relativa do Ar

As umidades relativas médias das estações meteorológicas de Paranaguá e Morretes, são apresentadas no Gráfico 5-55. Nota-se que a umidade na região de Paranaguá é maior do que em Morretes. A umidade relativa média nas estações de Paranaguá e Morretes variou durante os meses do ano entre 73,3% a 83,2% e entre 63,5% a 72%, respectivamente.

**Gráfico 5-55: Umidade Relativa no Trecho V**



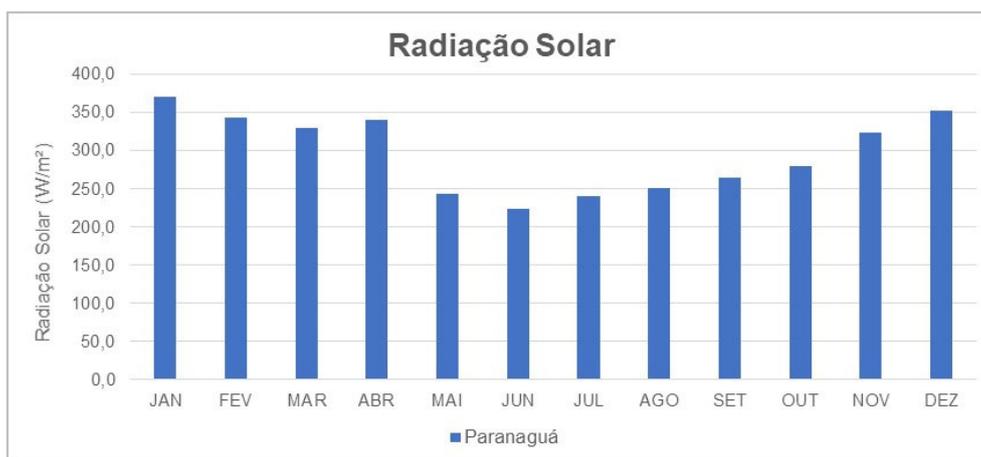
Fonte: Simepar e Inmet (2021).

### Radiação Solar

Para a caracterização da radiação solar, foram disponibilizados apenas os dados da estação de Paranaguá (Simepar). A radiação solar é apresentada no Gráfico 5-56, em que é possível observar que a energia solar é mais intensa durante os meses mais quentes, entre novembro e fevereiro.

O maior valor de radiação solar ocorreu durante o mês de janeiro com média de 370,1 W/m<sup>2</sup>. Em geral, os valores médios de energia solar no Trecho V são inferiores aos outros trechos devido à maior nebulosidade que ocorre nas regiões de serra e litoral paranaense.

**Gráfico 5-56: Radiação Solar no Trecho V**



Fonte: Simepar (2021).

#### 5.1.2.8 Eventos Extremos

A combinação entre ações antrópicas e a intensidade de precipitações pluviométricas em determinadas regiões, pode acarretar grandes desastres ambientais. As precipitações pluviométricas podem ser responsáveis por grandes movimentações de solo, deslizamentos em encostas, perdas de áreas vegetadas, carreamento de rochas e assoreamento áreas a jusante.

A partir de pesquisas bibliográficas realizadas para eventos extremos ocorridos ao longo da extensão da Nova Ferroeste foi possível localizar acontecimentos históricos na região do Trecho IV e do Trecho V.

Em setembro de 2014, após um elevado volume de chuva ocorrido na região de Guarapuava e Prudentópolis/PR, parte do solo da Serra da Esperança cedeu, ocorrendo deslizamentos de terra e rochas. A região é caracterizada pelo relevo escarpado, onde está construída a Rodovia BR-277, principal conexão da região leste com a região oeste do estado do Paraná.

De acordo com o levantamento realizado por Borodiak et al. (2017) as médias de precipitação em Guarapuava e Prudentópolis, geralmente são de 170 mm durante o mês de setembro. Em 2014, a estação de Prudentópolis e a de Guarapuava registraram um total de 307,3 mm e 348,5 mm, respectivamente, sendo em Guarapuava registrados 99,3 mm em apenas um dia. O estudo concluiu que o deslizamento foi resultado da quantidade e intensidade de chuva ocorrida em um pequeno espaço de tempo (quatro a cinco dias) e às modificações antrópicas do local.

Considerando a dinâmica atmosférica e climática do Litoral do Paraná foram levantados episódios históricos do fenômeno El Niño, fenômeno derivado da interação entre o Oceano Pacífico, a atmosfera, a litosfera e a dinâmica sol-terra (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A Tabela 5-8 apresenta os anos de ocorrência do Fenômeno El Niño, de acordo com o CPTEC/Inpe e o Gráfico 5-57 apresenta a precipitação média anual comparada à média histórica nas estações meteorológicas de Paranaguá e Morretes, de acordo com Vanhoni e Mendonça (2008).

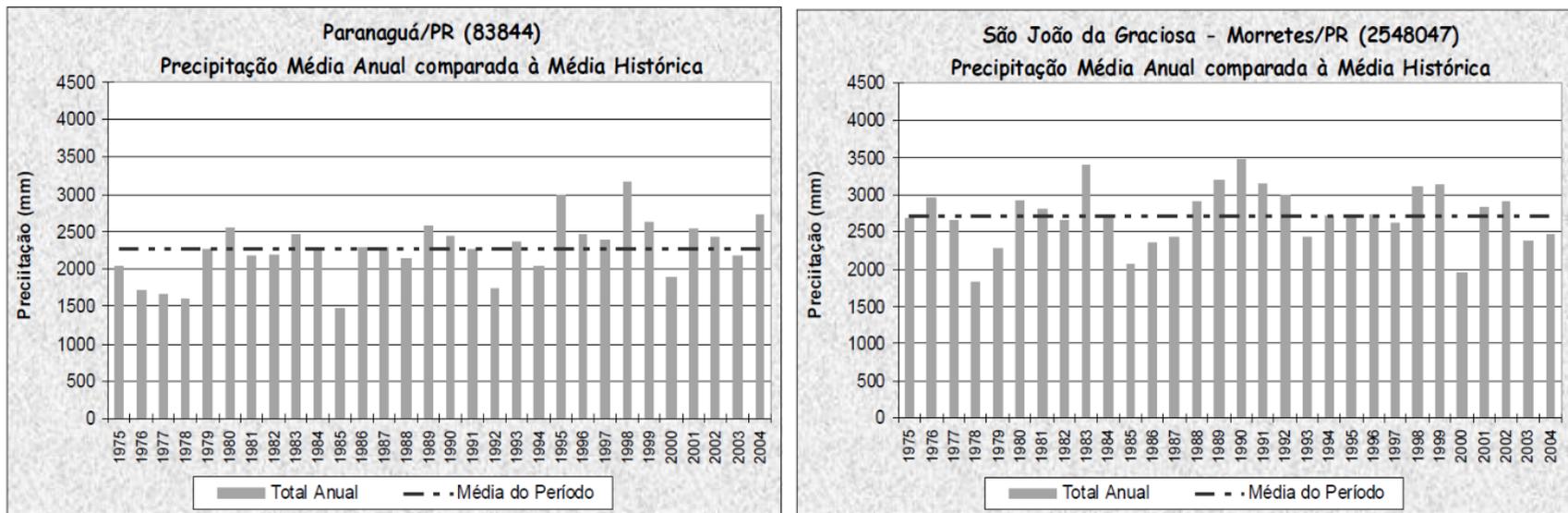
**Tabela 5-8: Episódios do Fenômeno El Niño**

|             |             |
|-------------|-------------|
| 1972 - 1973 | 1976 - 1977 |
| 1977 - 1978 | 1979 - 1980 |
| 1982 - 1983 | 1986 - 1988 |
| 1990 - 1993 | 1994 - 1995 |
| 1997 - 1998 | 2002 - 2003 |
| 2004 - 2005 | 2006 - 2007 |
| 2009 - 2010 | -           |

|         |       |          |       |
|---------|-------|----------|-------|
| Legenda | Forte | Moderada | Fraco |
|---------|-------|----------|-------|

Fonte: Adaptado de CPTEC/Inpe (2021).

**Gráfico 5-57: Precipitação Média Anual Comparada à Média Histórica em Paranaguá e Morretes**



Fonte: Vanhoni & Mendonça (2008).

De acordo com Vanhoni & Mendonça (2008) os períodos de maior intensidade dos fenômenos El Niño, resultaram em variações nos valores de precipitação das estações meteorológicas de Paranaguá e Morretes. Em relação aos dados de Paranaguá, no ano de 1995 a média anual ficou 500 mm acima da média do período, considerando que este ano a intensidade do fenômeno foi considerada moderada. O ano de 1998 foi o que apresentou a maior média, com mais de 800 mm acima da média histórica. É importante salientar que em alguns anos considerados de forte atuação do El Niño, como em 1982-1983 e 1990-1993, os valores apresentaram pouca variação para esta estação. Ao contrário da estação de Paranaguá, a de Morretes apresentou uma maior variação nos anos de 1983 e 1990 com mais de 500 mm acima da média histórica em cada período, mas também apresentou uma variação acima da média no ano de 1998. Esse estudo permitiu concluir uma estreita ligação entre os registros do El Niño com os maiores índices de pluviosidade.

Entre os anos de 2009 a 2010, a região paranaense apresentou influência significativa do fenômeno climático El Niño. Essa ocorrência ocasionou frequentes chuvas, elevando os totais de precipitação em grande parte do Sul do Brasil (GRIMM & TEDESCHI, 2009). Ainda sob influência do fenômeno ocorrido no ano anterior, em 2011 grandes chuvas causaram estragos nos municípios costeiros do estado do Paraná. De acordo com estudo realizado por Amorim et al. (2020), as cidades sofreram com o deslizamento de encostas, enchentes e desabamento de pontes deixando comunidades isoladas, ruas alagadas, além de pedras que rolaram dos morros, entulhos carregados pela correnteza causaram graves problemas nas vias de ligação entre o litoral e o interior do estado. A estação de Morretes registrou 537 mm de chuva entre os dias 10 e 13 de março de 2011, e a estação de Antonina registrou 380 mm, muito acima da média para o mês de março.

O estudo de Amorim et al. (2020) buscou ainda analisar a tendência da intensidade e frequência de Eventos Extremos de precipitação do Percentil 95 (EEP95), para a região da baía de Paranaguá, a partir de dados de 30 anos (janeiro de 1986 a dezembro 2016) da estação meteorológica do Inmet existente em Paranaguá. Os resultados apresentaram o trimestre mais chuvoso como sendo entre janeiro e março, com maiores acumulados diários para o mês de janeiro. Além disso, o autor destaca que os resultados não apresentaram tendência significativa para os EEP95, ou seja, no estudo não foi observado

um aumento de intensidade e frequência dos EEP95, no período de trinta anos. O período de janeiro a março concentrou cerca de 50% dos EEP95, com a frequência de EEP95 diminuindo em anos de La Niña e aumentando em anos de El Niño e neutros.

Conhecido como ciclone extratropical explosivo, o Ciclone Bomba que atingiu a região Sul do Brasil em junho de 2020 resultou em quedas de árvores, energia elétrica e destelhamentos de casas. O evento ocorre quando há uma rápida queda na pressão atmosférica.

Foram registrados ventos fortes e rajadas de até 116 km/h, entre o Paraná e Rio Grande do Sul. Já no litoral paranaense foram notadas agitação marítima e ventos de moderado a forte, acima de 50 km/h, causando apagões e quedas de árvores.

#### **5.1.2.9 Considerações Finais**

Os dados de clima e condições meteorológicas apresentados em cada um dos trechos do empreendimento, permitiram confirmar que as características padrões dos tipos climáticos de Koppen ocorrem na AE.

De acordo com os levantamentos de eventos extremos para a região do empreendimento, pode-se afirmar que há tendências periódicas para as ocorrências extremas. Quando estes eventos ocorrem são registradas alterações, principalmente nos volumes de precipitações pluviométricas, com destaque para o Trecho V deste estudo, devido sua localização no litoral paranaense estar mais sujeita às influências das circulações atmosféricas.

#### **5.1.3 Geomorfologia**

Este diagnóstico tem como objetivo caracterizar a geomorfologia de AE, assim como da ADA, abordando as principais características das unidades geomorfológicas relacionadas com o traçado da futura ferrovia.

O levantamento de campo foi realizado no período de janeiro a julho de 2021, para realizar a caracterização geral da AE e ADA.

Para o estudo da geomorfologia da AE e ADA foram utilizados os seguintes materiais: CPRM (2009), CPRM (2015), IBGE (2009), Ibge (2018), Mineropar (2006) e Mineropar

(2015). Essas referências forneceram as informações vetorizadas e georreferenciadas dos contatos geológicos, assim como as respectivas notas explicativas.

As referências apresentadas forneceram as informações vetorizadas e georreferenciadas dos contatos geomorfológicos, assim como as respectivas notas explicativas.

Ainda, para o presente estudo foi desenvolvido o Apêndice 5-2 - Mapa de Unidades Geomorfológicas e Mapa 5-1 – Unidades da Paisagem.

Os pontos visitados são apresentados no Apêndice 5-2 - Mapa de Unidades Geomorfológicas e na planilha apresentada no Apêndice 5-1.

A caracterização geomorfológica da AE, considerando as formas de relevo, vertentes, morros, altitudes e declividades das áreas atravessadas pela ferrovia, quando associada aos demais levantamentos geológicos e pedológicos, possibilita caracterizar e avaliar os aspectos geotécnicos e as vulnerabilidades associadas ao empreendimento.

As análises dos aspectos geomorfológicos foram realizadas com o auxílio de mapas hipsométricos, de declividade, de unidades geomorfológicas e de imagens de satélite, tais como Srtm e Google Earth.

### **5.1.3.1 Unidades Geomorfológicas**

#### **5.1.3.1.1 Trecho I – Maracaju a Cascavel**

Para a classificação geomorfológica dos diferentes terrenos encontrados na AE da Nova Ferroeste - Trecho I, estado de Mato Grosso do Sul, foi utilizado principalmente o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2018), em conjunto com os arquivos vetoriais 1:250.000 do Mapa Geomorfológico do Brasil, também disponibilizados pelo Ibge (2018). Para o estado do Paraná foi utilizado principalmente o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2006), em conjunto com seus dados vetorizados.

De maneira a melhor organizar as informações provenientes de duas bases diferentes, os estudos da geomorfologia serão separados pelos estados atravessados pelo Trecho I da Nova Ferroeste. A seguir são apresentadas as unidades geomorfológicas identificadas na parte sul-mato-grossense da AE:

- Depósitos Sedimentares Quaternários

Os Depósitos Sedimentares Quaternários são constituídos pelas áreas de acumulação, como por exemplo planícies e terraços de baixa declividade modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais e sub-horizontais. Nessa AE ocorre apenas a Unidade Geomorfológica Planície do Rio Paraná. Nesta unidade podem ser diferenciados os modelados de Planície Fluvial e de Terraços Fluviais.

As Planícies Fluviais representam formas de relevo planas, em que processos de sedimentação superam os de erosão correspondendo às várzeas atuais, sendo locais sujeitos a inundações periódicas.

Os Terraços Fluviais são terrenos de acumulação fluvial de forma plana a levemente inclinada, apresentando um degrau em relação ao leito do rio e às várzeas recentes.

A Planície do Rio Paraná ocorre de forma mapeada na AE apenas na divisa entre o estado do Mato Grosso do Sul e Paraná, no entorno do Rio Paraná (Foto5-1).

**Foto 5-1: Planície do Rio Paraná**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

- **Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas**

As Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas são compostas por planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos. No caso da AE da Nova Ferroeste - Trecho I no estado do Mato Grosso do Sul, este domínio é representado pela Serra de Maracaju, Planalto Sul-mato-grossense e Superfície Rebaixada de Dourados. Todas estas unidades são caracterizadas por conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um lado, por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os de sedimentação.

O intervalo entre a Foto5-2 e a Foto5-5 mostra os domínios identificados no Trecho I – Mato Grosso do Sul.

**Foto 5-2: Planalto Sul-Mato-Grossense (Maracaju)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-3: Planalto Sul-Mato-Grossense (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-4: Superfície Rebaixada de Dourados (Dourados)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-5: Superfície Rebaixada de Dourados (Dourados)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

O Levantamento da Geodiversidade do Estado do Mato Grosso do Sul (CPRM, 2009) identifica as formas de relevo presentes na região. Abaixo, estão descritas as formas de relevo identificadas nas diferentes unidades geomorfológicas mapeadas:

- Domínio das Colinas Amplas e Suaves: relevo de degradação em qualquer litologia, de colinas pouco dissecadas, vertentes convexas, topos amplos e de morfologia tabular ou alongada. Apresenta um sistema de drenagem principal com planícies aluviais relativamente amplas. Tem um predomínio de processos de pedogênese com solos espessos e bem drenados, com geração de rampas de colúvio nas baixas vertentes. Tem amplitude de relevo variando entre 20 e 50 metros, com inclinação das vertentes entre 3° e 10°. Essa forma de relevo ocorre no Planalto Sul-mato-grossense;
- Planaltos: relevo de degradação predominante em rochas sedimentares, ocorrendo como superfícies mais elevadas que os terrenos adjacentes, pouco dissecadas em formas tabulares ou colinas muito amplas. Apresentam sistema de drenagem principal com fraco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Tem predomínio de processos de pedogênese, formando solos espessos e bem drenados com baixa a moderada susceptibilidade à erosão. Podem ocorrer também processos de laterização. A amplitude do terreno varia entre 20 e 50 metros. A inclinação das suas vertentes é de 2° a 5° nos topos planos a

suavemente ondulados. Essa forma de relevo ocorre no Planalto Sul-mato-grossense e Superfície Rebaixada de Dourados;

- Chapadas e Platôs: relevo de degradação em rochas sedimentares ocorrendo como superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos planos ou aplainados. São delimitados por vertentes íngremes e escarpadas, com seus rebordos localizados em cotas elevadas em relação ao seu entorno. Formam solos espessos e bem drenados, com baixa a moderada susceptibilidade à erosão. Tem amplitude de terreno variando entre 0 e 20 m, com superfícies planas no topo, excetuando-se os eixos dos vales fluviais. Essa forma de relevo ocorre na Serra de Maracaju.

Na AE, as formas de relevo de planalto ocorrem nas proximidades de Maracaju e se estendem até o entorno de Juti. A forma de planalto ocorre neste segmento tanto nas rochas da Formação Caiuá como da Formação Serra Geral. O Domínio das Colinas Amplas e Suaves tem grande predominância na AE, iniciando próximo a Juti e se estendendo até o final do Trecho I em Cascavel. Entretanto, no Mato Grosso do Sul esta forma de relevo é sustentada pela Formação Caiuá, ao contrário do Paraná, onde a forma de relevo é sustentada pela Formação Serra Geral.

No estado do Paraná foi utilizado o Mapa Geomorfológico do Paraná para a definição das unidades geomorfológicas presentes na AE do Trecho I. Este trecho está em sua totalidade inserido na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta bacia abrange cerca de 1.600.00 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina.

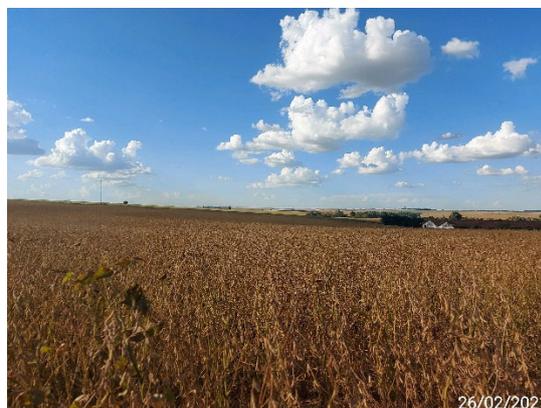
A AE está totalmente inserida na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, subdividida em: Planalto de Campo Mourão, Planalto de Umuarama, Planalto de Cascavel e Planalto de São Francisco. O Planalto de Campo Mourão apresenta baixa dissecação com classe predominante de declividade menor que 6%. As altitudes desta unidade variam entre 240 e 720 metros, formado predominantemente por topos aplainados, vertentes retilíneas e côncavas na base e vales em calha. Este planalto foi identificado na AE e ADA (Foto 5-6 e Foto5-7).

**Foto 5-6: Planalto Campo Mourão  
(Guaira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-7: Planalto Campo Mourão  
(Nova Santa Rosa)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

O Planalto de Umuarama apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 240 e 660 metros, formado predominantemente por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales “V”. O Planalto de Umuarama não se encontra na ADA. O Planalto de Cascavel apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12% (Foto5-8 e Foto5-9). As altitudes desta unidade variam entre 260 e 800 metros, formado com predomínio por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales “V”. Esse planalto foi identificado na AE e ADA.

**Foto 5-8: Planalto de Cascavel  
(Maripá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

**Foto 5-9: Planalto de Cascavel  
(Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

O Planalto de São Francisco apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 280 e 700 metros, formado predominantemente por topos alongados, vertentes convexas e vales “V”, com direções gerais das feições geomorfológicas para NW/SE. O Planalto de São Francisco não se encontra na ADA.

#### **5.1.3.1.2 Trecho II – Foz do Iguaçu a Cascavel**

Para a classificação geomorfológica dos diferentes terrenos encontrados na AE da Nova Ferroeste - Trecho II, foi utilizado principalmente o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, em conjunto com seus dados vetorizados. Segundo Mineropar (2006) a AE no Trecho II está geomorfológicamente inserida na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Essa bacia abrange cerca de 1.600.00 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina. A AE está totalmente inserida na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, subdividida em: Planalto de Cascavel, Planalto do Baixo Iguaçu, Planalto de São Francisco e Planalto de Foz do Iguaçu. Além das unidades citadas, é mapeada a unidade das Planícies Fluviais. Todas estas unidades estão caracterizadas a seguir e foram observadas na ADA e AE.

- Depósitos Sedimentares Quaternários – Planícies Fluviais

Os Depósitos Sedimentares Quaternários são constituídos pelas áreas de acumulação recentes, como por exemplo planícies e terraços de baixa declividade modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais e sub-horizontais. Na AE ocorre a unidade das Planícies Fluviais. As Planícies Fluviais representam formas de relevo planas, em que processos de sedimentação superam os de erosão correspondendo às várzeas atuais. São locais sujeitos a inundações periódicas. Essa unidade é mapeada no encontro dos diversos cursos d’água com o Lago de Itaipu, no limite oeste da área.

- Terceiro Planalto Paranaense

O Planalto de Cascavel apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12%. As altitudes dessa unidade variam entre 260 e

800 metros, formado predominantemente por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales “V” (Foto 5-10 e Foto 5-11).

**Foto 5-10: Planalto de Cascavel (Santa Tereza do Oeste)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-11: Planalto de Cascavel (Santa Tereza do Oeste)**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

O Planalto do Baixo Iguaçu apresenta alta dissecação, com classes de declividade predominantes entre 6% e 30%. As altitudes desta unidade variam entre 220 e 800 metros, formado predominantemente por topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” encaixados, com direções gerais das feições geomorfológicas para NNE/SSW (Foto 5-12 e Foto5-13).

**Foto 5-12: Planalto do Baixo Iguaçu (Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-13: Planalto do Baixo Iguaçu (Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

O Planalto de São Francisco apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 280 e 700

metros, formado predominantemente por topos alongados, vertentes convexas e vales “V”, com direções gerais das feições geomorfológicas para NW/SE (Foto 5-14 e Foto 5-15).

**Foto 5-14: Planalto São Francisco  
(Medianeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-15: Planalto São Francisco  
(Medianeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

O Planalto de Foz do Iguaçu apresenta baixa dissecação, com classe predominante de declividade menor de 6%. As altitudes desta unidade variam entre 120 e 540 metros, formado predominantemente por topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” abertos (Foto 5-16 e Foto 5-17).

**Foto 5-16: Planalto de Foz do Iguaçu  
(São Miguel do Iguaçu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-17: Planalto de Foz do Iguaçu  
(Santa Terezinha do Itaipu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

### 5.1.3.1.3 Trecho III – Cascavel a Guarapuava

Para a classificação geomorfológica dos diferentes terrenos encontrados na AE da Nova Ferroeste - Trecho III foi utilizado principalmente o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, em conjunto com seus dados vetorizados.

Segundo Mineropar (2006), a AE no Trecho III está geomorfológicamente inserida na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. A AE está totalmente inserida na unidade morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, subdividida em: Planalto do Baixo Iguaçu, Planalto de Cascavel, Planalto do Alto/Médio Piquiri, Planalto de Pitanga/Ivaiporã, Planalto de Palmas/Guarapuava e Planalto do Foz do Areia.

- Terceiro Planalto Paranaense

O Planalto do Baixo Iguaçu apresenta alta dissecação, com classes de declividade predominantes entre 6% e 30%. As altitudes desta unidade variam entre 220 e 800 metros, formado predominantemente por topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” encaixados, com direções gerais das feições geomorfológicas para NNE/SSW. Este planalto foi identificado apenas na AE.

O Planalto de Cascavel apresenta dissecação média com declividades predominantemente menores que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 260 e 800 metros, formado predominantemente por topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales “V” (Foto 5-18 e Foto 5-19). Este planalto foi identificado na ADA e AE.

**Foto 5-18: Planalto de Cascavel  
(Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-19: Planalto de Cascavel  
(Guaraniaçu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

O Planalto do Alto/Médio Piquiri apresenta dissecação média, com classe predominante de declividade entre 12 e 30%. As altitudes desta unidade variam entre 280 e 1220 metros, formado predominantemente por topos alongados e isolados, vertentes convexas e convexo-côncavas e vales em “U” aberto (Foto 5-20 e Foto5-21). Este planalto foi identificado na ADA e AE.

**Foto 5-20: Planalto do Alto/Médio Piquiri (Nova Laranjeiras)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-21: Planalto Cascavel (entre Marquinho e Laranjeiras do Sul)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

O Planalto de Pitanga/Ivaiporã apresenta dissecação média, com classe predominante de declividade menor que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 320 e 1300 metros, formado predominantemente por topos alongados, vertentes convexas e vales em “V” (Foto5-22 e Foto5-23). Esse planalto foi identificado na ADA e AE.

**Foto 5-22: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Goioxim)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-23: Planalto de Pitanga/Ivaiporã (Goioxim)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

O Planalto de Palmas/Guarapuava apresenta dissecação baixa, com classe predominante de declividades menor que 6%. As altitudes desta unidade variam entre 520 e 1360 metros, formado predominantemente por topos aplainados, vertentes retilíneas e convexas e vales em “U” (Foto5-24 e Foto5-25). Este planalto foi identificado na ADA e AE.

**Foto 5-24: Planalto de Palmas /  
Guarapuava (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-25: Planalto de Palmas /  
Guarapuava (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

O Planalto do Foz do Areia apresenta dissecação alta, com classe predominante de declividade entre 12 e 30%. As altitudes desta unidade variam entre 400 e 1340, formado predominantemente por topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus, com direções gerais das feições geomorfológicas para NW/SE. Esse planalto foi identificado apenas na AE.

#### **5.1.3.1.4 Trecho IV – Guarapuava a São José dos Pinhais**

Para a classificação geomorfológica dos diferentes terrenos encontrados na AE da Nova Ferroeste - Trecho IV foi utilizado principalmente o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, em conjunto com seus dados vetorizados.

Segundo Mineropar (2006) a AE no Trecho IV está geomorfológicamente dividida nas Unidades Morfoestruturais do Cinturão Orogênico do Atlântico, a leste de Balsa Nova, e na Bacia Sedimentar do Paraná, a oeste desta mesma cidade. Localmente existem ocorrências da unidade morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas e

Depressões Tectônicas, principalmente localizadas nas calhas dos grandes rios do Primeiro e Segundo Planalto Paranaense.

- Cinturão Orogênico do Atlântico

O Cinturão Orogênico do Atlântico ocorre desde o Uruguai até o norte da Bahia, sendo um dos mais extensos do Brasil. Sua gênese está associada a vários ciclos geotectônicos, acompanhados de sedimentação, metamorfismo regional, falhamentos, dobramentos e extensas intrusões.

Inserido no Cinturão Orogênico do Atlântico, ocorrem as seguintes Unidades Morfológicas: Serra do Mar Paranaense, Blocos Soerguidos da Serra do Mar, Planalto de Curitiba, Planalto do Alto Iguaçu, Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto, Planalto Dissecado de Tunas do Paraná e Planalto Dissecado do Alto Ribeira. As Unidades Serra do Mar Paranaense, Blocos Soerguidos da Serra do Mar, Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto, Planalto Dissecado de Tunas do Paraná e Planalto Dissecado do Alto Ribeira foram identificadas apenas na AE, enquanto o Planalto de Curitiba e Planalto do Alto Iguaçu foram identificados na AE e ADA.

A unidade Serra do Mar Paranaense apresenta alta dissecação, com declividades predominantemente entre 12 e 30%. Apresenta uma diferença de altitude de 1320 metros, variando entre 20 e 1340 metros acima do nível do mar. Predominam as formas de topos alongados e em cristas com vertentes retilíneas em vales em “V” encaixados. Essa unidade é modelada sobre as rochas da Suíte Álcali-Granitos e do Complexo Gnáissico-Migmatítico, com a direção geral da morfologia variando entre NE-SW, N-S e NW-SE.

A unidade denominada Blocos Soerguidos da Serra do Mar apresenta uma declividade predominante entre 30 e 47% e, conseqüentemente, dissecação muito alta. Apresenta altitudes variando entre 320 e 1360 metros, predominando formas de topos alongados em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” fechado. Essa unidade está modelada em litologias da Suíte Álcali-Granitos, com direções preferenciais variando entre NNE-SSW, N-S e SW-SE.

O Planalto de Curitiba está situado no Primeiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação média, com as classes predominantes de declividade menores que 6% e entre

6 e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 560 e 1240 metros, predominando formas de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”. A morfologia tem direção preferencial variando entre N-S e NW-SE, modelada em rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

O intervalo entre a Foto5-26 e a Foto5-31 representa o Planalto de Curitiba.

**Foto 5-26: Planalto de Curitiba  
(Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-27: Planalto de Curitiba  
(Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-28: Planalto de Curitiba (São  
José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

**Foto 5-29: Planalto de Curitiba (São  
José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-30: Planalto de Curitiba  
(São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-31: Planalto de Curitiba  
(São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

O Planalto do Alto Iguaçu está situado no Primeiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, com as classes predominantes de declividade menores que 6%. Apresenta uma variação de altitude entre 860 e 980 metros, predominando formas de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto. A morfologia tem direção preferencial variando entre N-S, modelada em rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

O intervalo entre a Foto5-32 e a Foto5-34 representa o Planalto do Alto Iguaçu.

**Foto 5-32: Planalto do Alto Iguaçu  
(Araucária)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-33: Planalto do Alto Iguaçu  
(Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-34: Planalto do Alto Iguaçu (São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

A unidade Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto está situada no Primeiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação muito alta, com as classes predominantes de declividade entre 12% e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 820 e 1320 metros, predominando formas de topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” fechado. A morfologia tem direção preferencial variando entre NE-SW, N-S e NW-SE, modelada em rochas da Suíte Álcali-Granitos.

A unidade Planalto Dissecado de Tunas do Paraná está situada no Primeiro Planalto Paranaense, e apresenta dissecação alta. As classes predominantes de declividade são menores que 6% ou estão entre 12% e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 640 e 1.400 metros, predominando formas de topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” encaixado. A morfologia tem direção preferencial variando entre NE-SW e NW-SE, modelada em rochas da Formação Capiru.

- Bacia Sedimentar do Paraná

A Bacia Sedimentar do Paraná. Esta bacia abrange cerca de 1.600.00 km<sup>2</sup>, estendendo-se pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina.

A AE do Trecho IV está dividida entre as unidades morfoesculturais do Segundo e do Terceiro Planalto Paranaense. No Segundo Planalto Paranaense são identificadas as subunidades Planalto de Ponta Grossa, Planalto de São Luís do Purunã, Planalto de Guatá, Planalto de São Mateus do Sul, Planalto de Irati, Planalto de Prudentópolis e Planaltos Residuais da Formação Serra Geral. No Terceiro Planalto Paranaense são identificadas as subunidades Planalto de Pitanga/Ivaiporã, Planalto do Foz do Areia e Planalto de Palmas/Guarapuava.

As subunidades Planalto de São Luís do Purunã e Planalto de São Mateus do Sul foram identificadas apenas na AE, enquanto as demais se encontram na AE e ADA. As subunidades citadas são descritas a seguir.

A unidade Planalto de Ponta Grossa está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação média, com as classes predominantes de declividade menores que 12%. Apresenta uma variação de altitude entre 780 e 980 metros, predominando formas de topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em “U” encaixado. A morfologia tem direção preferencial NW-SE, modelada em rochas do Grupo Itararé.

O intervalo entre a Foto5-35 e a Foto5-38 representa o Planalto de Ponta Grossa.

**Foto 5-35: Planalto de Ponta Grossa  
(Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-36: Planalto de Irati  
(Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-37: Planalto de Ponta Grossa  
(Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-38: Planalto de Irati (Lapa  
/Eng. Bley)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/03/2021.

A unidade Planalto de São Luís do Purunã está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, com as classes predominantes de declividade menores que 6%. Apresenta uma variação de altitude entre 780 e 1300 metros, predominando formas de topos aplainados, vertentes convexas e vales em calha muito encaixados. A morfologia tem direção preferencial NW-SE, modelada em rochas da Formação Furnas.

A unidade Planalto de Guatá está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação alta, com as classes predominantes de declividade entre 6% e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 780 e 1000 metros, predominando formas de topos alongados, vertentes retilíneas e vales em “V”. Estes planaltos são modelados em rochas do Grupo Guatá e Itararé.

A Foto5-39 e a Foto5-40 representam a unidade Planalto de Guatá.

**Foto 5-39: Planalto de Guatá  
(Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-40: Planalto de Guatá  
(São João do Triunfo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

A unidade Planalto de São Mateus do Sul está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, com as classes de declividade predominantes menores que 6%. Apresenta uma variação de altitude entre 760 e 1.000 metros, predominando formas de topos aplainados, vertentes retilíneas e vales em “V”. Esses planaltos são modelados em rochas da Formação Teresina, Palermo e Serra Alta.

A unidade Planalto de Irati está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação média, com as classes de declividade predominantes menores que 6%. Apresenta uma variação de altitude entre 760 e 980 metros, predominando formas de topos alongados e isolados, vertentes côncavas e vales em “U”. A morfologia tem direção preferencial NW-SE, modelada em rochas da Formação Teresina.

A Foto5-41 e a Foto5-42 ilustram o Planalto de Irati.

**Foto 5-41: Planalto de Irati (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-42: Planalto de Irati (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

A unidade Planalto de Prudentópolis está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, com as classes de declividade predominantes menores que 6%. Apresenta uma variação de altitude entre 580 e 1.040 metros, predominando formas de topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V”. A morfologia tem direção preferencial NW-SE, modelada em rochas da Formação Teresina.

A Foto5-43 e a Foto5-44 apresentam o Planalto de Prudentópolis identificado apenas na AE.

**Foto 5-43: Planalto de Prudentópolis (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-44: Planalto de Prudentópolis (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

A unidade Planaltos Residuais da Formação Serra Geral está situada no Segundo Planalto Paranaense e apresenta dissecação alta, com as classes de declividade predominantes entre 12% e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 760 e 1.220 metros,

predominando formas de topos alongados aplainados, vertentes convexo-côncavas e vales em “V”. A morfologia tem direção preferencial NW-SE, modelada em rochas da Formação Rio do Rasto.

A Foto5-45 e a Foto5-46 representam os Planaltos Residuais da Formação Serra Geral.

**Foto 5-45: Planaltos Residuais da Formação Serra Geral (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-46: Planaltos Residuais da Formação Serra Geral (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

O Planalto de Pitanga/Ivaiporã está situado no Terceiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação média, com classe predominante de declividade menor que 12%. As altitudes desta unidade variam entre 320 e 1.300 metros, formado predominantemente por topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”.

A Foto5-47 e a Foto5-48 representam o Planalto de Pitanga/Ivaiporã.

**Foto 5-47: Planalto de  
Pitanga/Ivaiporã (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

**Foto 5-48: Planalto de  
Pitanga/Ivaiporã (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

O Planalto Foz do Areia está situado no Terceiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação alta, com classe predominante de declividade entre 12 e 30%. As altitudes desta unidade variam entre 400 e 1.340, formado predominantemente por topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus, com direções gerais das feições geomorfológicas para NW/SE.

A seguir são apresentadas fotos representando do Planalto Foz do Areia.

**Foto 5-49: Planalto do Foz do Areia  
(Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

**Foto 5-50: Planalto do Foz do Areia  
(Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

O Planalto de Palmas/Guarapuava está situado no Terceiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, com classe predominante de declividades menor que 6%. As

altitudes desta unidade variam entre 520 e 1.360 metros, formado predominantemente por topos aplainados, vertentes retilíneas e convexas e vales em “U”.

- Unidade Morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas

A Unidade Morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas é representada exclusivamente pela subunidade morfoescultural denominada Planícies Fluviais. Apresenta baixa dissecação, com predominância de declividades inferiores a 6%.

#### **5.1.3.1.5 Trecho V – São José dos Pinhais a Paranaguá**

Para a classificação geomorfológica dos diferentes terrenos encontrados na AE da Nova Ferroeste - Trecho V, foi utilizado principalmente o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, em conjunto com seus dados vetorizados.

Segundo Mineropar (2006) a AE no Trecho V está geomorfológicamente dividida nas Unidades Morfoestruturais do Cinturão Orogênico do Atlântico, a oeste, e nas Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas, a leste.

O Cinturão Orogênico do Atlântico ocorre deste o Uruguai até o Norte da Bahia, sendo um dos mais extensos do Brasil. Sua gênese está associada à vários ciclos geotectônicos, acompanhados de sedimentação, metamorfismo regional, falhamentos, dobramentos e extensas intrusões.

Inserido no Cinturão Orogênico do Atlântico, ocorrem as seguintes Unidades Morfológicas: Planalto de Curitiba, Blocos Soerguidos da Serra do Mar, Serra do Mar Paranaense e Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas. Os Blocos Soerguidos da Serra do Mar foram identificados apenas na AE, enquanto os demais apresentam-se também na ADA.

As Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas se encontram entre a Serra do Mar, e a Planície Litorânea. Apresentam declividade predominante entre 6 e 30% e, conseqüentemente, alta dissecação, com altitudes variando entre 200 e 600 metros acima do nível do mar. Predominam as formas de topos alongados em cristas e rampas dissecadas, com vertentes

retilíneas e vales em “V”. Esta unidade é modelada sobre as rochas da Suíte Álcali-Granitos e do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

A Foto5-51 representa as Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas.

**Foto 5-51: Rampas de Pré Serra e Serras Isoladas (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

A unidade Serra do Mar Paranaense apresenta alta dissecação, com declividades predominantemente entre 12 e 30%. As declividades mais elevadas (30 – 47%) também são significativas. Apresenta uma diferença de altitude de 1.320 metros, variando entre 20 e 1.340 metros acima do nível do mar. Predominam as formas de topos alongados e em cristas com vertentes retilíneas, em vales em “V” encaixados. Essa unidade é modelada sobre as rochas da Suíte Álcali-Granitos, e do Complexo Gnáissico-Migmatítico, com a direção geral da morfologia variando entre NE-SW, N-S e NW-SE.

A Foto5-52 e a Foto5-53 representam a unidade Serra do Mar.

**Foto 5-52: Serra do Mar (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-53: Serra do Mar (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

A unidade denominada Blocos Soerguidos da Serra do Mar apresenta uma declividade predominante entre 30 e 47% e, conseqüentemente, dissecação muito alta. Apresenta altitudes variando entre 320 e 1.360 metros, predominando formas de topos alongados em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” fechado. Essa unidade está modelada em litologias da Suíte Álcali-Granitos, com direções preferenciais variando entre NNE-SSW, N-S e SW-SE.

O Planalto de Curitiba está situado no Primeiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação média, com as classes predominantes de declividade menores que 6% e entre 6 e 30%. Apresenta uma variação de altitude entre 560 e 1240 metros, predominando formas de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”. A morfologia tem direção preferencial variando entre N-S e NW-SE, modelada em rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

A seguir são apresentadas fotos representando o Planalto de Curitiba.

**Foto 5-54: Planalto de Curitiba  
(Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-55: Planalto de Curitiba  
(Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

A Unidade Morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas e Depressões Tectônicas é representada exclusivamente pela subunidade morfoescultural denominada Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas. Apresenta baixa dissecação, com predominância de declividades inferiores a 6%. As altitudes dessa unidade variam entre o nível do mar, e 200 metros de altitude. Predominam as formas de planícies de restinga e flúvio marinhas, terraços arenosos, dunas e praias, modeladas em sedimentos marinhos e fluviomarinhos.

O intervalo entre a Foto5-56 e a Foto5-59 exhibe registros da Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas.

**Foto 5-56: Planície Litorânea e  
Planícies Fluvio-Marinhas (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-57: Planície Litorânea e  
Planícies Fluvio-Marinhas (Paranaguá  
– Estrada do Morro Inglês)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-58: Planície Litorânea e  
Planícies Fluvio-Marinhas  
(Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-59: Planície Litorânea e  
Planícies Fluvio-Marinhas  
(Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

### 5.1.3.2 Unidades da Paisagem

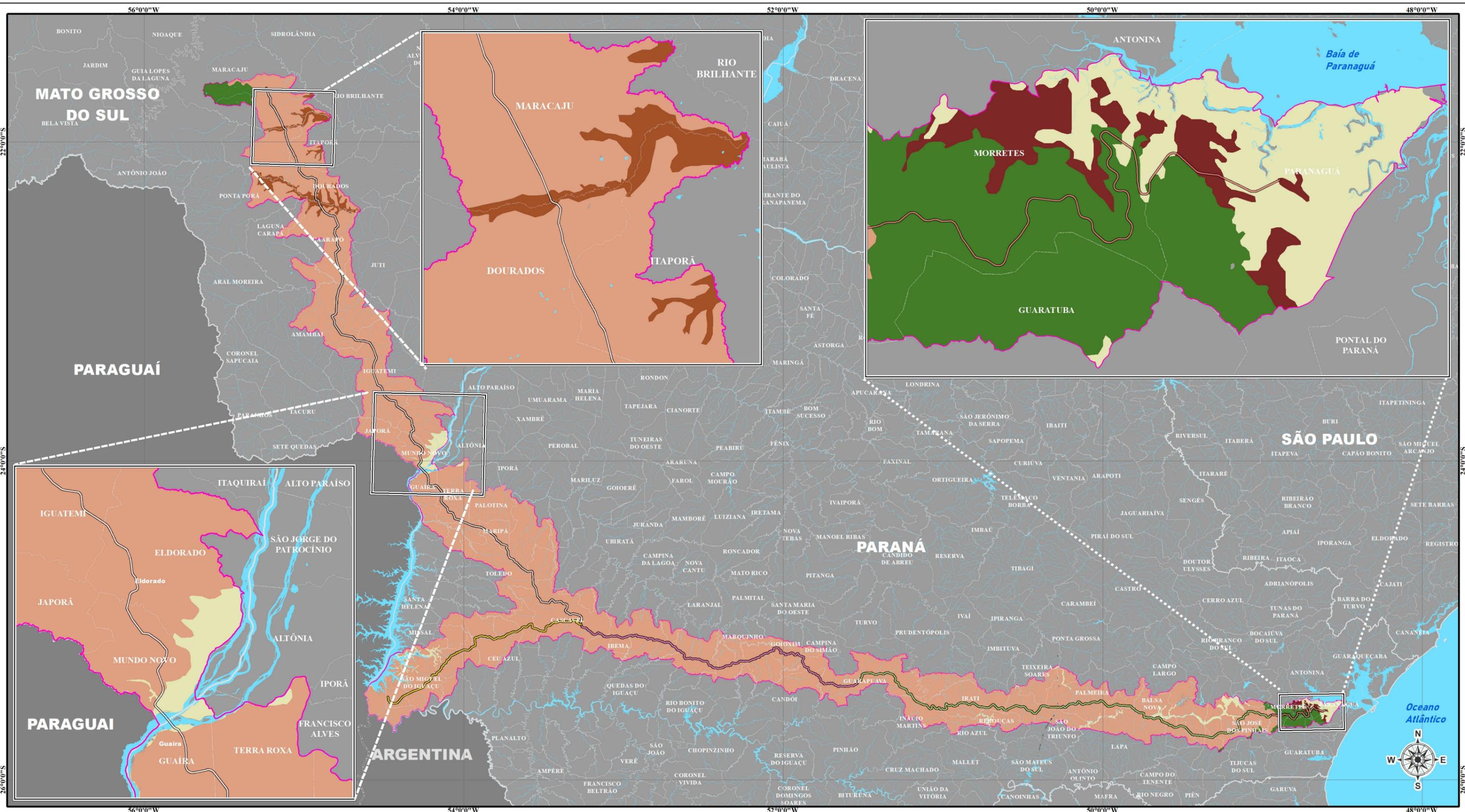
As Unidades de Paisagem, de acordo com Guerra & Marçal (2006) são definidas por aspectos do meio físico (fenômenos naturais), que englobam os aspectos sociais e econômicos (fenômenos antrópicos), que associados, representam a paisagem modificada ou não.

No caso das Unidades de Paisagem aqui definidas, essas foram baseadas nos aspectos físicos e antrópicos. As Unidades de Paisagem estão representadas no Mapa 5-1 - Unidades da Paisagem, sendo importante destacar que a correlação mencionada, no que tange à relação da geomorfologia com outros aspectos naturais (geologia e pedologia, por exemplo), foram apresentados no item referente às Unidades Geomorfológicas.

Sendo assim, foram definidas quatro Unidades de Paisagem na AE, que são indicadas a seguir.

- Planaltos: no Paraná os planaltos são divididos em primeiro, segundo e terceiro:
  - Primeiro Planalto: Planalto Dissecado de Tunas do Paraná, Planalto Dissecado do Alto Ribeira, Planalto de Curitiba, Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto Paranaense e Planalto do Alto Iguaçu;

- Segundo Planalto: Planalto de Irati, Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, Planalto de São Mateus do Sul, Planalto de Guatá, Planalto de Ponta Grossa e Planalto de Prudentópolis; e
- Terceiro Planalto: Planalto de Campo Mourão, Planalto do São Francisco, Planalto de Cascavel, Planalto Pitanga/Ivaiporã, Planalto de Palmas/Guarapuava, Planalto de Umuarama, Planalto do Baixo Iguaçu.
- Planaltos: no Mato Grosso do Sul são representados pelo Planalto Sul-mato-grossense;
- Serra do Mar: Serra do Mar Paranaense, Rampas de Pré-Serra e Serras Isoladas e Blocos Soerguidos da Serra do Mar; e
- Planícies: Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas, Planícies Fluviais, Planície do Rio Paraná.



**LEGENDA**

- Área de estudo - meios físico e biótico
- Limite municipal
- Limite estadual
- Limite internacional

**Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste**

**Divisão de trechos - meio biótico**

- I - Maracaju a Cascavel
- II - Foz do Iguaçu a Cascavel
- III - Cascavel a Guarapuava
- IV - Guarapuava a São José dos Pinhais
- V - São José dos Pinhais a Paranaguá

**Unidades de paisagem**

- Planalto
- Planície
- Rampa
- Serra
- Superfície Rebaixada

agosto/2021  
ESCALA 1:2.500.000

0 25 50 100 km

Projeção polícônica  
Datum horizontal: SIRGAS 2000.  
Datum vertical: Marégrafo Imbituba, SC.



|   |   |
|---|---|
| <b>5-1</b>  | <b>UNIDADES DE PAISAGEM</b>                       |
| <b>EMPREENDEDOR</b><br>Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (SEIL)  |   |
| <b>EMPREENDIMENTO</b><br>Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste  |   |
| <b>FONTE DADOS</b><br>Áreas de estudo: FIPE, 2021; Nova Ferroeste: GOV-PR, 2021;<br>Limite estadual e cidades: IBGE, 2020; Imagem: Basemap, ESRI;<br>Unidades de paisagem: adaptado de IBGE e MINEROPAR 2006. |   |
| <br>GOVERNO DO ESTADO<br>SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO<br>URBANO E DE OBRAS PÚBLICAS  | <br>Fundação Instituto de<br>Pesquisas Econômicas |

### 5.1.3.3 Propensão à Ocorrência de Processos Erosivos ou de Assoreamento e Inundações Sazonais

A análise de propensão a ocorrência de processos erosivos ou de assoreamento e inundações sazonais em estudos ferroviários, tem como objetivo identificar áreas críticas onde possa ocorrer intervenções na ferrovia e também em seu entorno. Essa análise deve considerar diversos parâmetros do meio físico, entre eles a declividade do terreno e as características do solo.

As informações referentes à hipsometria e declividade na AE são representadas através do Apêndice 5-3 - Mapa de Hipsometria, e Apêndice 5-4 - Mapa de Declividade.

Devido à amplitude altimétrica total na AE ser de 1.477 metros, para geração da carta de hipsometria foram criadas trinta classes de altitude, cada qual com 50 metros de amplitude, as quais iniciaram-se entre 0-50m e finalizaram em 1.450-1.477m para a AE.

Considerando a hipsometria da ADA, a altitude máxima classificada foi de 1.300 m e pode-se observar sua distribuição na Tabela 5-9.

**Tabela 5-9: Hipsometria da ADA**

| Trecho                        | Hipsometria | Área (ha) |
|-------------------------------|-------------|-----------|
| I - Maracajú a Cascavel       | 200 - 250 m | 150,09    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 250 - 300 m | 322,10    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 300 - 350 m | 550,61    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 350 - 400 m | 1.052,49  |
| I - Maracajú a Cascavel       | 400 - 450 m | 1.145,95  |
| I - Maracajú a Cascavel       | 450 - 500 m | 460,59    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 500 - 550 m | 75,61     |
| I - Maracajú a Cascavel       | 550 - 600 m | 103,96    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 600 - 650 m | 59,39     |
| I - Maracajú a Cascavel       | 650 - 700 m | 288,48    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 700 - 750 m | 136,99    |
| I - Maracajú a Cascavel       | 750 - 800 m | 58,62     |
| I - Maracajú a Cascavel       | 800 - 850 m | 33,95     |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel | 200 - 250 m | 41,12     |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel | 250 - 300 m | 120,57    |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel | 300 - 350 m | 240,24    |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel | 350 - 400 m | 120,81    |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel | 400 - 450 m | 120,39    |

| <b>Trecho</b>                          | <b>Hipsometria</b> | <b>Área (ha)</b> |
|--|--------------------|------------------|
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 450 - 500 m        | 23,30            |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 500 - 550 m        | 21,20            |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 550 - 600 m        | 37,99            |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 600 - 650 m        | 157,82           |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 650 - 700 m        | 233,00           |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 700 - 750 m        | 254,47           |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 750 - 800 m        | 84,48            |
| II - Foz do Iguaçu a Cascavel          | 800 - 850 m        | 46,14            |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 750 - 800 m        | 39,46            |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 800 - 850 m        | 243,55           |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 850 - 900 m        | 654,98           |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 900 - 950 m        | 352,97           |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 950 - 1000 m       | 470,59           |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 1000 - 1050 m      | 205,37           |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 1050 - 1100 m      | 7,17             |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 1100 - 1150 m      | 0,22             |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 750 - 800 m        | 32,61            |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 800 - 850 m        | 392,74           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 850 - 900 m        | 881,70           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 900 - 950 m        | 838,60           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 950 - 1000 m       | 192,89           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1000 - 1050 m      | 116,70           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1050 - 1100 m      | 116,57           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1100 - 1150 m      | 176,46           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1150 - 1200 m      | 205,64           |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1200 - 1250 m      | 36,81            |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 1250 - 1300 m      | 5,67             |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 0 - 50 m           | 111,13           |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 50 - 100 m         | 33,20            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 100 - 150 m        | 41,70            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 150 - 200 m        | 26,14            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 200 - 250 m        | 20,56            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 250 - 300 m        | 32,71            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 300 - 350 m        | 15,95            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 350 - 400 m        | 25,49            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 400 - 450 m        | 26,66            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 450 - 500 m        | 28,87            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 500 - 550 m        | 16,84            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 550 - 600 m        | 31,88            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 600 - 650 m        | 21,17            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 650 - 700 m        | 21,47            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 700 - 750 m        | 20,24            |

| Trecho                               | Hipsometria | Área (ha)        |
|--------------------------------------|-------------|------------------|
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 750 - 800 m | 25,76            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 800 - 850 m | 16,36            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 850 - 900 m | 10,21            |
| <b>Total</b>                         |             | <b>11.437,42</b> |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Já o Apêndice 5-4 – Mapa de Declividade foi gerado em decorrência de sua significativa importância na avaliação geotécnica do terreno, pois a inclinação da sua superfície afeta diretamente a velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água e conseqüentemente o regime hídrico, o potencial de erosão/deposição e muitos outros processos importantes na formação dos solos (SILVEIRA, 2010). A análise das classes de declividades para cada unidade homogênea frente aos possíveis tipos de ocupação, é uma ferramenta capaz de contribuir para projetos de planejamento urbano e regional.

Foram criadas cinco classes com diferentes porcentagens de declive, seguindo a proposta de Embrapa (1999 e 2006), sendo: 0-3% (relevo plano); 3-8% (relevo suave ondulado); 8-20% (relevo ondulado); 20-45% (relevo forte ondulado) e maior de 45% (relevo montanhoso e escarpado).

A hierarquia das classes de declividade, classificação dos tipos de relevo e suas respectivas vulnerabilidades geoambientais consideradas no presente estudo, são indicadas na Tabela 5-10.

**Tabela 5-10: Classificação de Declividade, Relevo e Vulnerabilidade Ambiental**

| Classes de Declividade (%) | Classes de Relevo | Hierarquia de Vulnerabilidade |
|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 0-3%                       | Plano             | Muito baixa                   |
| 3-8%                       | Suave Ondulado    | Baixa                         |
| 8-20%                      | Ondulado          | Moderada                      |
| 20-45%                     | Forte Ondulado    | Alta                          |
| >45%                       | Montanhoso        | Muito alta                    |

Fonte: Adaptado de Embrapa (1999) e Embrapa (2006).

De modo geral, quanto maior a declividade, associada a outros fatores como geologia, cobertura vegetal, ocupação, maior será a vulnerabilidade ambiental.

A seguir é apresentada a Tabela 5-11 com a declividade identificada na ADA e suas respectivas classes de relevo e classificação quanto à vulnerabilidade ambiental, onde áreas com maior declividade (>45%) possuem maior potencial para escorregamentos, áreas com declividade entre 8-20% possuem maior potencial erosivo, e em áreas com menor declividade a propensão para inundações é maior.

No item 5.1.4.2.1 – Suscetibilidade a Movimentos de Massa Gravitacionais, Erosão e Inundações é apresentada a análise detalhada.

**Tabela 5-11: Declividades na ADA**

| Trecho                                 | Classes de Declividade (%) | Classes de Relevô      | Hierarquia de Vulnerabilidade | Área     |       |
|--|----------------------------|------------------------|-------------------------------|----------|-------|
|  |                            |                        |                               | ha       | %     |
| I - Maracaju a Cascavel                | 0-3%                       | Plano                  | Muito baixa                   | 1.006,27 | 22,67 |
| I - Maracaju a Cascavel                | 3-8%                       | Suave Ondulado         | Baixa                         | 2.727,20 | 61,44 |
| I - Maracaju a Cascavel                | 8-20%                      | Ondulado               | Moderada                      | 696,29   | 15,69 |
| I - Maracaju a Cascavel                | 20-45%                     | Forte Ondulado         | Alta                          | 9,06     | 0,20  |
| I - Maracaju a Cascavel                | >45%                       | Montanhoso / Escarpado | Muito alta                    | 0,00     | 0,00  |
| II - Foz do Iguau a Cascavel           | 0-3%                       | Plano                  | Muito baixa                   | 155,25   | 10,34 |
| II - Foz do Iguau a Cascavel           | 3-8%                       | Suave Ondulado         | Baixa                         | 732,88   | 48,81 |
| II - Foz do Iguau a Cascavel           | 8-20%                      | Ondulado               | Moderada                      | 542,54   | 36,13 |
| II - Foz do Iguau a Cascavel           | 20-45%                     | Forte Ondulado         | Alta                          | 70,73    | 4,71  |
| II - Foz do Iguau a Cascavel           | >45%                       | Montanhoso / Escarpado | Muito alta                    | 0,14     | 0,01  |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 0-3%                       | Plano                  | Muito baixa                   | 128,48   | 6,51  |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 3-8%                       | Suave Ondulado         | Baixa                         | 547,76   | 27,74 |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 8-20%                      | Ondulado               | Moderada                      | 833,69   | 42,23 |
| III - Cascavel a Guarapuava            | 20-45%                     | Forte ondulado         | Alta                          | 448,57   | 22,72 |
| III - Cascavel a Guarapuava            | >45%                       | Montanhoso / Escarpado | Muito alta                    | 15,84    | 0,80  |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 0-3%                       | Plano                  | Muito baixa                   | 404,10   | 13,49 |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 3-8%                       | Suave Ondulado         | Baixa                         | 820,30   | 27,38 |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 8-20%                      | Ondulado               | Moderada                      | 1.325,60 | 44,24 |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | 20-45%                     | Forte Ondulado         | Alta                          | 404,48   | 13,50 |
| IV - Guarapuava a São José dos Pinhais | >45%                       | Montanhoso / Escarpado | Muito alta                    | 41,91    | 1,40  |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá   | 0-3%                       | Plano                  | Muito baixa                   | 23,08    | 4,4   |

| Trecho                               | Classes de Declividade (%) | Classes de Relevo      | Hierarquia de Vulnerabilidade | Área             |              |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|
|                                      |                            |                        |                               | ha               | %            |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 3-8%                       | Suave Ondulado         | Baixa                         | 40,02            | 7,6          |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 8-20%                      | Ondulado               | Moderada                      | 99,09            | 18,8         |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | 20-45%                     | Forte ondulado         | Alta                          | 269,61           | 51,2         |
| V - São José dos Pinhais a Paranaguá | >45%                       | Montanhoso / Escarpado | Muito alta                    | 94,52            | 18,0         |
| <b>Total</b>                         |                            |                        |                               | <b>11.437,42</b> | <b>100,0</b> |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

## 5.1.4 Geologia e Geotecnia

### 5.1.4.1 Geologia

Devido à grande extensão da AE, fez-se necessário sua segmentação em cinco trechos que foram caracterizados tendo como base principal os mapeamentos realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2009; CPRM, 2015), por Mineropar (2006) e estudos científicos/técnicos elaborados no âmbito de instituições governamentais e de ensino, que serviram de apoio a este estudo, tais como o apresentado em Lacerda Filho et al. (2006) onde apresenta um texto explicativo sobre a geologia do estado do Mato Grosso do Sul, e para o estado do Paraná, uma síntese sobre a geologia regional atribuído ao documento editado por Mineropar (Serviço Geológico do Paraná) em 2015 e pelo levantamento de campo.

O levantamento de campo foi realizado no período de janeiro a julho de 2021 para realizar a caracterização geral da AE, conferência dos limites das unidades geológicas, relevo, litologias, intemperismo, estruturas, potencial erosivo, ocorrência de movimentos de massa, entre outros. Os pontos visitados são apresentados no Apêndice 5-2 - Mapa de Unidades Geomorfológicas e na planilha apresentada no Apêndice 5-1.

Este diagnóstico tem como objetivo caracterizar a geologia de AE, assim como da ADA, abordando as principais características das unidades geológicas relacionando com o traçado da futura ferrovia.

Para o estudo da geologia da AE da Nova Ferroeste foram utilizados os seguintes materiais: Cprm (2009), Cprm (2015), Mineropar (2006) e Mineropar (2015). Essas referências forneceram as informações vetorizadas e georreferenciadas dos contatos geológicos, assim como as respectivas notas explicativas.

Para a descrição das unidades litológicas foi utilizada a delimitação da AE do meio físico, sendo descritas apenas as unidades litológicas abrangidas na mesma.

De modo geral, no início do traçado (Trecho I) encontra-se a Formação Serra Geral pertencente ao Grupo São Bento, com passagem pela Formação Caiuá do Grupo Bauru, seguindo no traçado até Guarapuava (Trecho III), incluindo o ramal Foz do Iguaçu -

Cascavel (Trecho II), onde também se encontra a Formação Serra Geral constituída pela Cordilheira Alta.

A partir de Guarapuava (Trecho IV) se iniciam os grupos pertencentes à Bacia do Paraná, sendo que entre Guarapuava e Irati encontram-se formações do Grupo Passa Dois (Formação Teresina e Rio do Rasto), entre os municípios de Irati e Rebouças as Formações Irati e Serra Alta. Em Fernandes Pinheiro são encontradas as formações do Grupo Guatá, Formação Palermo e até São João do Triunfo, a Formação Rio Bonito.

Entre São João do Triunfo e Lapa na divisa com o município de Balsa Nova, encontra-se o Grupo Itararé com as Formações Rio do Sul e Campo Tenente, passando por um pequeno trecho da Formação Furnas pertencente ao Grupo Paraná.

Em contato com o último grupo citado, inicia-se a região constituída pelas rochas mais antigas do estado denominado Escudo Paranaense, que abrange todo o primeiro Planalto e o Litoral.

Neste trecho, o Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro é predominante até São José dos Pinhais, com passagens pela Formação Guabirotuba próximo a Curitiba (Trecho IV), e entre as Serras Altas e Morretes (Trecho V), encontram-se Migmatitos e a Formação Guaratubinha.

A partir deste ponto até o final do traçado (Trecho V), encontram-se os granitos e da Serra do Mar Paranaense e os depósitos litorâneos, fluviomarinhos, aluvionares e coluviais holocênicos.

Nas margens dos rios principais encontram-se depósitos aluvionares holocênicos, de origem fluvial normalmente compostos por materiais areno-argilosos a cascalhosos não consolidados, não raro com acumulações de argilas de baixo suporte em áreas mal drenadas

Na Tabela 5-12 é apresentada a coluna estratigráfica das principais unidades geológicas presentes na AE da Nova Ferroeste, baseada em Milani (1997).

O Apêndice 5-5 - Mapa Geológico apresenta as principais formações geológicas da AE.

**Tabela 5-12: Coluna Estratigráfica**

| Éon                              | Era  | Período               | Época  | Unidade Geológica      |
|----------------------------------|--|-----------------------|--|------------------------|
| Fanerozóico                      | Cenozóico  | Quaternário           | Holoceno                                     | Depósitos Tecnogênicos |
|                                  |  |                       |  | Sedimentos Recentes    |
|                                  |  | Neogeno               | Pleistoceno                                  | Formação Guabirota     |
|                                  |  |                       | Mioceno                                      | Formação Alexandra     |
|                                  | Mesozóico  | Cretáceo              | Formação Caiuá                               |                        |
|                                  |  |                       | Formação Serra Geral e intrusivas Associadas |                        |
|                                  |  | Jurássico             | Formação Botucatu                            |                        |
|                                  | Paleozóico   | Permiano              | Formação Rio do Rasto                        |                        |
|                                  |  |                       | Formação Teresina                            |                        |
|                                  |  |                       | Formação Serra Alta                          |                        |
|                                  |  |                       | Formação Irati                               |                        |
|                                  |  |                       | Formação Palermo                             |                        |
|                                  |  |                       | Formação Rio Bonito                          |                        |
|                                  |  | Carbonífero           | Grupo Itararé                                |                        |
|                                  | Devoniano  | Formação Furnas       |  |                        |
|                                  | Cambriano  | Formação Guaratubinha |  |                        |
|                                  | Proterozóico Superior  | Formação Camarinha    |  |                        |
| Suíte Álcali-granitos            |  |                       |  |                        |
| Grupo Açungui                    |  |                       |  |                        |
| Arqueano - Proterozóico Inferior | Complexo Cachoeira   |                       |  |                        |
|                                  | Complexo Metamórfico Indiferenciado Complexo Granítico Gnáissico |                       |  |                        |
|                                  | Complexo Granítico Gnáissico                                     |                       |  |                        |
|                                  | Complexo Gnáissico Migmatítico                                   |                       |  |                        |
|                                  | Complexo Metamórfico Indiferenciado                              |                       |  |                        |

Fonte: Adaptado de Milani (1997).

#### 5.1.4.1.1 Trecho I – Maracaju a Cascavel

O Trecho I está inserido no contexto das Bacias Sedimentares Fanerozóicas, mais especificamente da Bacia do Paraná e da Bacia Bauru.

Na porção da AE situada no estado do Mato Grosso do Sul, há uma predominância das rochas do Formação Serra Geral e do Formação Caiuá. Localmente, ocorrem Depósitos Aluvionares quaternários, com maior destaque nas margens do rio Paraná. Já no estado do Paraná o Trecho I se encontra em sua totalidade sobre as rochas do Formação Serra

Geral, com ocorrências de depósitos aluvionares associados aos corpos hídricos, como o rio Paraná.

O Trecho I caracteriza-se por apresentar, em geral, relevo suave, com intensa atividade agrícola.

As diferentes unidades geológicas presentes na AE, Trecho I, serão descritas a seguir, da mais recente para a mais antiga.

- Sedimentos Recentes

Na escala analisada, a área localizada na várzea do rio Paraná, na divisa entre Mato Grosso do Sul e Paraná, tem como substrato predominante a unidade dos Sedimentos Recentes. Esta unidade é representada por materiais sedimentados, em diferentes ambientes deposicionais ao longo do Holoceno. Na AE ocorre o ambiente de deposição fluvial.

A unidade dos Sedimentos Recentes de deposição fluvial é representada pelos aluviões, distribuídos nas calhas dos rios. São constituídos por siltes e argilas, em partes turfosas e areias de diversas granulações, podendo ocorrer inclusive leitos de cascalho com predomínio de seixos de quartzo e quartzito, bem selecionados e arredondados.

A seguir são apresentadas fotografias (Foto5-60 a Foto5-65) representando os principais depósitos de sedimentos recentes.

**Foto 5-60: Sedimentos Recentes no Córrego Itaipá (Amambai)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-61: Sedimentos Recentes no Rio Maracaí (Iguatemi)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-62: Sedimentos Recentes no Rio Iguatemi (Eldorado)**



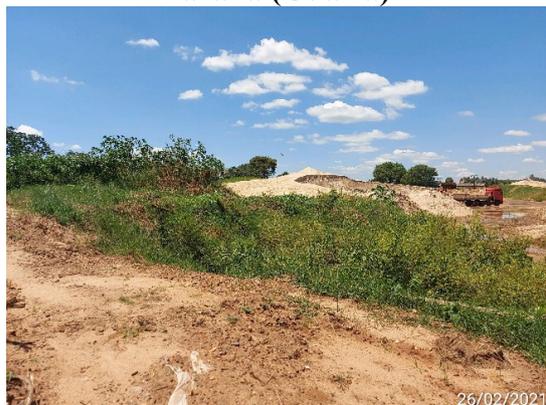
Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-63: Sedimentos Recentes no Rio Paraná (Mundo Novo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-64: Sedimentos Recentes no Rio Paraná (Guaira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-65: Sedimentos Recentes Formando Ilha no Rio Paraná (entre Mundo Novo e Guaira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

- Formação Caiuá

A Formação Caiuá, também classificada como Grupo Caiuá, representa a cobertura sedimentar sobre o vulcanismo basáltico da Formação Serra Geral com espessuras de até 250 metros. É composta de arenitos friáveis, finos a médios, as vezes grossos, avermelhados e arroxeados, em grandes pacotes planares com estratificação plano-paralela e cruzada. Em menor proporção, ocorrem arenitos maciços e também intercalações com leitos de argila. Na base da unidade ocorre conglomerado polimítico.

A Formação Caiuá tem como origem, uma sequência de depósitos eólicos localizados na porção interna da Bacia Bauru.

A Foto5-66 e a Foto5-67 apresentam fotografias representando os principais depósitos da Formação Caiuá.

**Foto 5-66: Sedimentos da Formação Caiuá (Maracaju)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

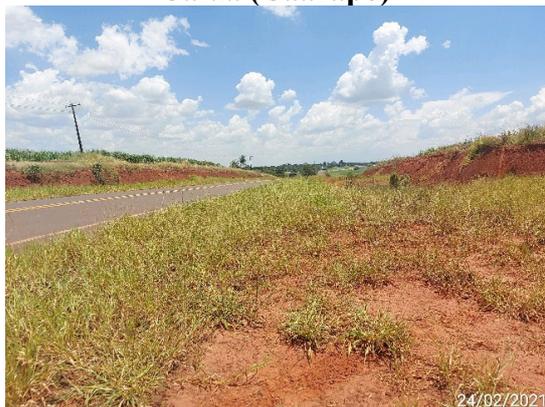
**Foto 5-67: Corte Utilizado para Retirada de Solo (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

Em virtude da característica friável tem alto potencial erosivo, conforme será detalhado no item Geotecnia. Na sequência são apresentadas fotos com as principais características da Formação Caiuá identificadas na AE e ADA (Foto5-68 a Foto5-71).

**Foto 5-68: Cortes ao Lado da Rodovia MS-156, Sedimentos da Formação Caiuá (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-69: Detalhes do Corte ao Lado da MS-156 (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-70: Sedimentos da Formação Caiuá (Amambai)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-71: Voçoroca na Rodovia MS-180 (Iguatemi)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

- Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é composta por derrames principalmente de composição básica e, secundariamente, ácida e intermediária. Estes derrames ocorreram durante o processo de fragmentação do continente Gondwana, através de eventos vulcânicos de caráter fissural, de idades entre 135 e 110 milhões de anos. Podem alcançar espessuras registradas de até 1.664 metros.

A Formação Serra Geral está inserida no contexto estratigráfico do Grupo São Bento, da Bacia do Paraná. Constituída essencialmente por rochas ígneas vulcânicas, principalmente basaltos toleíticos e andesitos basálticos e, secundariamente, riolitos e riodacitos. É comum também a ocorrência de diques e *sills* de composição toleítica e riodacítica (MINEROPAR, 2006). A textura apresentada por essas rochas é afanítica e microcristalina com estruturas maciças e vesículo-amigdaloidais. Outras estruturas comuns nos derrames basálticos são: contatos interderrames e zonas de basalto vesicular e amigdaloidal. O topo do derrame é caracterizado pela presença de amígdalas

preenchidas por calcita, quartzo e zeólitas. De acordo com Cprm (2015) e Mineropar (2006), as rochas do magmatismo Serra Geral concentram-se na região centro-sul do Brasil e ao longo das fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina com espessura máxima em torno de 1.720 m junto ao depocentro da bacia.

A Formação Serra Geral é composta por camadas de sucessivos derrames basálticos, com espessuras variando de 30m a 40m. Tal formação ocupa grande parte do município de Guarapuava e reúne rochas efusivas básicas toleíticas, compostas por basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, variando de cinzentos a pretos. De modo geral, as rochas dessa formação possuem baixa vulnerabilidade ao intemperismo e à erosão, apresentando como principal entrave ao uso e ocupação do solo a presença de solos litólicos e de afloramentos de rochas, principalmente em zonas de relevo ondulado e montanhoso com declividades acima de 20%. De acordo com o estudo da Mineropar (1987), é comum que a erosão e a decomposição seletiva das rochas basálticas ressaltem na topografia as unidades de derrames, o que pode formar verdadeiras escarpas representadas por áreas com a declividade mencionada (>20%) as quais são delimitadas por quebras de relevo positivas e negativas, aproximadamente coincidentes com os planos de contato entre os derrames.

O Basalto é uma rocha rica em minerais ferromagnesianos e pobre em quartzo, de textura fina e maciça, formando camadas horizontalizadas com grande homogeneidade geomecânica lateral. Entretanto, no contato entre os derrames pode haver discontinuidades mecânicas e hidráulicas, que podem potencializar desestabilizações e surgências d'água em taludes de corte.

No geral é uma unidade que não apresenta problemas geotécnicos significativos, sendo que o basalto apresenta elevada resistência à compressão e alta capacidade de suporte. Apesar da alta competência do basalto, caso este apresente vazios em sua matriz preenchidos ou não, conhecidos como amígdalas e vesículas, respectivamente, a sua resistência à compressão é diminuída consideravelmente. Há de se observar esta característica principalmente em fundações de obras de arte especiais. Também existem ocorrência dos chamados *intertraps*, que são camadas de arenitos entre os derrames basálticos. Os *intertraps* podem oferecer grande resistência a perfuração e escavação devido ao seu “cozimento” nas altas temperaturas dos derrames.

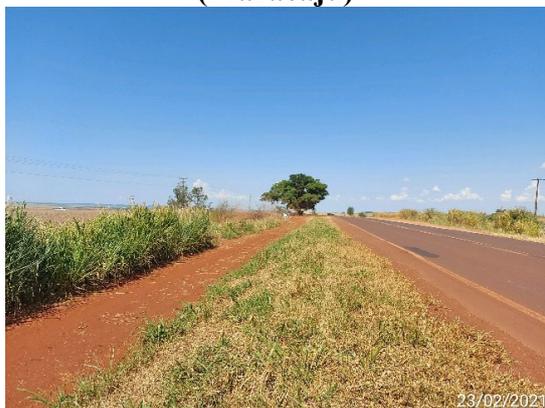
Já o solo derivado dos basaltos, que ocorrem principalmente nas áreas de relevos aplainados a suaves ondulados, tem um baixo potencial erosivo e para movimentos de massa. O manto de alteração nestes relevos é profundo e de fácil escavabilidade. Além disso, independentemente de sua composição argilosa ou argilo-siltosa tem boa capacidade de compactação, entretanto, são bastante plásticos quando molhados. São solos de baixa erodibilidade natural, mantêm boa estabilidade em taludes e são bons materiais de empréstimo, porém, podem conter argilominerais expansivos quando pouco evoluídos pedologicamente contribuindo para o aumento de sua erodibilidade. Nos locais onde o relevo é muito plano, e com escoamento superficial e subsuperficial precários, podem ocorrer solos orgânicos moles próximos aos corpos d'água.

O basalto tem potencial para uso como brita, contudo, devido ao grande manto de alteração nos terrenos mais planos, tem maiores possibilidades de estarem aflorando ou em baixa profundidade nos relevos mais acidentados.

No Mato Grosso do Sul essa unidade se distribui na região centro-sul do estado e em áreas restritas às calhas dos rios da região nordeste. No Paraná, devido a estudos mais detalhados, a unidade Serra Geral foi classificada como Grupo, individualizando as fácies identificadas. Entretanto, estas subunidades não serão descritas por fugirem do objetivo do presente relatório.

Na sequência são apresentadas fotos com as principais características da Formação Serra Geral na AE e ADA (Foto5-72 a Foto5-79).

**Foto 5-72: Início do Trecho I, Solo de Origem da Formação Serra Geral (Maracaju)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-73: Presença de Blocos de Basalto Arredondados (Maracaju)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-74: Corte com Perfil de Solo de Origem da Formação Serra Geral (Dourados)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-75: Detalhe do Perfil de Solo (Dourados)**



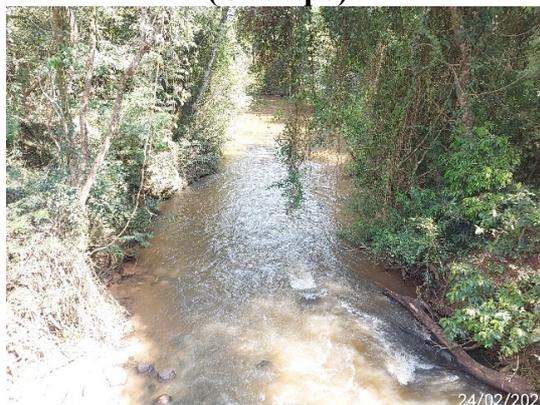
Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-76: Blocos e Matacões de Basalto (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-77: Leito do Córrego Saju com Presença de Blocos de Basalto (Caarapó)**



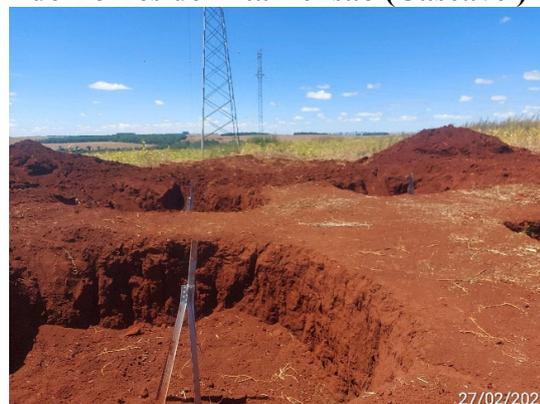
Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-78: Formação Serra Geral (Maripá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

**Foto 5-79: Escavações para Fundações de Torres de Alta Tensão (Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

#### 5.1.4.1.2 Trecho II – Foz do Iguaçu a Cascavel

O Trecho II da Nova Ferroeste, compreendido entre os municípios de Foz do Iguaçu (Santa Terezinha de Itaipu) e Cascavel, no Paraná, está inserido no contexto do Terceiro Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. A AE atravessa exclusivamente a unidade geológica denominada Formação Serra Geral, já descrita no Trecho I.

A rocha principal é o basalto, de coloração preto a cinza escuro, fino a afanítico, maciço e com raras amígdalas. Os afloramentos identificados em campo foram do tipo rocha sã, rochas alteradas (saprólitos), blocos e matacões arredondados, com estrutura do tipo esfoliação esferoidal e solo residual de basalto.

Na sequência são apresentadas fotos com as principais características da Formação Serra Geral na AE e ADA (Foto5-80 a Foto5-87).

**Foto 5-80: Blocos e Matacões de Basalto (Medianeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-81: Mineração Basalto (Santa Terezinha de Itaipu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/05/2021.

**Foto 5-82: Basalto Alterado (saprólito)  
(Medianeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-83: Alteração do Basalto,  
Presença de Blocos Com Alteração  
Esferoidal (Santa Terezinha de Itaipu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-84: Presença de Blocos de  
Basalto em Meia Encosta (Céu Azul)**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-85: Alteração do Basalto,  
Exploração em Cascavel**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-86: Solo Residual de Basalto  
(Cascavel) – Pátio Ferroeste**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-87: Solo Residual de Basalto  
(Cascavel) – Pátio Ferroeste**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

### 5.1.4.1.3 Trecho III – Cascavel a Guarapuava

O Trecho III da Nova Ferroeste, compreendido entre os municípios de Cascavel e Guarapuava, no Paraná, está inserido no contexto do Terceiro Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná. A AE atravessa exclusivamente a unidade geológica denominada Formação Serra Geral, já descrita nos trechos anteriores, formada basicamente por rochas basálticas.

Os afloramentos identificados em campo foram do tipo rocha sã, rochas alteradas (saprólitos), blocos e matacões arredondados, com estrutura do tipo esfoliação esferoidal e solo residual de basalto. O Trecho III caracteriza-se por apresentar, em geral, relevo ondulado e desníveis acentuados.

Na sequência são apresentadas fotos com as principais características da Formação Serra Geral na AE e ADA (Foto5-88 a Foto5-93).

**Foto 5-88: Cortes em Rocha Basáltica na Ferrovia Existente (Ferroeste) (Nova Laranjeiras)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-89: Cortes em Rocha Basáltica na Ferrovia Existente (Ferroeste) (Guaraniaçu)**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-90: Saprólito de Basalto  
(Nova Laranjeiras)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-91: Saprólito de Basalto com  
Características Estruturais  
Preservadas (Nova Laranjeiras)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-92: Rio Jordão com Basalto  
Aflorante (AE em Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/04/2021.

**Foto 5-93: Rio Jordão com Basalto  
Aflorante (AE em Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/04/2021.

#### **5.1.4.1.4 Trecho IV – Guarapuava a São José dos Pinhais**

O Trecho IV da Nova Ferroeste, compreendido entre os municípios de Guarapuava e São José dos Pinhais, no Paraná, está inserido no contexto das Bacias Sedimentares Cenozóicas e Cinturão Orogênico do Atlântico.

As diferentes unidades geológicas presentes na AE serão descritas a seguir, da mais recente para a mais antiga.

- Sedimentos Recentes

Na escala analisada, a área localizada nas várzeas dos principais rios e seus afluentes, como o rio Iguaçu, rio Guaraúna e rio das Almas tem como substrato predominante a unidade dos Sedimentos Recentes. Essa unidade é representada por materiais sedimentados em diferentes ambientes deposicionais, ao longo do Holoceno. Na AE ocorre mapeado o ambiente de deposição fluvial.

A unidade dos Sedimentos Recentes de deposição fluvial, é representada pelos aluviões distribuídos nas calhas dos rios. São constituídos por siltes e argilas, em partes turfosas e areias de diversas granulações, podendo ocorrer inclusive leitos de cascalho com predomínio de seixos de quartzo e quartzito, bem selecionados e arredondados.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos recentes na AE (Foto5-94 a Foto5-96).

**Foto 5-94: Sedimentos Recentes ao Longo do Rio Iguaçu (Balsa Nova/Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-95: Sedimentos Recentes ao Longo do Rio Iguaçu (Eng. Bley / Lapa)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/03/2021.

**Foto 5-96: Detalhe da Exploração de Areia nas Margens do Rio dos Patos (Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

- Formação Guabirota

A Formação Guabirota é uma unidade Cenozóica localizada dentro da Bacia de Curitiba. Ela é constituída por sedimentos inconsolidados, de idades entre o Plioceno e Pleistoceno, representados por camadas e lentes de argilas, arcósios, margas, areias e cascalhos, depositadas sobre as rochas do embasamento cristalino. A unidade se formou em condições de clima árido, em ambientes de leques aluviais, canais fluviais anastomosados e depósitos tipo *playa-lake*.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Guabirota na AE (Foto5-97 e Foto5-98).

**Foto 5-97: Sedimentos da Formação Guabirota (São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

**Foto 5-98: Sedimentos da Formação Guabirota (São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

- Formação Serra Geral

Na AE, nas proximidades de Guarapuava, é mapeado um corpo com predominância de lavas ácidas e intermediárias. Além disto, também são mapeadas algumas soleiras de diabásio dispersas nas diversas unidades da Bacia do Paraná, principalmente nas unidades permianas.

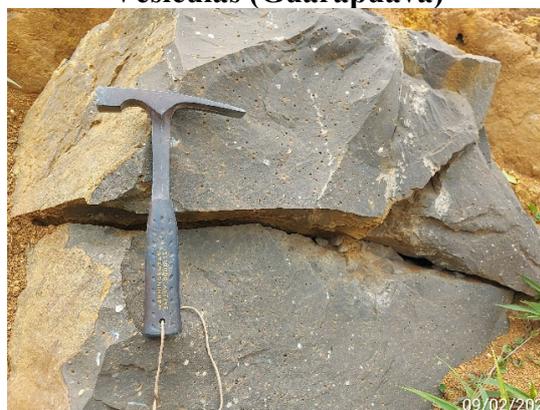
A seguir são apresentados registros fotográficos de Formação Serra Geral na AE (Foto5-99 a Foto5-101).

**Foto 5-99: Solo com Blocos de Basalto (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-100: Detalhe do Bloco de Basalto com Presença de Amígdalas e Vesículas (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-101: Alteração Esferoidal, Característica de Rocha Basáltica  
(Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

- **Formação Botucatu**

A Formação Botucatu é constituída por arenitos finos a médios avermelhados, quartzosos e friáveis. Apresenta fácies conglomeráticas de até 5m de espessura na base da unidade. A espessura total da Formação Botucatu não ultrapassa 100m. O arenito Botucatu registra uma deposição em ambiente eólico e desértico, com ambientes fluviais localizados.

As fotos a seguir representam a Formação Botucatu no município de Irati, próximo ao município de Inácio Martins (Foto5-102 e Foto5-103).

**Foto 5-102: Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-103: Detalhe dos Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

- Formação Rio do Rasto

Pertencente ao Grupo Passa Dois, a Formação Rio do Rasto é caracterizada por uma sequência de siltitos e arenitos finos, esverdeados e arroxeados, que evoluem para argilitos e siltitos avermelhados com lentes de arenitos finos no topo. O ambiente deposicional desta unidade é principalmente de planície costeira progradacional, com as porções mais superiores da unidade depositadas em ambiente fluvial continental. Esta unidade pode chegar até 400m de espessura.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Rio do Rasto na AE (Foto5-104 e Foto5-105).

**Foto 5-104: Sedimentos da Formação Rio do Rasto (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-105: Detalhe dos Sedimentos da Formação Rio do Rasto (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

- Formação Teresina

Pertencente ao Grupo Passa Dois, a Formação Teresina é caracterizada pela intercalação de argilitos e folhelhos cinza-escuros com siltitos e arenitos muito finos, cinza-claros. Na porção superior da unidade ocorrem ainda calcários e leitos de coquina. A laminação tipo *flaser* e ondeada, a micro laminação cruzada, as fendas de ressecamento e os diques de arenitos presentes na formação indicam ambiente de deposição marinho raso, sob influência de marés. Esta unidade pode chegar até 300 metros de espessura em afloramentos no estado do Paraná.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Teresina na AE (Foto5-106 e Foto5-107).

**Foto 5-106: Sedimentos da Formação Teresina (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-107: Detalhe dos Sedimentos da Formação Botucatu (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

- Formação Serra Alta

Pertencente ao Grupo Passa Dois, a Formação Serra Alta é caracterizada por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos com estratificação plano-paralela, com lentes e concreções calcíferas. Essas características apontam para um ambiente deposicional marinho de águas calmas, e abaixo do nível de ação das ondas. Essa unidade tem espessuras de até 90 m.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Serra Alta na AE (Foto5-108 a Foto5-111).

**Foto 5-108: Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-109: Detalhe dos Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-110: Sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-111: Detalhe dos sedimentos da Formação Serra Alta (Irati)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

- Formação Irati

Formando a base do Grupo Passa Dois, a Formação Irati é constituída pela intercalação de argilitos e folhelhos, de cores cinza-escuro a pretos, piro betuminosos, associados a calcários margosos. As estruturas presentes são laminações plano-paralelas nos folhelhos, ocorrendo também laminação rítmica com intercalações de folhelhos e calcários. As porções carbonatadas apresentam marcas de ondas, laminação cruzada e convoluta, além

de oólitos e brechas intraformacionais, indicando um ambiente deposicional de litoral continental. Esta unidade tem uma espessura de até 40 m.

- Formação Palermo

Pertencente ao Grupo Guatá, a Formação Palermo é constituída por siltitos e siltitos arenosos, cinzados a esverdeados, intensamente bioturbados e com estratificação cruzada de pequeno porte. Estas estruturas apontam para um ambiente de deposição marinho de plataforma rasa, abaixo da zona de influência das ondas, mas localmente sob ação de correntes. Esta unidade pode apresentar espessuras de até 90 m.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Palermo na AE (Foto5-112 e Foto5-1113).

**Foto 5-112: Sedimentos da Formação Palermo (Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-113: Sedimentos da Formação Palermo (Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

- Formação Rio Bonito

Formando a base do Grupo Guatá, a porção inferior da Formação Rio Bonito é composta por arenitos esbranquiçados finos a grossos, argilosos e micáceos, intercalados nas porções basais com conglomerados, arenitos muito finos, siltitos, argilitos, folhelhos carbonosos e carvão. Sua porção intermediária é composta por siltitos e folhelhos cinza a esverdeados, com níveis de calcário argiloso e arenitos muito finos intercalados localmente. A porção superior da unidade é constituída por arenitos finos a muito finos, cinza-escuros, intercalados com siltitos e folhelhos carbonosos, onde podem ocorrer

camadas de carvão. Essa unidade tem como ambiente deposicional porções de origem fluvial, marinha e continental litorâneo, com espessura aflorante aproximada de 300 m.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Rio Bonito na AE (Foto5-114 e Foto5-115).

**Foto 5-114: Sedimentos da Formação Rio Bonito (Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-115: Detalhe dos Sedimentos da Formação Rio Bonito (Fernandes Pinheiro)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

- Grupo Itararé

O Grupo Itararé engloba a sequência permo-carbonífera, que representa a fase de sedimentação glacial da Bacia do Paraná. No estado do Paraná, o Grupo Itararé pode ser dividido nas formações Campo do Tenente, Maфра e Rio do Sul, entretanto na escala do mapa essas unidades foram reunidas e nomeadas como Grupo Itararé Indiviso.

O Grupo Itararé é composto principalmente por argilitos, ritmitos e diamictitos castanho-avermelhados com camadas de arenitos finos e conglomerados que podem apresentar estrias glaciais. A unidade também é composta por arenitos esbranquiçados a avermelhados, variando de finos e laminados até grossos com estratificação cruzada acanalada. Por fim, ocorrem ainda porções onde há a predominância de folhelhos e varvitos cinza-escuros, com intercalações de ritmitos, arenitos e diamictitos. As camadas

siltico-arenosas apresentam estruturas de deposição gradacional, laminação paralela, convoluta e cruzada, marcas de ondas e estruturas de escorregamento.

O ambiente deposicional do Grupo Itararé apresenta uma sequência de depósitos fluviais a marinhos, com influência de clima glacial e correntes de turbidez.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos do Grupo Itararé na AE (Foto5-116 a Foto5-123).

**Foto 5-116: Sedimentos do Grupo Itararé (São João do Triunfo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-117: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (São João do Triunfo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-118: Sedimentos do Grupo Itararé (Palmeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-119: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Palmeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-120: Sedimentos do Grupo Itararé (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-121: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-122: Sedimentos do Grupo Itararé (Lapa)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/03/2021.

**Foto 5-123: Detalhe dos Sedimentos do Grupo Itararé (Lapa)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/03/2021.

- **Formação Furnas**

Pertencente ao Grupo Paraná, a Formação Furnas é composta por arenitos quartzosos, esbranquiçados a arroxeados, médios a grossos. Podem ser localmente conglomeráticos, finos ou argilosos. As estratificações cruzadas presentes nesta unidade indicam ambientes deposicionais fluviais variando de litorâneo a continental. Os locais onde esta unidade aflora podem chegar até 200m de espessura.

A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Furnas na AE (Foto5-124 a Foto5-127).

**Foto 5-124: Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-125: Detalhe dos Sedimentos do da Formação Furnas (Usina Caiacanga – Porto Amazonas)**



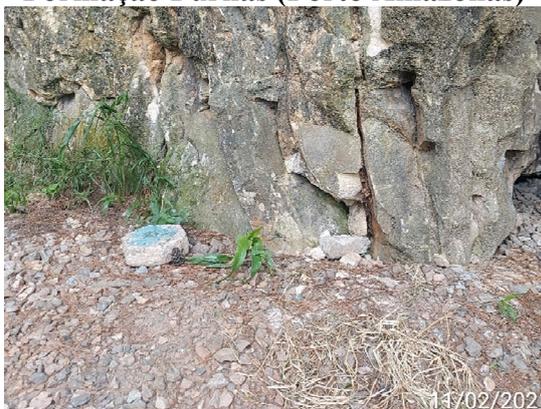
Fonte: Jackson Goldbach, 11/02/2021.

**Foto 5-126: Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-127: Detalhe dos Sedimentos da Formação Furnas (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

- Formação Guaratubinha

A Formação Guaratubinha é composta por rochas vulcânicas de idade paleozóica. A formação é constituída por uma associação de rochas sedimentares e vulcânicas ácidas e intermediárias, que se assentam em discordância angular sobre os migmatitos, granulitos e granitos do embasamento.

Esta unidade ocupa uma área de 210 km<sup>2</sup> com sua porção mais representativa localizada a sudeste de Curitiba, na forma de uma faixa de direção NNE-SSW. Suas rochas são afetadas por falhamentos e basculamentos, com suas camadas normalmente apresentando

mergulhos para sudeste, porém, localmente verticalizadas. Apesar das descrições de rochas sedimentares, há um predomínio de rochas vulcânicas nesta formação.

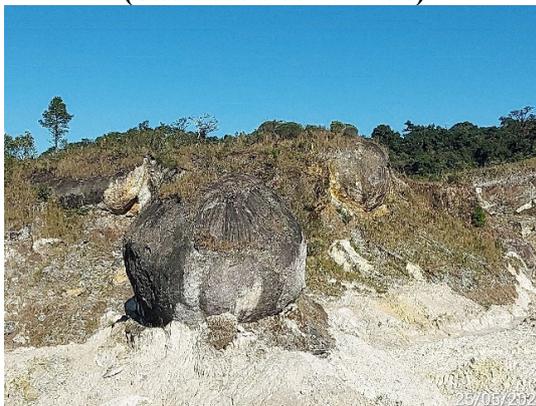
A seguir são apresentados registros fotográficos de sedimentos da Formação Guaratubinha na AE (Foto5-128 e Foto5-129).

**Foto 5-128: Formação Guaratubinha  
(São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-129: Formação Guaratubinha –  
Mineração Serra do Caulim  
(São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

- **Formação Camarinha**

A Formação Camarinha é uma sequência sedimentar que ocorre a noroeste do município de Campo Largo/PR, contiguamente à falha da Lancinha e à Bacia do Paraná. Essa sequência tem sido interpretada como um dos resquícios da sedimentação tardiorogênica do embasamento cristalino paranaense, com espessura estratigráfica superior à 1000 m.

Esta unidade é composta por siltitos, conglomerados polimíticos, arcósios e argilitos. Não há evidências de metamorfismo e recristalização, entretanto, esta unidade encontra-se dobrada com eixos de anticlinais e sinclinais com caimento para NE e flancos mergulhando entre 30° e 80° para NW e SE.

Esta Formação foi identificada em uma pequena porção da AE, na região da divisa dos municípios de Balsa Nova e Campo Largo, no entanto não é interceptada pela ADA.

- **Suíte Álcali-Granitos**

A Suíte Álcali-Granitos compreende um conjunto de intrusões que registra um longo evento magmático que se manifestou no sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina,

em regime extensional pós-orogênico. Essas diferentes intrusões têm em comum a sua composição alcalina, bem como a característica isotropia, em contraste com os gnaisses e migmatitos encaixantes. Na AE do Trecho IV são individualizados o Granito Serra da Igreja, e o Granito Agudos do Sul.

O Granito Serra da Igreja ocupa uma superfície de aproximadamente 90 km<sup>2</sup>, ocorrendo na porção sudoeste da AE. Apresenta uma forma alongada NE-SW e contatos por falha com as rochas do domínio Luís Alves. Na porção nordeste está em contato com as rochas gnáissicas do domínio Paranaguá, onde apresenta-se intensamente deformado. O Granito Serra da Igreja apresenta fácies leucocráticas com granulação média e cores cinza claro, cinza rosado e róseo. Tem composição subalcalina a alcalina, com presença de anfibólios e piroxênios sódicos.

O Granito Agudos do Sul ocupa uma área superior a 400 km<sup>2</sup>, distribuindo-se no extremo sudeste do estado do Paraná. No sul e sudeste faz contato com os gnaisses-migmatíticos do domínio Luís Alves, e a norte e nordeste com as rochas do domínio Curitiba. No Granito Agudos do Sul há um predomínio de rochas leucocráticas de granulação média a grossa, cor variando entre cinza, cinza-rosadas e róseas, sendo constituídas principalmente por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda.

A ADA é interceptada por uma pequena porção do Granito Serra da Igreja, no município de Morretes (Trecho V da Nova Ferroeste).

- Grupo Açungui – Formação Capiru

O Grupo Açungui é formado por um conjunto de rochas metamórficas de baixo grau, com predominância de metassedimentos clásticos finos e químicos, caracterizando uma sedimentação marinha em ambiente tectônico instável. A estruturação regional desta unidade mostra um padrão de anticlinais e sinclinais assimétricas, com eixos orientados entre N60°-70°E e mergulhos acentuados predominantemente para SE. Há uma predominância de tectônica rúptil sobre a dúctil. O Grupo Açungui é dividido nas formações Itaiacoca, Votuverava e Capiru, sendo que apenas esta última está presente na AE do Trecho IV.

A Formação Capiru é constituída por mármore dolomíticos intercalados a filitos e quartzitos, acompanhados por espessas camadas de metassiltitos, metargilitos e metarenitos, indicando a origem marinha desta unidade. Esta Formação foi identificada em uma pequena porção da AE, na região de Campo Largo, no entanto não é interceptada pela ADA.

- Complexo Granítico-Gnáissico

Também descrita como Suíte Granítica Foliada, o Complexo Granítico-Gnáissico tem idade arqueana. Trata-se de um complexo granítico polifásico distribuído ao longo de uma faixa com mais de 100 km de extensão com uma média de 30 km de largura, que se estende da Ilha de São Francisco do Sul (SC) até o sul de Itains (SP).

Há uma predominância de anfibólio-biotita granitoides, de textura porfirítica. São frequentes a presença de faixas miloníticas em meio aos granitoides. Estruturalmente, se apresentam heterogeneamente deformados, com augens de feldspato potássico. Na AE esta unidade é representada pelo Granito Guajuvira, formada por monzogranitos e granodioritos gnáissicos, porfiróides e equigranulares.

A seguir são apresentados registros fotográficos do Complexo Granítico-Gnáissico na AE (Foto5-130 e Foto5-131).

**Foto 5-130: Complexo Granítico-Gnáissico (São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-131: Blocos do Complexo Granítico-Gnáissico (São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

- Complexo Cachoeira

Associado ao Complexo Gnáissico-Migmatítico ocorre ainda o Complexo Cachoeira, que ocorre encaixado nos migmatitos com direção NE-SW. É composto por muscovita-biotita quartzitos, fuchcita quartzitos, quartzito xistos, metarenitos e metarcósios, com intercalções de magnetita-micas-quartzito xistos, micas-quartzito xistos e metacherts.

- Complexo Gnáissico-Migmatítico

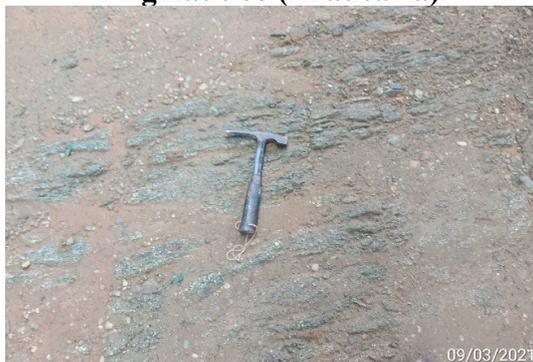
O Complexo Gnáissico-Migmatítico, também nomeado Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, é constituído por migmatitos estromatíticos, augen-gnaisses, gnaisses graníticos, rochas meta-ultrabásicas, metabasitos, anfibolitos e quartzitos, com idades entre o Arqueano e o Proterozóico Inferior.

As rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico também são denominadas em algumas classificações como Complexo Atuba.

Duas associações litológicas migmatíticas distintas podem ser identificadas na AE. A primeira compreende migmatitos oftalmíticos com paleossoma de biotita-gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss e hornblenda-gnaiss, com quartzitos locais, datados pelo método Rb-Sr em 2.200 milhões de anos. A segunda associação é composta por migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzito xisto, ultrabasitos e anfibolitos.

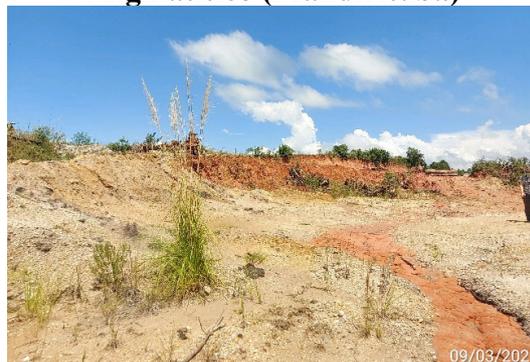
A Foto5-132 e a Foto5-134 ilustram a ocorrência do Complexo Gnáissico-Migmatítico na AE.

**Foto 5-132: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Araucária)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-133: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-134: Complexo Gnáissico-Migmatítico (Mandirituba)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

- Complexo Metamórfico Indiferenciado

O Complexo Metamórfico Indiferenciado é identificado na AE através de sua composição de biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com ocorrências locais de quartzo xistos e quartzitos (Foto5-135 e Foto5-136).

**Foto 5-135: Complexo Metamórfico Indiferenciado (Araucária)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-136: Blocos Complexo Metamórfico Indiferenciado (Araucária)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

#### **5.1.4.1.5 Trecho V – São José dos Pinhais a Paranaguá**

O Trecho V da Nova Ferroeste, compreendido entre os municípios de São José dos Pinhais e Paranaguá, estado do Paraná, está inserido no contexto das Bacias Sedimentares Cenozóicas e Cinturão Orogênico do Atlântico.

As diferentes unidades geológicas presentes na AE serão descritas a seguir, da mais recente para a mais antiga.

- Depósitos Tectogênicos

Os depósitos tectogênicos representam maciços oriundos da atividade antrópica. Na AE, o Depósito Tectogênico mapeado se refere ao aterro do Porto de Paranaguá.

- Sedimentos Recentes

A AE nas proximidades de Paranaguá, se iniciando na linha costeira e limitada ao interior pela Serra do Mar, tem como substrato predominante a unidade dos Sedimentos Recentes. Essa unidade é representada por materiais sedimentados em diferentes ambientes deposicionais, ao longo do Holoceno.

Dentre os ambientes deposicionais identificados pelos mapeamentos utilizados neste estudo, pode-se dividir os materiais depositados nos Sedimentos Recentes em três grandes grupos: deposição por influência marinha; deposição fluvial; e deposição por processos gravitacionais.

A predominância dos sedimentos mapeados na AE nas proximidades de Paranaguá é derivada de processos marinhos, com unidades de sedimentos flúvio marinhos associados à manguezais, sedimentos paleoestuarinos e sedimentos de planície costeira indiferenciados com cordões litorâneos. São constituídos principalmente por silte e areia fina.

Já as unidades de Sedimentos Recentes de deposição fluvial são representadas pelos aluviões, distribuídos nas calhas dos rios. São constituídos por siltes e argilas, em partes turfosas e areias de diversas granulações, podendo ocorrer inclusive leitos de cascalho com predomínio de seixos de quartzo e quartzito, bem selecionados e arredondados.

Os sedimentos com deposição por processos gravitacionais são representados pelos depósitos de colúvio e talus e pelas cascalheiras continentais. São depósitos observados ao longo das escarpas principais da Serra do Mar, constituídos de blocos angulares e subarredondados de diversos tamanhos, imersos em matriz siltosa ou argilosa e sem estruturas sedimentares.

As fotos a seguir ilustram a ocorrência de Sedimentos Recentes no Trecho V (Foto5-137 a Foto5-139):

**Foto 5-137: Blocos Rolados em Depósitos Recentes (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-138: Blocos Depositados em Rio (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-139: Depósitos Recentes (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

- Formação Alexandra

A Formação Alexandra tem sua origem no Mioceno e é composta por depósitos de caráter continental, originados do intemperismo das rochas cristalinas da Serra do Mar. Considera-se que seus sedimentos se formaram a partir de leques aluviais, em bacia tectônica, nas fases finais da evolução da Serra do Mar. Estima-se uma espessura de 30 metros para esta unidade, com sua base composta por sedimentos arenosos ou rudáceos, que intercalam-se em leitos decimétricos, onde gradativamente há uma mudança para a fração argilosa em direção ao topo.

As fotos a seguir ilustram a ocorrência da Formação Alexandra no Trecho V (Foto5-140 e Foto5-141).

**Foto 5-140: Sedimentos da Formação Alexandra (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-141: Sedimentos da Formação Alexandra (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

- Formação Guaratubinha

A Formação Guaratubinha foi detalhada no Trecho IV. No Trecho V foi identificada na AE, e em uma pequena porção na ADA no município de Morretes.

- Suíte Álcali-Granitos

A Suíte Álcali-Granitos compreende um conjunto de intrusões, que registra um longo evento magmático que se manifestou no sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina, em regime extensional pós-orogênico. Essas diferentes intrusões têm em comum a sua composição alcalina, bem como a característica isotropia, em contraste com os gnaisses e migmatitos encaixantes. Na AE do Trecho V é individualizado o Granito Serra da Igreja.

O Granito Serra da Igreja ocupa uma superfície de aproximadamente 90 km<sup>2</sup>, ocorrendo na porção sudoeste da AE. Apresenta uma forma alongada NE-SW e contatos por falha com as rochas do domínio Luís Alves. Na porção nordeste está em contato com as rochas gnáissicas do domínio Paranaguá, onde apresenta-se intensamente deformado. O Granito Serra da Igreja apresenta fácies leucocráticas com granulação média e cores cinza claro, cinza rosado e róseo. Tem composição subalcalina a alcalina, com presença de anfibólios e piroxênios sódicos.

- Complexo Granítico-Gnáissico

Também descrita como Suíte Granítica Foliada, o Complexo Granítico-Gnáissico tem idade arqueana. Trata-se de um complexo granítico polifásico distribuído ao longo de uma faixa com mais de 100 km de extensão com uma média de 30 km de largura, que se estende da Ilha de São Francisco do Sul (SC) até o sul de Itains (SP).

Há uma predominância de anfibólio-biotita granitoides, de textura porfirítica, e são frequentes a presença de faixas miloníticas em meio aos granitoides. Estruturalmente, se apresentam heterogeneamente deformados, com augens de feldspato potássico. No Trecho V esta unidade é representada pelo Granito Serra Canavieira, formada por monzogranitos e granodioritos gnáissicos, porfiróides e equigranulares.

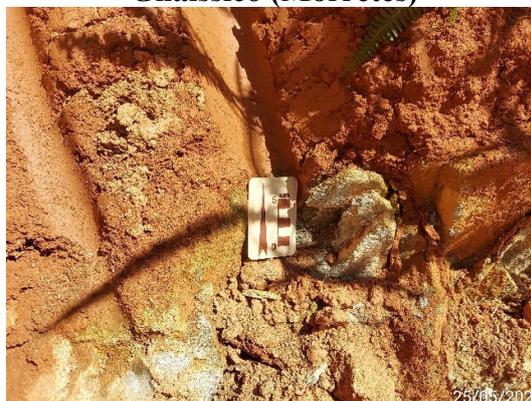
As fotos a seguir ilustram a ocorrência Complexo Granítico-Gnáissico no Trecho V (Foto5-142 a Foto5-146).

**Foto 5-142: Perfil de Alteração do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-143: Detalhe da Estrutura Preservada do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-144: Cachoeira Salto do Sagrado Composta por Rochas do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)**



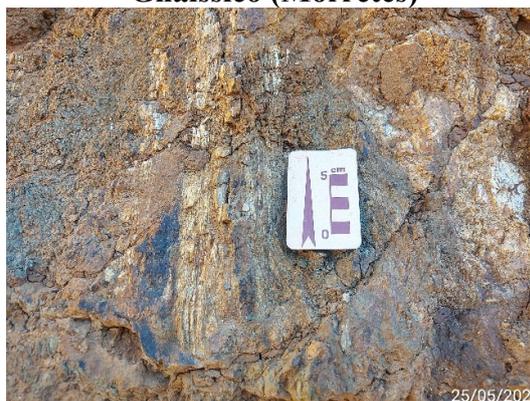
Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-145: Perfil de Alteração do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-146: Detalhe da Estrutura Preservada do Complexo Granítico-Gnáissico (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

- Complexo Cachoeira

Associado ao Complexo Gnáissico-Migmatítico ocorre ainda o Complexo Cachoeira, que ocorre encaixado nos migmatitos com direção NE-SW. É composto por muscovita-biotita

quartzitos, fuchsite quartzitos, quartzo xistos, metarenitos e metarcósios, com intercalções de magnetita-micas-quartzo xistos, micas-quartzo xistos e metacherts.

- **Complexo Gnáissico-Migmatítico**

O Complexo Gnáissico-Migmatítico, também nomeado Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, é constituído por migmatitos estromatíticos, augen-gnaisses, gnaisses graníticos, rochas meta-ultrabásicas, metabasitos, anfíbolitos e quartzitos, com idades entre o Arqueano e o Proterozóico Inferior.

Duas associações litológicas migmatíticas distintas podem ser identificadas na AE. A primeira compreende migmatitos oftalmíticos e embrechíticos com paleossoma de biotita-gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss e hornblenda-gnaiss, com quartzitos locais, datados pelo método Rb-Sr em 2.200 milhões de anos. A segunda associação é composta por migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzo xisto, ultrabasitos e anfíbolitos.

O Complexo Granítico-Gnáissico foi identificado apenas na AE, não interceptando a ADA.

- **Complexo Metamórfico Indiferenciado**

O Complexo Metamórfico Indiferenciado também é descrito como Suíte Gnáissica Morro Alto, ou também Suíte Granítico Milonítica Rio Piên. Essa unidade é composta por gnaisses graníticos de estrutura ocelar. Representa uma faixa de orientação N40-50°E com no máximo 22 km de largura.

#### **5.1.4.1.6 Potencial Mineral**

Durante as atividades de campo, alguns locais onde ocorrem exploração mineral foram identificados e posteriormente em escritório houve a caracterização da área em termos de registros expedidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM). As informações

apresentadas na sequência foram extraídas do Sigmine-ANM, bem como do Cadastro Mineiro – ANM, disponíveis para consulta no site da ANM<sup>1</sup>.

Foram levantados todos os processos disponíveis no sistema da ANM até o período de 06/08/2021, sendo que na AE foram identificados 1.573 Processos Minerários, sendo 157 disponíveis, totalizando 1.416 processos minerários ativos.

No estado do Paraná existem 1.357 processos minerários requeridos na região da AE, enquanto no Mato Grosso do Sul foram identificados 107 processos minerários requeridos na região da AE. Os demais processos representam áreas disponíveis.

As substâncias identificadas no cadastro mineiro foram as seguintes: água mineral, areia arenito, argila, basalto, bentonita, cascalho, diabásio, filito, folhelho, gabro, gnaiss, ilmenita, leucofilito, migmatito, cobre, ferro, ouro, quartzito, riolito e saibro.

O Apêndice 5-6 - Mapa de Direitos Minerários apresenta a localização dos processos minerários existentes na AE e ADA e as substâncias identificadas.

As substâncias requeridas nos processos da ANM, que interceptam a AE e que podem ser utilizadas na construção da ferrovia são areia, argila, cascalho, granito, basalto, gnaiss, migmatito e saibro.

Quanto à fase em que se encontram os processos, tem-se a seguinte configuração: 453 autorizações de pesquisa, 118 concessões de lavra, 04 direitos de requerer a área, 15 disponibilidades, 02 licenciamentos, 21 registros de extração, 287 requerimentos de lavra, 37 requerimentos de licenciamento, 98 requerimentos de pesquisa e 40 requerimentos de extração.

Entre os processos cadastrados existem 108 processos inseridos na ADA, estes processos encontram-se nas seguintes fases: 44 autorizações de pesquisa, 11 concessões de lavra, quatro direitos de requerer a área, 15 disponibilidades, dois licenciamentos, 17

---

<sup>1</sup> Disponível em:

<<https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>> e <<https://sistemas.anm.gov.br/scm/extra/site/admin/dadosprocesso.aspx>>. Acessado em agosto de 2021.

requerimentos de lavra, um requerimento de licenciamento, 11 requerimentos de pesquisa e três requerimentos de extração.

De acordo com o Consórcio TPF-Sener (2021), documento integrante do Evtea-J denominado Estudos Definitivos - Relatório Parcial de Estudos Geológicos – Geotécnicos, os materiais naturais utilizados nas construções ferroviárias são os materiais granulares como brita e areia, e os solos obtidos em áreas de empréstimo.

O estudo citado informa que no trecho entre Maracaju e a Estação Ferroviária Engenheiro Bley, localizada no município de Lapa/PR, a melhor formação geológica que apresenta rocha e potencial de produção de brita é a Serra Geral (basaltos), com locais em potencial para produção e distância de transporte razoáveis para as obras.

As areias lavadas e, secundariamente, os cascalhos, são explorados de aluviões extraídos em ocorrências restritas, porém significativos, nos principais rios, especialmente dos rios Paraná, Iguaçu, Brilhante e Dourados, entre outros menores.

Solos de áreas de empréstimo ocorrem praticamente ao longo de todo o trecho. Porém, somente os de composições areno-argilosas (Latosolos/Argissolos) foram identificados como tendo potencial para tal uso. Áreas de empréstimo de sublastro, também conhecidas como cascalheiras ou cascalho laterítico, aparentam serem mais restritas nas áreas em que ocorrem os basaltos da Formação Serra Geral, mas se faz necessário um estudo detalhado para verificar a existência de tal material em quantidade e qualidade suficiente para a implantação da ferrovia. Caso não ocorra pode haver a necessidade do uso de alternativa, como exemplo, a mistura solo-cimento.

Os locais identificados como potenciais para areia e brita são apresentados na sequência:

- Areia: Nas cidades de Amambai em Mato Grosso do Sul, e no Paraná nos municípios de Altônia, Capitão Leônidas Marques, Prudentópolis, Araucária, Balsa Nova, Campo Largo, Contenda, Curitiba, Fazenda Rio Grande e Pinhais;
- Brita: Nas cidades de Maracaju, Itaporã e Naviraí em Mato Grosso do Sul com material derivado do basalto, e no Paraná as cidades de Toledo, Cascavel, e Guarapuava com brita derivada de basalto, em Irati um material de diabásio, e em

Campo Largo, Curitiba, Campo Magro, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande e Morretes uma brita derivada de gnaisse.

A planilha com os processos minerários identificados na AE encontra-se no Apêndice 5-7 – Planilha de Direitos Minerários Identificados na AE. Os processos localizados na ADA estão apresentados na Tabela 5-13.

**Tabela 5-13: Processos Minerários Identificados na ADA**

| Processo    | Fase               | Nome                         | Substância          | Uso                 | UF                  | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|
| 300139/2017 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,585291 | -49,728064 |
| 300302/2019 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,529918 | -49,956674 |
| 300655/2020 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,519035 | -54,471474 |
| 300745/2020 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,339087 | -54,202625 |
| 300885/2017 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,68003  | -49,153079 |
| 300988/2016 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,689635 | -49,210062 |
| 300989/2016 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,708377 | -49,196464 |
| 301199/2020 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,610596 | -49,700419 |
| 301208/2014 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,639386 | -49,169878 |
| 301210/2020 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,61213  | -49,686927 |
| 303272/2018 | Disponibilidade    | Dado não cadastrado          | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | Dado não cadastrado | -25,617101 | -49,636443 |
| 803380/1974 | Concessão de lavra | Morro Branco Mineração Ltda. | Granito             | Não informado       | PR                  | -25,565026 | -48,648685 |
| 820189/1979 | Concessão de lavra | Klace S A Pisos e Azulejos   | Argila              | Não informado       | PR                  | -25,563498 | -49,095058 |

| Processo    | Fase                     | Nome  | Substância | Uso               | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------------|---|------------|-------------------|----|------------|------------|
| 820619/1985 | Requerimento de lavra    | Marmoraria Água Verde Ltda.   | Granito    | Não informado     | PR | -25,565003 | -48,670359 |
| 826010/1999 | Concessão de lavra       | Areial Rogalski Ltda.   | Areia      | Construção civil  | PR | -25,55076  | -49,80661  |
| 826020/2011 | Requerimento de lavra    | Cerâmica Palermo Ltda.  | Argila     | Cerâmica vermelha | PR | -25,703022 | -49,210917 |
| 826021/2011 | Requerimento de lavra    | Areal Nossa Senhora Rainha da Paz Extração e Comércio de Areia Eireli EPP | Argila     | Industrial        | PR | -25,692146 | -49,190455 |
| 826025/2012 | Autorização de pesquisa  | Celio Claret da Silva   | Areia      | Construção civil  | PR | -24,061836 | -54,263226 |
| 826030/2019 | Requerimento de pesquisa | Construtora Oliveira Ltda.  | Argila     | Industrial        | PR | -24,994002 | -53,395933 |
| 826031/2018 | Requerimento de pesquisa | Teresinha Brambila  | Cascalho   | Construção civil  | PR | -24,963067 | -53,28201  |
| 826037/2019 | Autorização de pesquisa  | Fatura Agro Industrial Ltda.  | Areia      | Construção civil  | PR | -24,070211 | -54,25341  |
| 826059/2019 | Autorização de pesquisa  | Paulo Roberto Mol e Cia Ltda.   | Saibro     | Construção civil  | PR | -25,519145 | -50,140117 |
| 826067/2009 | Requerimento de lavra    | Areal Durau Ltda.   | Areia      | Construção civil  | PR | -25,617448 | -49,68096  |
| 826077/2013 | Autorização de pesquisa  | João Luis de Souza Pens   | Areia      | Construção civil  | PR | -25,575882 | -48,611791 |
| 826079/2017 | Autorização de pesquisa  | Cleudete dos Santos   | Areia      | Construção civil  | PR | -25,603397 | -49,649575 |
| 826095/1993 | Requerimento de lavra    | Marc Construtora de Obras Ltda.   | Migmatito  | Não informado     | PR | -25,681518 | -49,150629 |

| Processo    | Fase                        | Nome   | Substância       | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|-----------------------------|--|------------------|------------------|----|------------|------------|
| 826095/2013 | Direito de requerer a lavra | Andreis Mineração Ltda.                          | Basalto          | Brita            | PR | -25,05383  | -53,541005 |
| 826104/2019 | Autorização de pesquisa     | LBS Mineração e Administradora de Bens Eireli ME | Areia            | Construção civil | PR | -25,568113 | -48,631999 |
| 826123/2017 | Autorização de pesquisa     | Geopetrum Geologia Meio Ambiente e Agrimensura   | Areia            | Construção civil | PR | -25,572926 | -49,055585 |
| 826144/2021 | Requerimento de pesquisa    | Pedreira do Trevo Ltda.                          | Minério de cobre | Industrial       | PR | -25,023038 | -53,343335 |
| 826145/2013 | Direito de requerer a lavra | M.M.D Transportadora Ltda.                       | Areia            | Construção civil | PR | -25,606012 | -49,698254 |
| 826152/1999 | Concessão de lavra          | Areial Rogalski Ltda.                            | Areia            | Construção civil | PR | -25,555339 | -49,805764 |
| 826175/2019 | Autorização de pesquisa     | Ljmpr Mineradora Ltda. ME                        | Minério de ferro | Industrial       | PR | -25,610467 | -48,727274 |
| 826177/2019 | Autorização de pesquisa     | Ljmpr Mineradora Ltda. ME                        | Minério de ferro | Industrial       | PR | -25,570716 | -48,725759 |
| 826178/2016 | Autorização de pesquisa     | Britador Oeste Ltda. ME                          | Argila           | Industrial       | PR | -25,013762 | -53,364096 |
| 826178/2019 | Autorização de pesquisa     | Ljmpr Mineradora Ltda. ME                        | Minério de ferro | Industrial       | PR | -25,535227 | -48,72456  |
| 826182/2017 | Autorização de pesquisa     | Northon Cristhian Bilik Mariano                  | Areia            | Construção civil | PR | -25,552926 | -51,067793 |
| 826183/2017 | Autorização de pesquisa     | Northon Cristhian Bilik Mariano                  | Areia            | Construção civil | PR | -25,512508 | -51,110611 |
| 826184/2019 | Autorização de pesquisa     | Dalba Engenharia e Empreendimentos Ltda.         | Areia            | Construção civil | PR | -25,53778  | -51,077746 |

| Processo    | Fase                     | Nome  | Substância      | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------------|---|-----------------|------------------|----|------------|------------|
| 826184/2020 | Autorização de pesquisa  | M. T. Tortato - Eireli  | Areia           | Construção civil | PR | -25,735706 | -49,322483 |
| 826186/2020 | Requerimento de pesquisa | Mário César Dala Rosa   | Água mineral    | Engarrafamento   | PR | -25,2406   | -54,095296 |
| 826202/2007 | Concessão de lavra       | M. T. Tortato - Eireli  | Areia           | Construção civil | PR | -25,737206 | -49,325462 |
| 826229/2018 | Autorização de pesquisa  | Gralha Azul Compra e Venda de Imóveis Ltda.                                       | Areia           | Construção civil | PR | -25,643153 | -49,151925 |
| 826234/2020 | Autorização de pesquisa  | EFF Targget Brasil Importacao e Exportacao de Minérios e Pedras Ornamentais Ltda. | Minério de ouro | Industrial       | PR | -25,53505  | -49,840048 |
| 826242/2017 | Autorização de pesquisa  | Shamantta Costa & Cia Ltda.   | Caulim          | Industrial       | PR | -25,55748  | -49,060776 |
| 826253/2002 | Concessão de lavra       | Melrito Mineracao e Locação de Equipamentos Ltda.                                 | Areia           | Construção civil | PR | -25,664512 | -49,144091 |
| 826269/2017 | Autorização de pesquisa  | Adriani Maria da Silva Cardoso Zucchi   | Areia           | Construção civil | PR | -25,532275 | -51,061666 |
| 826275/2018 | Autorização de pesquisa  | Everton Francisco Baldissera  | Saibro          | Construção civil | PR | -25,701273 | -49,236603 |
| 826276/2018 | Autorização de pesquisa  | Everton Francisco Baldissera  | Areia           | Construção civil | PR | -25,732626 | -49,301613 |
| 826321/2017 | Autorização de pesquisa  | Induspaver Indústria e Comércio Ltda.   | Areia           | Construção civil | PR | -25,716656 | -49,37286  |
| 826354/2019 | Requerimento de pesquisa | Adelar Arezi  | Água mineral    | Engarrafamento   | PR | -24,947085 | -53,364221 |

| Processo    | Fase                     | Nome  | Substância   | Uso               | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------------|---|--------------|-------------------|----|------------|------------|
| 826359/2019 | Requerimento de pesquisa | Rogério Gallina                                   | Água mineral | Engarraamento     | PR | -24,960972 | -53,294306 |
| 826366/1998 | Requerimento de lavra    | Terra Mater Participações e Empreendimentos Ltda. | Argila       | Não informado     | PR | -25,720643 | -49,292695 |
| 826369/1998 | Requerimento de lavra    | Terra Mater Participações e Empreendimentos Ltda. | Areia        | Construção civil  | PR | -25,715932 | -49,255514 |
| 826375/2017 | Autorização de pesquisa  | T-Minas Minerai Industriais Ltda.                 | Bentonita    | Industrial        | PR | -25,674467 | -49,174749 |
| 826388/2014 | Autorização de pesquisa  | Excoletto Comercio de Areia Ltda.                 | Areia        | Construção civil  | PR | -25,566877 | -49,772461 |
| 826388/2015 | Disponibilidade          | Paulo Cesar da Silva                              | Areia        | Construção civil  | PR | -25,609278 | -49,734357 |
| 826392/2015 | Disponibilidade          | Excoletto Comercio de Areia Ltda.                 | Areia        | Construção civil  | PR | -25,623064 | -49,689071 |
| 826398/2006 | Requerimento de lavra    | Areial Rogalski Ltda.                             | Areia        | Construção civil  | PR | -25,559336 | -49,803008 |
| 826401/1991 | Concessão de lavra       | Mineração Gino Minas Ltda.                        | Caulim       | Não informado     | PR | -25,592039 | -48,979726 |
| 826429/2017 | Autorização de pesquisa  | Construtora Derbli Ltda.                          | Diabásio     | Revestimento      | PR | -25,557963 | -50,590795 |
| 826435/2016 | Autorização de pesquisa  | Cerâmica Elizabeth Sul Ltda.                      | Argila       | Industrial        | PR | -25,587139 | -48,946374 |
| 826445/2015 | Requerimento de pesquisa | Norberto Pinz                                     | Argila       | Cerâmica vermelha | PR | -24,413441 | -53,953323 |
| 826453/2003 | Concessão de lavra       | M. T. Tortato - Eireli                            | Areia        | Industrial        | PR | -25,736799 | -49,324509 |

| Processo    | Fase                    | Nome   | Substância | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|-------------------------|--|------------|------------------|----|------------|------------|
| 826480/2010 | Requerimento de lavra   | Andreis Distribuidora de Agregados Para Construção Eireli Me | Areia      | Construção civil | PR | -24,058771 | -54,252021 |
| 826491/2014 | Autorização de pesquisa | Gilmar Jose Merks  | Areia      | Construção civil | PR | -25,546266 | -48,690752 |
| 826511/2015 | Autorização de pesquisa | Via Venetto Construtora de Obras Eireli                      | Basalto    | Brita            | PR | -25,406908 | -51,273961 |
| 826549/2018 | Autorização de pesquisa | Gilmar Jose Ganassoli  | Arenito    | Construção civil | PR | -25,52325  | -49,901479 |
| 826563/2009 | Requerimento de lavra   | Cavo Serviços e Saneamento S. A.                             | Argila     | Industrial       | PR | -25,725002 | -49,343151 |
| 826569/2007 | Autorização de pesquisa | Cesar Luiz Corbellini  | Argila     | Industrial       | PR | -25,590709 | -49,012426 |
| 826603/2016 | Licenciamento           | Via Venetto Construtora de Obras Eireli                      | Basalto    | Brita            | PR | -25,406908 | -51,273961 |
| 826603/2017 | Autorização de pesquisa | Mauri Junior Zampieri  | Areia      | Construção civil | PR | -25,544073 | -48,631012 |
| 826640/2014 | Autorização de pesquisa | Areal Prata Ltda.  | Areia      | Construção civil | PR | -25,631098 | -49,705598 |
| 826643/2009 | Requerimento de lavra   | Andreis Distribuidora de Agregados para Construção Eireli ME | Areia      | Construção civil | PR | -24,06493  | -54,246807 |
| 826645/2011 | Autorização de pesquisa | Mineração Drisner Ltda. EPP                                  | Basalto    | Brita            | PR | -24,469802 | -53,813638 |
| 826649/1998 | Concessão de lavra      | Areal Rogalski Ltda.   | Areia      | Construção civil | PR | -25,556101 | -49,811143 |

| Processo    | Fase                          | Nome  | Substância   | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|-------------------------------|---|--------------|------------------|----|------------|------------|
| 826672/2016 | Autorização de pesquisa       | Rio da Varzea Comércio e Extração de Areia Ltda. Me                   | Areia        | Construção civil | PR | -25,602839 | -49,123662 |
| 826674/2013 | Autorização de pesquisa       | Luciano Jose de Lara  | Areia        | Construção civil | PR | -25,587559 | -49,753798 |
| 826704/2012 | Autorização de pesquisa       | Fontana di Trevi Indústria de Água Mineral Ltda.                      | Água mineral | Engarrafamento   | PR | -25,67996  | -49,144454 |
| 826717/2016 | Requerimento de licenciamento | Gilmar Jose Merks   | Areia        | Construção civil | PR | -25,546266 | -48,690752 |
| 826724/2016 | Autorização de pesquisa       | G J Merks Assessoria e Consultoria Epp                                | Areia        | Construção civil | PR | -25,550821 | -48,69378  |
| 826741/2011 | Requerimento de lavra         | Claudinei Antônio Messias Me  | Argila       | Não informado    | PR | -25,658754 | -49,535786 |
| 826785/2016 | Autorização de pesquisa       | Giuseppe Nappa  | Folhelho     | Brita            | PR | -25,537451 | -50,750055 |
| 826789/2013 | Requerimento de lavra         | Delta Sul Comércio de Concreto Brita Areia Industrial e Asfalto Ltda. | Basalto      | Brita            | PR | -25,355416 | -54,202243 |
| 826809/2014 | Direito de requerer a lavra   | Areal Durau Ltda.   | Areia        | Construção civil | PR | -25,607926 | -49,687492 |
| 826810/2014 | Direito de requerer a lavra   | Mineracao Uniao Balsa Nova Ltda.                                      | Areia        | Construção civil | PR | -25,603796 | -49,706526 |
| 826829/2016 | Autorização de pesquisa       | Melrito Mineracao e Locação de Equipamentos Ltda.                     | Saibro       | Construção civil | PR | -25,668944 | -49,145778 |
| 826831/2014 | Licenciamento                 | M. T. Tortato - Eireli  | Areia        | Construção civil | PR | -25,734769 | -49,326762 |

| Processo    | Fase                     | Nome                                  | Substância   | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------|------------------|----|------------|------------|
| 826847/2016 | Autorização de pesquisa  | Demétrio Rocha & Cia Ltda.            | Saibro       | Construção civil | PR | -25,600613 | -48,9928   |
| 826852/2012 | Requerimento de lavra    | Cgr Curitiba Ltda.                    | Argila       | Construção civil | PR | -25,731637 | -49,334677 |
| 826853/2012 | Requerimento de lavra    | Cgr Curitiba Ltda.                    | Argila       | Construção civil | PR | -25,730961 | -49,342086 |
| 826896/2016 | Autorização de pesquisa  | Fabiano Darife da Silveira            | Argila       | Construção civil | PR | -25,359153 | -54,200767 |
| 826921/2014 | Requerimento de pesquisa | Leandro Campos de Andrade             | Água mineral | Engarrafamento   | PR | -24,911633 | -53,351005 |
| 826936/2014 | Autorização de pesquisa  | MRX Mineração e Reflorestamento Ltda. | Arenito      | Construção civil | PR | -25,617552 | -49,668956 |
| 826953/2014 | Disponibilidade          | Maria Terezinha Bonato                | Areia        | Construção civil | PR | -25,639955 | -49,636024 |
| 826960/2014 | Requerimento de pesquisa | Leandro Campos de Andrade             | Água mineral | Engarrafamento   | PR | -24,907119 | -53,351005 |
| 827021/2014 | Requerimento de pesquisa | Leandro Campos de Andrade             | Água mineral | Engarrafamento   | PR | -24,916146 | -53,351005 |
| 827113/2013 | Autorização de pesquisa  | Marcos Durau                          | Areia        | Construção civil | PR | -25,605571 | -49,662838 |
| 868026/2009 | Requerimento de lavra    | Mineracao D'Agostini Ltda.            | Areia        | Construção civil | MS | -24,046661 | -54,2656   |
| 868027/2009 | Requerimento de lavra    | Mineracao D'Agostini Ltda.            | Areia        | Construção civil | PR | -24,053739 | -54,26121  |
| 868084/2018 | Autorização de pesquisa  | Extracao de Areia Bergamo Ltda.       | Areia        | Construção civil | MS | -23,83457  | -54,330648 |
| 868159/1999 | Concessão de lavra       | Mineracao D'Agostini Ltda.            | Areia        | Não informado    | PR | -24,054726 | -54,254795 |

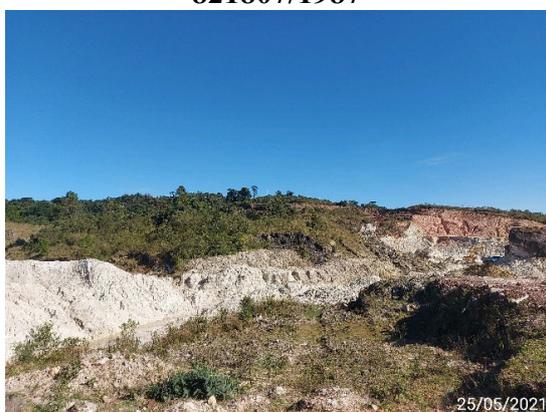
| Processo    | Fase                                 | Nome   | Substância | Uso              | UF | Latitude   | Longitude  |
|-------------|--------------------------------------|--|------------|------------------|----|------------|------------|
| 868195/1998 | Concessão de lavra                   | Mineracao D'Agostini Ltda.                         | Areia      | Construção civil | MS | -24,048771 | -54,259053 |
| 868237/2020 | Requerimento de registro de extração | Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos      | Arenito    | Revestimento     | MS | -21,901166 | -55,131891 |
| 868241/2020 | Requerimento de registro de extração | Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos      | Arenito    | Revestimento     | MS | -21,942449 | -55,116798 |
| 868242/2020 | Requerimento de registro de extração | Agência Estadual de Gestão de Empreendimentos      | Arenito    | Revestimento     | MS | -21,944003 | -55,116358 |
| 868324/2013 | Disponibilidade                      | Cascalheira Morena Ltda. ME                        | Areia      | Construção civil | MS | -21,914319 | -55,127472 |
| 868361/2016 | Requerimento de pesquisa             | Tracomal Terraplenagem e Construções Machado Ltda. | Arenito    | Revestimento     | MS | -24,028943 | -54,284319 |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Na sequência são apresentados os registros fotográficos de algumas das minerações identificadas durante as atividades de campo (Foto5-147 a Foto5-152).

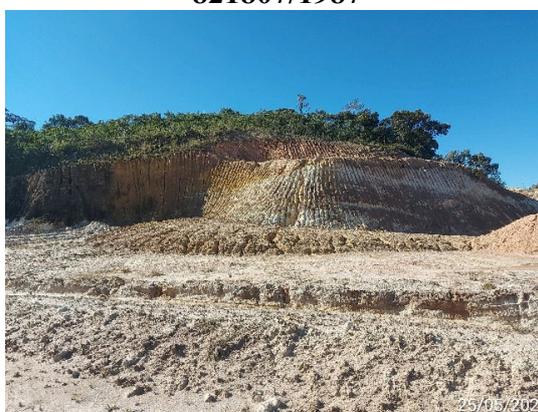
Ocorrem na região casos de exploração, em especial de material para revestimento de estradas rurais (saibreiras) sem registro na ANM (Foto5-153 a Foto5-154).

**Foto 5-147: Mineração Gino Minas Ltda. - Caulim (São José dos Pinhais) - Processos 817362/1970, 820429/1986, 821807/1987**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-148: Mineração Gino Minas Ltda. - Caulim (São José dos Pinhais) - Processos 817362/1970, 820429/1986, 821807/1987**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-149: Delta Sul Comércio de Concreto Brita Areia Industrial e Asfalto Ltda. – Santa Terezinha de Itaipu. Processo 826931/2011**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-150: Britadores da Delta Sul Comércio de Concreto Brita Areia Industrial e Asfalto Ltda. – Santa Terezinha de Itaipu. Processo 826931/2011**



Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-151: Mineração Grande Lago  
Ltda. Areia. Guaira. Processo  
826926/1996**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-152: Mineração Grande Lago  
Ltda. Areia. Guaira. Processo  
826926/1996**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-153: Saibreira – Estrada Rural de  
Cascavel – Sem Processo**



Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-154: Saibreira – Estrada Rural de  
Cascavel - Sem Processo**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/04/2021.

Na Foto5-155 observa-se uma cava onde ocorreu a exploração pretérita de areia.

**Foto 5-155: Cavas Exploração de Areia - Mandirituba – 826831/2014**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

#### **5.1.4.2 Geotecnia**

As características geotécnicas estão associadas às condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas e hidrológicas/hidrogeológicas. O traçado de uma ferrovia leva em consideração os fatores citados, pois podem acarretar problemas ao longo do traçado da ferrovia. Os pontos visitados durante as atividades de campo são apresentados no Apêndice 5-2 - Mapa de Unidades Geomorfológicas e na planilha com pontos de caminhada apresentada no Apêndice 5-1.

Diversos problemas podem estar associados às características citadas, tais como inundação, erosão e movimentos de massa gravitacional, conforme descrito abaixo:

- Erosão é definida como o conjunto de processos físicos, químicos e/ou biológicos que desagregam e transportam rochas e solos para áreas de topografia mais baixas, sendo ali depositadas (ABGE, 1998). Em ferrovias, a erosão pode ocorrer em taludes de corte e aterro ou associadas a obras de drenagem. As principais causas estão associadas a problemas na drenagem, e deficiências na cobertura vegetal;
- Os movimentos de massa (escorregamentos, fluxos e quedas de blocos) são ocasionados pela ação da força gravitacional sobre uma determinada vertente

- quando a força de coesão do solo entra em colapso fazendo com que a vertente sofra deformações e adquira novas formas, caracterizando a dinâmica geomorfológica do local. Em geral, os movimentos de massa são deflagrados por eventos de pluviosidade. O aumento da umidade do solo modifica as condições de coesão, suporte e estabilidade do material. A declividade do terreno e o fluxo das águas, condicionam o equilíbrio dinâmico das forças. Especificamente em ferrovias, além das condições citadas, podem estar associadas à deficiência nas fundações, drenagens, na cobertura vegetal e inclinação inadequada do talude; e
- Inundações estão associadas às áreas planas e chuvas intensas. A impermeabilização do solo e drenagem inadequada, podem favorecer os processos de saturação hídrica.

Na AE, as regiões serranas, tais como a Serra do Mar e Serra da Esperança, apresentam relevo com encostas íngremes indutoras de movimento gravitacional de massas. Nessa região os solos são geralmente pouco espessos nos topos, ausentes nas vertentes e acumulam-se nas bases das encostas em formações de tálus. Nessas regiões, também, os cortes no terreno expõem paredões de rocha em taludes verticalizados.

De acordo com estudos realizados por Vieira (2008), as zonas de deslizamento na Escarpa da Esperança estão correlacionadas com o grau de fraturamento e heterogeneidade dentro das rochas da Formação Botucatu e Serra Geral; também devido à base ser composta por rochas de pouca coesão da Formação Rio do Rasto, caracterizando-se como locais de fraca resistência e de intensa erosão linear. Assim, as falhas, fraturas, contatos litológicos e grau de alteração da rocha são considerados aqui como fatores predisponentes à ocorrência de movimentos de massa. Também se verificou que as encostas com alto ângulo de inclinação, os quais foram potencializados pelo corte vertical para a construção da rodovia (BR-277), favoreceram à ocorrência de escorregamentos.

A região da Serra do Mar Paranaense, em virtude das suas características físicas, apresenta históricos de movimentos de massa tais como os ocorridos em 11 de março de 2011, que resultaram em graves danos e perdas econômicas à região, onde todo o material fluiu em direção às planícies, com material grosseiro (blocos de rocha e troncos de árvore) tendendo a se depositar na saída dos canais, formando cones de detritos, enquanto a lama

e água suja atingiram o vale, resultando em inundação e depósitos de sedimentos finos na planície aluvional (SILVEIRA et al., 2013a).

A Foto5-156 apresenta a situação em uma propriedade no Trecho IV, onde ocorreu uma movimentação de massa e o proprietário realizou uma contenção improvisada com pneus para evitar a queda da casa.

**Foto 5-156: Contenção com Pneus**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

A Foto5-157 e a Foto5-158 representam o evento extremo ocorrido em março de 2011 na Serra do Mar e Planície Litorânea.

**Foto 5-157: Sistema de Escorregamento na Serra do Mar**



Fonte: Lima (2013).

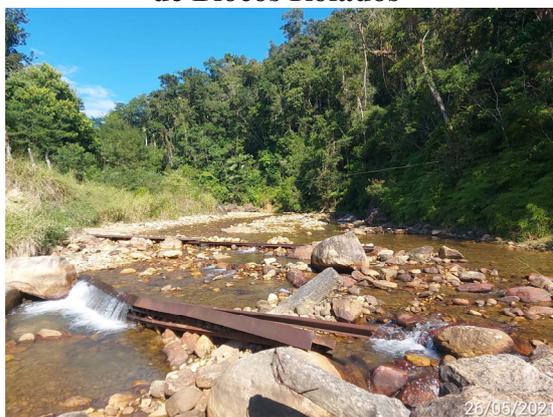
**Foto 5-158: Corrida de Lama e Detritos - Planície de Inundação do rio Jacareí**



Fonte: Cenacid (2011).

A Foto5-159 apresenta registro do rio Jacareí, com presença de blocos rolados ao longo de seu leito e a Foto5-160 indica que área da Comunidade da Floresta é monitorada pela Defesa Civil devido à suscetibilidade a deslizamentos e enxurradas.

**Foto 5-159: Rio Jacareí com Presença de Blocos Rolados**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-160: Área Monitorada pela Defesa Civil – Floresta (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

Outra ocorrência observada trata-se de processo erosivo de grande porte (voçoroca) identificado na estrada de acesso a Iguatemi (MS-180), parcialmente interdita, com presença de *piping* e água corrente na base, com altura aproximadamente 15 m de altura e 700 m de comprimento, representados na Foto5-161. Na Foto5-162 também é possível verificar ocorrência de processo erosivo de grande porte, no município de Amambai, em área de pastagem.

**Foto 5-161: Processo Erosivo –  
Voçoroca (Iguatemi)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-162: Processo Erosivo –  
Voçoroca (Amambai)**



Fonte: Jackson Goldbach, 05/05/2021.

#### **5.1.4.2.1 Suscetibilidade a Movimentos de Massa Gravitacionais, Erosão e Inundações**

As áreas suscetíveis a movimentos de massa, processos erosivos e inundações foram definidas conforme metodologia detalhada na sequência.

##### **5.1.4.2.1.1 Metodologia**

Os mapas de suscetibilidade a inundação, erosão e movimentos de massa gravitacionais foram elaborados a partir da combinação de atributos geomorfométricos calculados de Modelo Digital de Elevação, unidades geológicas e classes de solo em toda a área de estudo. Foram atribuídos pesos às variáveis e o resultado final variou de zero (suscetibilidade mínima) a um (suscetibilidade máxima). Operacionalmente todas as etapas foram realizadas pelo software QGIS 3.4.8.

##### **5.1.4.2.1.1.1 Cálculo dos Atributos Geomorfométricos**

Os atributos geomorfométricos foram calculados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Srtm, banda C, versão um, que possui resolução de um arco de segundo (30 metros na AE). Para o mapeamento da suscetibilidade a inundações foram utilizados o Índice Topográfico de Umidade, o Índice de Posição Topográfica (raio de cinco quilômetros) e a declividade. Para a suscetibilidade a erosões, foram utilizados o Índice

de Potência do Escoamento, e o Índice de Posição Topográfica (raio de 500 m). Para a suscetibilidade a movimentos de massa gravitacionais, por fim, foram utilizadas a declividade e a amplitude altimétrica. Apresenta-se, adiante, as principais características das variáveis calculadas.

- Declividade, que mensura a inclinação das vertentes, foi calculada com as variáveis direcionais de Horn (1981), em porcentagem. A declividade viabiliza caracterizar a influência do relevo e dos agentes morfodinâmicos, já que o aumento dos valores de declive é proporcional à predisposição a processos gravitacionais, enquanto os valores mais baixos de declividade podem denotar os setores agradacionais. Em ambiente serrano, por exemplo, a literatura aponta que os deslizamentos ocorrem em declividades superiores a 30% e inundações em declividades inferiores a 6% (SILVEIRA et al., 2014).

- Área de contribuição, que computa o fluxo acumulado de pixels (multiplicado pela área), a montante, com base nas direções resultantes das diferenças de elevação. Para esse atributo, foi empregado o método D-Infinito, de Tarboton (1997), que busca distribuir proporcionalmente o fluxo numa janela 3x3 pixels. Essa variável é fundamental para caracterizar a rede de drenagem e o fluxo hídrico nas bacias hidrográficas, pois apresenta valores acumulados desde os divisores d'água até a foz dos rios.

- Amplitude altimétrica, que condiz à diferença entre a elevação máxima e mínima num entorno predefinido. Para esse atributo, foi definido o raio de um quilômetro para a análise de vizinhança dos valores de elevação. Compreende-se que o incremento da amplitude altimétrica é proporcional à suscetibilidade a processos gravitacionais, uma vez que a deflagração desses processos ocorra nas porções mais elevadas do ambiente serrano.

- Índice de Posição Topográfica (IPT), que mensura a diferença de elevação entre cada pixel ( $Z_0$ ) e a média da elevação de um entorno predefinido ( $Z$ ), tal como consta na equação 1. Esse atributo foi aplicado por Weiss (2001) e resulta da proposta original de Wilson e Gallant (2000), cujo cálculo é definido como “diferença da elevação média”. O principal parâmetro desse atributo é a extensão da janela ou raio para a análise de vizinhança (SILVEIRA & SILVEIRA, 2016). Foram utilizados dois raios nos cálculos: 500 m e 5 km. Valores positivos indicam que a célula se situa mais elevada que o entorno,

valores negativos representam células mais rebaixadas e valores próximos a zero indicam células com declive constante.

$$IPT = Z_0 - \bar{Z} \quad (\text{equação 1})$$

- O Índice Topográfico de Umidade (ITU) é composto pela área de contribuição dividida pela tangente da declividade (equação 2) e é um parâmetro utilizado para descrever a tendência de acumulação de água para cada célula do MDT. Ao relacionar área de contribuição alta e declividade baixa, essa variável tem grande potencial para identificar as áreas suscetíveis a inundações.

- Já o Índice de Potência do Escoamento (IPE), originalmente chamado de *Stream Power Index*, é calculado pela multiplicação entre a área de contribuição e a tangente da declividade (equação 3) e pode ser utilizado para mensurar a erosão potencial do fluxo (SILVEIRA, 2019). Ao contrário do Índice Topográfico de Umidade, o cálculo dessa variável prioriza as porções com área de contribuição alta e também de declividade, o que possibilita caracterizar a energia dos fluxos hídricos com o acréscimo da inclinação das vertentes. Tem-se, assim, um caracterizador quantitativo da erosão fluvial.

$$ITU = \ln\left(\frac{A_c}{\tan\beta}\right) \quad (\text{equação 2})$$

$$IPE = A_c \cdot \tan\beta \quad (\text{equação 3})$$

Onde  $\ln$  é o logaritmo natural,  $A_c$  é a área de contribuição e  $\tan\beta$  é a tangente da declividade mensurada em graus.

#### **5.1.4.2.1.1.2 Combinação das Variáveis para o Mapa de Suscetibilidade**

Para cada unidade geológica (Tabela 5-14) e classe de solo (Tabela 5-15) foi atribuído um peso de suscetibilidade com variação de 0 a 1. Para os atributos geomorfométricos foi utilizada a lógica fuzzy (Tabela 5-16), onde 1 indica o grau de pertinência máximo e 0 indica o mínimo ou a ausência do processo. A etapa de fuzzificação das variáveis do relevo foi feita de modo linear.

**Tabela 5-14: Pesos de Suscetibilidade Atribuídos às Unidades Geológicas**

| Éon                              | Era  | Período               | Época  | Unidade Geológica      | Inundação | Erosão | MMG  |
|----------------------------------|--|-----------------------|--|------------------------|-----------|--------|------|
| Fanerozóico                      | Cenozóico  | Quaternário           | Holoceno                                     | Depósitos Tecnogênicos | 0,1       | 0,6    | 0,10 |
|                                  |  |                       |  | Sedimentos Recentes    | 0,10      | 0,6    | 0,1  |
|                                  |  |                       | Pleistoceno                                  | Formação Guabirota     | 0,4       | 0,4    | 0,2  |
|                                  |  | Neogeno               | Mioceno                                      | Formação Alexandra     | 0,6       | 0,4    | 0,1  |
|                                  | Mesozóico  | Cretáceo              | Formação Caiuá                               |                        | 0,1       | 0,1    | 0,2  |
|                                  |  |                       | Formação Serra Geral e intrusivas Associadas |                        | 0,1       | 0,4    | 0,8  |
|                                  |  | Jurássico             | Formação Botucatu                            |                        | 0,2       | 0,10   | 0,2  |
|                                  |  | Triássico             |  |                        |           |        |      |
|                                  | Paleozóico   | Permiano              | Formação Rio do Rasto                        |                        | 0,1       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  |                       | Formação Teresina                            |                        | 0,1       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  |                       | Formação Serra Alta                          |                        | 0,1       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  |                       | Formação Irati                               |                        | 0,2       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  |                       | Formação Palermo                             |                        | 0,2       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  |                       | Formação Rio Bonito                          |                        | 0,2       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  | Carbonífero           | Grupo Itararé                                |                        | 0,1       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  | Devoniano             | Formação Furnas                              |                        | 0,1       | 0,8    | 0,4  |
|                                  | Cambriano  | Formação Guaratubinha |  | 0,1                    | 0,6       | 0,5    |      |
|                                  | Proterozóico Superior  | Formação Camarinha    |  |                        | 0,1       | 0,6    | 0,4  |
|                                  |  | Suíte Álcali-granitos |  |                        | 0,1       | 0,6    | 0,10 |
|                                  |  | Grupo Açungui         |  |                        | 0,1       | 0,5    | 0,6  |
| Arqueano - Proterozóico Inferior | Complexo Cachoeira   |                       |  | 0,1                    | 0,6       | 0,10   |      |
|                                  | Complexo Metamórfico Indiferenciado Complexo Granítico Gnáissico |                       |  | 0,1                    | 0,6       | 0,10   |      |
|                                  | Complexo Granítico Gnáissico                                     |                       |  | 0,1                    | 0,6       | 0,10   |      |
|                                  | Complexo Gnáissico Migmatítico                                   |                       |  | 0,1                    | 0,6       | 0,10   |      |
|                                  | Complexo Metamórfico Indiferenciado                              |                       |  | 0,1                    | 0,6       | 0,10   |      |

Fonte: Elaborado pela Fipe, adaptado de Milani (1997).

**Tabela 5-15: Pesos de Suscetibilidade Atribuídos às Classes de Solo**

| Ordem      | Classe do Solo            | Inundação | Erosão | MMG |
|------------|---------------------------|-----------|--------|-----|
| Latosolos  | Latosolo Vermelho         | 0,1       | 0,2    | 0,2 |
|            | Latosolo Bruno            | 0,1       | 0,4    | 0,1 |
|            | Latosolo Vermelho-Amarelo | 0,1       | 0,1    | 0,8 |
| Nitossolos | Nitossolo Vermelho        | 0,5       | 0,6    | 0,1 |

| Ordem                | Classe do Solo             | Inundação | Erosão | MMG |
|----------------------|----------------------------|-----------|--------|-----|
|                      | Nitossolo Háptico          | 0,5       | 0,5    | 0,7 |
| Argissolos           | Argissolo Vermelho         | 0,6       | 0,8    | 0,8 |
|                      | Argissolo Vermelho-Amarelo | 0,6       | 0,8    | 0,7 |
| Cambissolo           | Cambissolo Háptico         | 0,7       | 0,7    | 0,9 |
|                      | Cambissolo Húmico          | 0,8       | 0,6    | 0,9 |
|                      | Cambissolo Flúvico         | 0,8       | 0,6    | 0,3 |
| Neossolos            | Neossolo Litólico          | 0,2       | 0,8    | 0,1 |
|                      | Neossolo Quartzarenico     | 0,7       | 0,8    | 0,4 |
| Gleissolos           | Gleissolo Melânico         | 0,1       | 0,6    | 0,1 |
|                      | Gleissolo Háptico          | 0,1       | 0,7    | 0,1 |
|                      | Gleissolo Tiomórfico       | 0,1       | 0,9    | 0,1 |
| Organossolos         | Organossolo Háptico        | 0,1       | 0,6    | 0,1 |
|                      | Organossolo Mésico         | 0,1       | 0,6    | 0,1 |
| Espodossolos         | Espodossolo Humilúvico     | 0,1       | 0,9    | 0,1 |
| Afloramento de Rocha |                            | 0,1       | 0,7    | 0,1 |
| Massa d'água         |                            | 0,1       | 0,8    | 0,8 |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Tabela 5-16: Pesos e Valores fuzzy de Suscetibilidade Atribuídos aos Atributos Geomorfométricos**

| Fuzzificação dos Atributos Geomorfométricos para Mapeamento da Suscetibilidade |                 |                                     |  |  |   |  |                                      |
|--|-----------------|-------------------------------------|--|--|---|--|--------------------------------------|
| PESO<br>(Valores Fuzzy)  | Inundação       |                                     |  | Erosão                                 |   | Movimento de Massa Gravitacional (MMG) |                                      |
|  | Declividade (%) | Índice topográfico de umidade (ITU) | Índice de posição topográfica (IPT) com raio de 5 km | Índice de potência do escoamento (IPE) | Índice de posição topográfica (IPT) com raio de 500 m | Declividade (%)                        | Amplitude altimétrica (raio de 1 km) |
| <b>0</b><br>(pertinência mínima)   | > 6             | < 8                                 | > - 20   | > 11                                   | < -40   | > 8                                    | > 50                                 |
| <b>1</b><br>(pertinência máxima)   | 0               | 19                                  | -500   | > 13                                   | -130  | > 60                                   | > 600                                |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Inicialmente foi realizada a combinação dos atributos geomorfométricos fuzzificados para a suscetibilidade geomorfológica a inundações (equação 4), erosões (equação 5) e movimentos de massa gravitacionais (equação 6).

$$\text{Inundação} = \frac{(ITU * 4) + (\text{Decliv} * 4) + IPT}{9} \quad (\text{equação 4})$$

$$\text{Erosão} = \frac{IPE + IPT}{2} \quad (\text{equação 5})$$

$$\text{Movimento de massa} = \frac{\text{Decliv} + \text{Amplit}}{2} \quad (\text{equação 6})$$

Por fim, a combinação de todas as variáveis (geomorfometria, geologia e solos) foi feita de acordo com os parâmetros da equação sete. Atribuiu-se um peso maior às variáveis geomorfométricas em função da escala dos dados, que permite individualizar setores com maior suscetibilidade à ocorrência dos processos, visto que os cálculos são feitos pixel a pixel. Foram elaborados três mapeamentos de suscetibilidade, um para cada parâmetro considerado: inundação, erosão e movimento de massa gravitacional.

$$\text{Suscetibilidade} = \frac{(\text{Geomorfometria} * 5) + \text{Geologia} + \text{Solos}}{7} \quad (\text{equação 7})$$

#### 5.1.4.2.1.2 Resultados Obtidos

As análises realizadas dos parâmetros supracitados geraram o Apêndice 5-8 - Mapa de Suscetibilidade a Inundações, Apêndice 5-9 - Mapa de Suscetibilidade à Erosão e o Apêndice 5-10 - Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa Gravitacionais.

A classificação final apresentada nos mapas citados variou de zero (suscetibilidade mínima) a um (suscetibilidade máxima).

Na sequência são apresentados os resultados obtidos por trecho.

##### 5.1.4.2.1.2.1 Suscetibilidade a Inundações

De acordo com Tucci (2004) as inundações geralmente ocorrem quando a precipitação é intensa, e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, resultando no transbordamento de suas águas para áreas ribeirinhas.

A identificação e o mapeamento das áreas mais suscetíveis a inundações são essenciais para a tomada de decisão, principalmente, para o planejamento territorial, e fundamental para construções de grande porte como é o caso da ferrovia em questão.

- Trecho I - Maracaju a Cascavel

O Trecho I caracteriza-se por apresentar preferencialmente relevo plano e suave ondulado. As áreas suscetíveis as inundações estão associadas ao relevo plano (declividade entre 0-3%), onde também são identificados os solos hidromórficos e sedimentos recentes associados a planícies de inundação.

Destaca-se o rio Iguatemi e Paraná, onde é possível identificar uma extensa área classificada como suscetível a inundação, no entanto, esta característica também é observada nos principais rios da AE.

No Paraná, a ferrovia tende a passar preferencialmente nos divisores de água, portanto, poucas áreas com suscetibilidade a inundação são atravessadas pelo traçado, como por exemplo o rio Taturi.

As áreas de risco de inundação estão, portanto, associadas ao cruzamento da ferrovia com os corpos hídricos com suscetibilidade a inundação.

- Trecho II - Foz do Iguaçu a Cascavel

O Trecho II caracteriza-se por apresentar preferencialmente relevo suave ondulado e ondulado. As áreas suscetíveis as inundações estão associadas ao relevo plano (declividade entre zero e 3%), onde também são identificados os sedimentos recentes associados a planícies de inundação.

Assim como no Trecho I, a ferrovia tende a passar nos divisores de água. No entanto, alguns rios como o rio Ouro Verde, que acompanha paralelamente parte da ferrovia neste trecho, caracteriza-se como área suscetível a inundação.

- Trecho III - Cascavel a Guarapuava

O Trecho III caracteriza-se por apresentar preferencialmente relevo ondulado. As áreas suscetíveis as inundações correspondem a cerca de 6% da AE no trecho em questão e estão associadas ao relevo plano (declividade entre zero e 3%).

Assim como no Trecho I, a ferrovia tende a passar nos divisores de água, com exceção de alguns rios, entre eles os rios Juquiá, Diamante, Passo Novo, Araras, do Poço, Barro Preto, Campo Real, Cachoeira e Rio Coutinho, que atravessam o traçado da ferrovia em operação e caracterizam-se como áreas suscetíveis a inundação.

- Trecho IV - Guarapuava a São José dos Pinhais

O Trecho IV caracteriza-se por apresentar preferencialmente relevo ondulado. As áreas suscetíveis as inundações correspondem a cerca de 13% da AE no trecho em questão e estão associadas ao relevo plano (declividade entre zero e 3%), onde também são identificados os solos hidromórficos e sedimentos recentes associados a planícies de inundação.

O Trecho IV atravessa os seguintes corpos hídricos: das Mortes, das Pedras, Bananas, Almas, Arroio Faxinal dos Antônios, Arroio Água Clara, Preto, Pirapo, Corrente, Riozinho, Barreiro, Córrego dos Lopes, Imbituva, Cabriúva, Pessegueiro, Macacos, Ribeirão Bonito, Iguaçu, Papagaios, Corrisco, Turvo, Isabel Alves, Onças, Faxinal, Patos, Maurício, Miringuava Mirim, Miringuava, Pequeno, entre outros, que se caracterizam como áreas suscetíveis a inundação.

- Trecho V - São José dos Pinhais a Paranaguá

No Trecho V, na região da Serra do Mar Paranaense, a ferrovia passa em meia encosta, portanto não apresenta muitas áreas suscetíveis a inundação no traçado, com exceção dos rios Saquarema, Jacareí e Ribeirão.

Na AE além dos rios citados, também ocorrem importantes áreas suscetíveis a inundações associadas aos rios do Preto, dos Neves, e outros.

Nesta região foram evidenciadas enxurradas em eventos extremos registrados anteriormente que evidenciam áreas de risco para a população local e infraestruturas existentes, como a rodovia BR-277, sendo que, atualmente, a região segue sendo monitorada pela Defesa Civil.

#### **5.1.4.2.1.2.2 Suscetibilidade à Erosão**

Processos erosivos do tipo laminar e em sulcos, e o desenvolvimento de ravinas profundas e voçorocas são capazes de mobilizar grande quantidade de sedimentos, gerando um aporte de material sólido ao longo dos corpos hídricos e também prejudicando áreas agricultáveis, equipamentos urbanos e obras civis.

- Trecho I - Maracaju a Cascavel

As áreas com maior suscetibilidade a erosão estão associadas a porções sedimentares arenosas da Formação Caiuá, nestas porções foram identificados processos erosivos de grande porte como os apontados na Foto5-161 e na Foto5-162.

- Trecho II - Foz do Iguaçu a Cascavel

No Trecho II as áreas suscetíveis as erosões não são significativas, e são distribuídas ao longo do traçado. No entanto, durante as atividades de campo não se evidenciou processos de grande porte, restringindo-se a erosões laminares e sulcos, em sua maioria associados aos corpos hídricos.

- Trecho III - Cascavel a Guarapuava

No Trecho III a situação identificada é semelhante ao Trecho II, onde as erosões estão associadas aos corpos hídricos e não são de grande porte.

- Trecho IV - Guarapuava a São José dos Pinhais

No Trecho IV as áreas suscetíveis as erosões estão associadas às drenagens, e também as regiões onde o solo é mais arenoso, como por exemplo na região de Porto Amazonas e Balsa Nova.

- Trecho V - São José dos Pinhais a Paranaguá

A suscetibilidade a erosão na região da Serra do Mar está associada aos corpos hídricos, e também aos movimentos de massa gravitacionais.

### 5.1.4.2.1.2.3 Suscetibilidade a Movimentos de Massa Gravitacionais

A análise de suscetibilidade a movimentos de massa gravitacionais tem por objetivo identificar áreas potenciais a escorregamento, quedas de blocos e corridas. Estes eventos ocorrem naturalmente na natureza, mas podem ser intensificados por eventos extremos ou pela ação humana.

Na AE as áreas suscetíveis a movimentos de massa gravitacionais apresentam maior destaque nos trechos III, IV e V, em especial na região da Serra do Mar.

- Trecho I - Maracaju a Cascavel

No Trecho I a suscetibilidade a movimentos de massa é baixa a média, em virtude basicamente do seu relevo plano.

- Trecho II - Foz do Iguaçu a Cascavel

Na região de Matelândia, Medianeira e Ramilândia foram indicadas áreas com média suscetibilidade próximo a encostas.

- Trecho III - Cascavel a Guarapuava

No Trecho III, a região de Guaraniaçu e Laranjeiras do Sul apresenta média a alta suscetibilidade a movimentos de massa.

- Trecho IV - Guarapuava a São José dos Pinhais

No Trecho IV, na AE e ADA, destaca-se a região da Serra da Esperança, onde a suscetibilidade a movimentos de massa é média a alta. No final do trecho, na AE, também ocorrem porções de elevada suscetibilidade associadas a Serra do Mar.

- Trecho V - São José dos Pinhais a Paranaguá

O Trecho V é o mais crítico a suscetibilidade de movimentos de massa em toda a AE, onde foram identificadas diversas porções com elevada suscetibilidade.

A área em questão apresenta alta declividade, fato que favorece os movimentos de massa gravitacionais, quando associados a fatores como pluviosidade elevada, cortes irregulares nos taludes e desmatamento em encostas.

A região apresenta diversos casos de escorregamentos em destaque para os eventos ocorridos em março de 2011, cabendo destacar, no entanto, que este não foi um evento isolado. A área é de risco geológico-geotécnico e atenção especial deverá ser dada durante a execução e operação da ferrovia.

#### **5.1.4.2.2 Caracterização das Obras de Arte Especiais**

A nível de Evtea-J, foram projetados para a Nova Ferroeste 137 pontes, 23 viadutos ferroviários e 54 túneis, totalizando 214 obras de artes especiais (OAEs) na extensão de 1.291,06 km.

##### **5.1.4.2.2.1 Pontes e Viadutos**

De acordo com o Evtea-J elaborado pelo Consórcio TPF-Sener (2021), para o dimensionamento dos bueiros, considerou-se 78,65 m<sup>3</sup>/s como a maior vazão para o dimensionamento de tais obras. Assim sendo, para os cursos hídricos interceptados pelo traçado da Nova Ferroeste que possuem vazão superior a esta foi considerada a necessidade de construção de pontes.

As cotas máximas de cheia das pontes foram calculadas em conformidade com as instruções da publicação IPR – 724 do DNIT, sendo que o valor da vazão e demais características físicas da bacia foram obtidas nos estudos hidrológicos apresentados no Evtea-J (CONSÓRCIO TPF-SENER, 2021).

Estão previstas pontes e viadutos ferroviários e viadutos rodoviários, sendo o segundo grupo implantado nos cruzamentos entre as rodovias federais/estaduais e o traçado geométrico da ferrovia, dando preferência para a intervenção na rodovia que é considerada uma obra com maior viabilidade econômica do que a implantação de um viaduto ferroviário.

Para implantação das OAEs ferroviárias foi adotado o critério: onde o greide projetado superar em 30 m de altura o nível do terreno natural, será necessária a criação da ponte/viaduto ferroviário. Entre as pontes e viadutos previstos, 11 pontes e dois viadutos já existem e serão substituídos ou adaptados.

A seguir são apresentadas as tabelas com pontes e viadutos previstos e suas características quanto à geologia, geomorfologia e suscetibilidade a inundação, erosão e movimento de massa gravitacional.

**Tabela 5-17: Pontes Previstas**

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                    | Erosão      | MMG     | Inundação       |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|----------------------------------|-------------|---------|-----------------|
| I      | 6                | 200,38       | 21   | 684.288 | 7.598.106 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,1/0,4/0,5 | 0,2     | 0,5/0,6         |
| I      | 31               | 150,25       | 21   | 693.622 | 7.575.546 | Grupo Caiuá  | Superfície Rebaixada de Dourados | 0,2/0,3     | 0,1/0,2 | 0,6             |
|        |                  |              |      |         |           | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Superfície Rebaixada de Dourados | 0,2/0,5     | 0,2     | 0,6             |
| I      | 65               | 100,16       | 21   | 704.096 | 7.544.479 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,4         | 0,2     | 0,1/0,4/0,5     |
| I      | 95               | 100,14       | 21   | 715.835 | 7.522.890 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Superfície Rebaixada de Dourados | 0,4/0,5     | 0,2     | 0,1             |
| I      | 110              | 150,19       | 21   | 725.781 | 7.513.579 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,1/0,5/0,6 | 0,2     | 0,1/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 124              | 100,13       | 21   | 726.077 | 7.500.405 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,6/0,7     | 0,1     | 0,1/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 130              | 140,08       | 21   | 727.015 | 7.494.347 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,2/0,8     | 0,1/0,2 | 0,1/0,2/0,6     |
| I      | 131              | 81,80        | 21   | 727.107 | 7.493.871 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,3/0,7     | 0,1/0,2 | 0,2/0,6/0,7     |
| I      | 151              | 170,21       | 21   | 728.721 | 7.475.743 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense       | 0,5/0,6     | 0,2     | 0,5/0,6         |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia              | Erosão              | MMG     | Inundação       |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|----------------------------|---------------------|---------|-----------------|
| I      | 155              | 120,14       | 21   | 730.206 | 7.471.511 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense | 0,5/0,6             | 0,2     | 0,6/0,7         |
| I      | 160              | 230,27       | 21   | 729.607 | 7.467.124 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense | 0,1/0,5/0,6         | 0,2     | 0,5/0,6/0,7     |
| I      | 170              | 300,37       | 21   | 726.259 | 7.457.800 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2/0,6/0,7         | 0,1     | 0,1/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 179              | 450,56       | 21   | 725.782 | 7.448.460 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2/0,6/0,7         | 0,1/0,2 | 0,1/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 190              | 530,66       | 21   | 724.405 | 7.439.342 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2/0,3/0,5/0,6/0,7 | 0,1     | 0,1/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 194              | 300,37       | 21   | 725.968 | 7.436.275 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2/0,5/0,6         | 0,1     | 0,1/0,5/0,6     |
| I      | 232              | 290,25       | 21   | 750.272 | 7.413.458 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,3/0,7/0,8         | 0,2/0,3 | 0,2/0,6/0,7/0,8 |
| I      | 239              | 110,10       | 21   | 748.764 | 7.407.077 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,6/0,7/0,8         | 0,2     | 0,2/0,7/0,8     |
| I      | 258              | 150,11       | 21   | 755.332 | 7.389.469 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,7/0,8             | 0,2     | 0,2/0,6/0,7     |
| I      | 272              | 300,19       | 21   | 764.170 | 7.380.786 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,3/0,6/0,7/0,8     | 0,2     | 0,2/0,6         |
| I      | 296              | 130,07       | 21   | 771.584 | 7.361.193 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,6/0,7             | 0,1     | 0,2/0,8         |
| I      | 302              | 110,05       | 21   | 774.110 | 7.355.538 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,3/0,7/0,8         | 0,2     | 0,2/0,6         |
| I      | 306              | 150,06       | 21   | 776.888 | 7.353.966 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,7/0,8             | 0,2     | 0,2/0,5/0,6/0,7 |
| I      | 308              | 150,06       | 21   | 778.495 | 7.352.456 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,3/0,7/0,8         | 0,2     | 0,2/0,6/0,7     |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia               | Erosão              | MMG         | Inundação                   |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|-----------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|
| I      | 314              | 130,05       | 21   | 777.605 | 7.347.759 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense  | 0,3/0,7/0,8         | 0,2         | 0,2/0,6/0,7                 |
| I      | 321              | 450,19       | 21   | 777.318 | 7.341.428 | Grupo Caiuá  | Planície do Rio Paraná      | 0,3/0,6             | 0,1         | 0,2                         |
| I      | 326              | 4.001,58     | 21   | 778.933 | 7.336.783 | Grupo Caiuá  | Planície do Rio Paraná      | 0,3                 | 0,1/0,2     | 0,2                         |
|        |                  |              |      |         |           | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planície Fluvial            | 0,2                 | 0,3         | 0,2                         |
| I      | 331              | 900,31       | 21   | 782.009 | 7.332.845 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7 | 0,2/0,3     | 0,1/0,2/0,4/<br>0,5/0,6/0,7 |
| I      | 337              | 150,05       | 21   | 782.283 | 7.326.882 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão | 0,6                 | 0,3         | 0,1/0,6/0,7                 |
| I      | 340              | 280,08       | 21   | 784.720 | 7.325.595 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão | 0,2/0,5/0,6         | 0,3         | 0,1/0,6/0,7                 |
| I      | 348              | 200,04       | 21   | 790.388 | 7.322.149 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão | 0,6                 | 0,2/0,3     | 0,5/0,6/0,7                 |
| I      | 350              | 200,04       | 21   | 790.767 | 7.320.368 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão | 0,2/0,5/0,6         | 0,3         | 0,5/0,6/0,7                 |
| I      | 422              | 500,00       | 22   | 227.080 | 7.275.178 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel     | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7 | 0,2/0,3/0,4 | 0,1                         |
| I      | 470              | 900,00       | 22   | 253.519 | 7.246.720 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel     | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6 | 0,2/0,3     | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6/0,7     |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                | Erosão                  | MMG                 | Inundação               |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| I      | 475              | 649,98       | 22   | 258.514 | 7.245.977 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel      | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6     | 0,2                 | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7     |
| II     | 3                | 900,63       | 21   | 754.494 | 7.176.771 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de Foz<br>do Iguaçu | 0,2/0,5/0,6             | 0,3                 | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7/0,8 |
| II     | 42               | 900,25       | 21   | 783.682 | 7.194.295 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de Foz<br>do Iguaçu | 0,1/0,2/0,5/<br>0,6     | 0,2/0,3             | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7     |
| II     | 51               | 1.300,12     | 21   | 789.312 | 7.201.145 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de Foz<br>do Iguaçu | 0,1/0,5/0,6             | 0,2/0,3             | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7     |
|        |                  |              |      |         |           |  | Planície Fluvial             | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6     | 0,2/0,4             | 0,1/0,6/0,7             |
| II     | 57               | 700,08       | 21   | 793.002 | 7.205.384 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de Foz<br>do Iguaçu | 0,1/0,2/0,6/<br>0,7     | 0,2/0,3/0,4         | 0,1/0,6/0,7             |
| II     | 75               | 30,00        | 22   | 202.943 | 7.213.353 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do São<br>Francisco | 0,6                     | 0,3                 | 0,1/0,7                 |
| II     | 84               | 2.599,90     | 22   | 205.296 | 7.220.022 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do São<br>Francisco | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8     | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6 | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7/0,8 |
| II     | 103              | 1.199,91     | 22   | 222.655 | 7.220.853 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do São<br>Francisco | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6/0,7 | 0,2/0,3             | 0,1                     |
| II     | 135              | 30,00        | 22   | 247.378 | 7.225.391 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel      | 0,4/0,5                 | 0,2                 | 0,5                     |
| II     | 140              | 30,00        | 22   | 249.761 | 7.228.602 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel      | 0,6                     | 0,2                 | 0,5                     |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                        | Erosão              | MMG         | Inundação           |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|--------------------------------------|---------------------|-------------|---------------------|
| II     | 142              | 30,00        | 22   | 251.162 | 7.229.080 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel              | 0,5/0,6             | 0,2         | 0,6/0,7             |
| II     | 144              | 700,00       | 22   | 252.988 | 7.230.531 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Baixo Iguaçu          | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6 | 0,2/0,3     | 0,1/0,5/0,6         |
| II     | 146              | 1.499,00     | 22   | 254.317 | 7.231.320 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Baixo Iguaçu          | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7 | 0,2/0,3     | 0,1/0,4/0,5/<br>0,6 |
| II     | 151              | 673,53       | 22   | 259.245 | 7.232.133 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel              | 0,1/0,5/0,6         | 0,2/0,3     | 0,1/0,6             |
| II     | 155              | 30,00        | 22   | 263.064 | 7.232.019 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel              | 0,6                 | 0,2         | 0,5/0,6             |
| III    | 566              | 500,14       | 22   | 324.053 | 7.218.726 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri | 0,2/0,6/0,8         | 0,3/0,4/0,5 | 0,1                 |
| III    | 599              | 600,00       | 22   | 348.572 | 7.206.130 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri | 0,2/0,5/0,6         | 0,3/0,4     | 0,1                 |
| III    | 602              | 299,97       | 22   | 351.314 | 7.205.881 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri | 0,2/0,5/0,6         | 0,3/0,4     | 0,1                 |
| III    | 612              | 309,28       | 22   | 357.982 | 7.200.796 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri | 0,2/0,8/0,9         | 0,4/0,5     | 0,1                 |
| III    | 666              | 259,97       | 22   | 399.805 | 7.212.034 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri | 0,2/0,7             | 0,3/0,4     | 0,1/0,5/0,6         |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                  | Erosão              | MMG         | Inundação       |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|--------------------------------|---------------------|-------------|-----------------|
| III    | 669              | 199,87       | 22   | 402.319 | 7.211.440 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Alto/Médio Piquiri | 0,2/0,7             | 0,3/0,4     | 0,1             |
| III    | 679              | 152,00       | 22   | 409.085 | 7.210.769 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,2/0,5/0,6         | 0,3         | 0,2/0,5/0,6/0,7 |
| III    | 686              | 30,00        | 22   | 411.299 | 7.206.077 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,7                 | 0,3         | 0,1             |
| III    | 688              | 40,25        | 22   | 412.242 | 7.204.348 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,5/0,6             | 0,3         | 0,5/0,6         |
| III    | 706              | 61,48        | 22   | 423.281 | 7.192.240 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Palmas/Guarapuava  | 0,5                 | 0,2         | 0,4/0,5         |
| III    | 723              | 92,60        | 22   | 436.911 | 7.189.006 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Palmas/Guarapuava  | 0,4/0,5/0,6         | 0,2         | 0,5/0,6         |
| IV     | 734              | 160,97       | 22   | 446.668 | 7.192.908 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,1/0,6/0,7         | 0,2/0,3     | 0,1             |
| IV     | 737              | 1.399,96     | 22   | 448.418 | 7.194.696 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,1/0,2/0,6/0,7/0,8 | 0,3/0,4/0,5 | 0,1/0,6/0,7     |
| IV     | 739              | 1.399,95     | 22   | 449.064 | 7.196.666 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,2/0,6/0,7/0,8     | 0,3/0,4/0,5 | 0,1/0,6         |
| IV     | 751              | 30,00        | 22   | 459.657 | 7.198.026 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã      | 0,6                 | 0,2         | 0,5/0,6         |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                             | Erosão           | MMG             | Inundação           |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|---|------------------|-----------------|---------------------|
| IV     | 755              | 699,77       | 22   | 463.592 | 7.198.212 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Foz do Areia                  | 0,2/0,7          | 0,3/0,4/0,5     | 0,1/0,7             |
| IV     | 755              | 255,03       | 22   | 462.676 | 7.197.695 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Foz do Areia                  | 0,2/0,6/0,7      | 0,3/0,4         | 0,1/0,6/0,7         |
| IV     | 757              | 1.100,00     | 22   | 464.745 | 7.198.539 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Foz do Areia                  | 0,2/0,05/0,6/0,7 | 0,3/0,4/0,5/0,6 | 0,1/0,5/0,6/0,7     |
| IV     | 761              | 30,00        | 22   | 468.757 | 7.197.511 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,5          | 0,3             | 0,2                 |
| IV     | 768              | 899,94       | 22   | 471.771 | 7.191.636 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,5/0,6      | 0,3             | 0,2/0,5/0,6/0,7/0,8 |
| IV     | 772              | 30,00        | 22   | 473.335 | 7.188.783 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,7          | 0,3             | 0,2/0,7             |
| IV     | 778              | 589,48       | 22   | 477.524 | 7.185.137 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,6/0,7      | 0,3/0,4/0,5/0,6 | 0,2                 |
| IV     | 783              | 29,99        | 22   | 480.734 | 7.181.808 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2              | 0,4             | 0,2                 |
| IV     | 804              | 400,00       | 22   | 495.237 | 7.174.187 | Formação Botucatu  | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,3/0,9          | 0,4/0,5/0,6/0,7 | 0,2                 |
| IV     | 822              | 30,00        | 22   | 506.965 | 7.175.484 | Formação Teresina  | Planalto Residual da Formação Serra Geral | 0,3              | 0,2/0,3/0,4     | 0,2/0,5             |
| IV     | 826              | 30,00        | 22   | 509.757 | 7.177.219 | Formação Teresina  | Planalto de Iratí                         | 0,3/0,9          | 0,2/0,3         | 0,2                 |
| IV     | 829              | 30,00        | 22   | 512.671 | 7.178.134 | Formação Teresina  | Planalto de Iratí                         | 0,7              | 0,2/0,3         | 0,6                 |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia          | Geomorfologia             | Erosão                 | MMG                 | Inundação           |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|-------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| IV     | 836              | 799,95       | 22   | 603.239 | 7.175.380 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8    | 0,2/0,3/0,4         | 0,2/0,6/0,7         |
| IV     | 839              | 200,00       | 22   | 521.551 | 7.175.906 | Formação Teresina | Planalto de Prudentópolis | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7    | 0,2/0,3             | 0,1/0,5/0,6         |
| IV     | 841              | 30,00        | 22   | 523.456 | 7.175.159 | Formação Teresina | Planalto de Prudentópolis | 0,3/0,5/0,6            | 0,2                 | 0,5/0,6             |
| IV     | 844              | 29,99        | 22   | 525.685 | 7.174.699 | Formação Teresina | Planalto de Iratí         | 0,5                    | 0,2                 | 0,1/0,6             |
| IV     | 846              | 300,00       | 22   | 528.199 | 7.174.450 | Formação Teresina | Planalto de Iratí         | 0,2/0,6/0,7            | 0,2                 | 0,2                 |
| IV     | 854              | 1.099,94     | 22   | 534.151 | 7.174.223 | Formação Teresina | Planalto de Iratí         | 0,20,3/0,6/<br>0,7/0,8 | 0,3/0,4/0,5         | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7 |
|        |                  |              |      |         |           | Formação Teresina | Planalto de Ponta Grossa  | 0,3/0,6                | 0,3                 | 0,1/0,6/0,7         |
| IV     | 865              | 30,00        | 22   | 544.153 | 7.175.077 | Formação Palermo  | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2                    | 0,1/0,2             | 0,1                 |
| IV     | 870              | 30,00        | 22   | 548.723 | 7.174.830 | Formação Palermo  | Planalto de Ponta Grossa  | 0,3                    | 0,2/0,3             | 0,2                 |
| IV     | 874              | 30,02        | 22   | 551.634 | 7.174.634 | Formação Palermo  | Planalto de Ponta Grossa  | 0,5                    | 0,2                 | 0,6/0,7             |
| IV     | 899              | 800,00       | 22   | 572.352 | 7.174.553 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8    | 0,2/0,3/0,4         | 0,2                 |
| IV     | 901              | 500,25       | 22   | 574.577 | 7.174.598 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,7/0,8/<br>0,9    | 0,2/0,3/0,4/<br>0,5 | 0,2                 |
| IV     | 909              | 600,00       | 22   | 580.543 | 7.176.888 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,6/0,7            | 0,2/0,3             | 0,2/0,6/0,7         |
| IV     | 910              | 200,00       | 22   | 581.228 | 7.177.032 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,6/0,7            | 0,2/0,3             | 0,2/0,6/0,7         |
| IV     | 912              | 30,00        | 22   | 583.615 | 7.176.666 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2                    | 0,3                 | 0,2                 |
| IV     | 932              | 1.099,93     | 22   | 600.202 | 7.178.604 | Grupo Itararé     | Planalto de Ponta Grossa  | 0,2/0,3/0,6/<br>0,7    | 0,2/0,3             | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7 |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                       | Geomorfologia            | Erosão              | MMG                 | Inundação           |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| IV     | 943              | 30,00        | 22   | 609.619 | 7.176.470 | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,7                 | 0,2                 | 0,6                 |
| IV     | 946              | 30,00        | 22   | 612.342 | 7.175.466 | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,2/0,7/0,8         | 0,2/0,3             | 0,2/0,6             |
| IV     | 950              | 30,00        | 22   | 616.011 | 7.175.216 | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,7                 | 0,2                 | 0,5/0,6             |
| IV     | 954              | 500,00       | 22   | 619.742 | 7.173.409 | Formação Furnas                | Planalto de Ponta Grossa | 0,3/0,7/0,8         | 0,2/0,3/0,4/<br>0,5 | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7 |
| IV     | 959              | 200,00       | 22   | 623.149 | 7.170.655 | Formação Furnas                | Planalto de Ponta Grossa | 0,3/0,6/0,7/<br>0,8 | 0,2/0,3/0,4         | 0,2/0,6/0,7         |
| IV     | 962              | 226,66       | 22   | 626.318 | 7.169.589 | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,2/0,7/0,8         | 0,2/0,3             | 0,2/0,8             |
| IV     | 965              | 176,10       | 22   | 626.404 | 7.167.208 | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,2/0,6             | 0,2/0,3             | 0,2/0,6             |
|        |                  |              |      |         |           | Represa, rio, oceano           | Planalto de Ponta Grossa | 0,2/0,6             | 0,2                 | 0,2/0,3/0,5/<br>0,6 |
|        |                  |              |      |         |           | Sedimentos Recentes            | Planalto de Ponta Grossa | 0,2                 | 0,2                 | 0,3/0,7/0,8         |
| IV     | 971              | 30,00        | 22   | 632.224 | 7.166.154 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Ponta Grossa | 0,2                 | 0,2                 | 0,7/0,8             |
| IV     | 981              | 30,00        | 22   | 639.848 | 7.163.239 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú  | 0,5/0,6             | 0,1                 | 0,2/0,6             |
| IV     | 985              | 30,00        | 22   | 643.091 | 7.161.451 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú  | 0,2                 | 0,1                 | 0,2/0,6             |
| IV     | 989              | 536,41       | 22   | 647.082 | 7.160.210 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto do Alto Iguaçú  | 0,2/0,5/0,6         | 0,1/0,2/0,3/<br>0,4 | 0,1/0,2/0,6/<br>0,7 |
| IV     | 996              | 30,00        | 22   | 652.657 | 7.159.538 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú  | 0,2                 | 0,1                 | 0,7                 |
| IV     | 1004             | 30,00        | 22   | 658.986 | 7.154.491 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú  | 0,5/0,6             | 0,1                 | 0,2                 |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                       | Geomorfologia           | Erosão         | MMG     | Inundação   |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--------------------------------|-------------------------|----------------|---------|-------------|
| IV     | 1006             | 30,00        | 22   | 661.374 | 7.154.226 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú | 0,2/0,5        | 0,1     | 0,7         |
| IV     | 1010             | 155,27       | 22   | 664.741 | 7.153.776 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú | 0,2/0,7        | 0,1     | 0,3/0,7/0,8 |
| IV     | 1013             | 30,16        | 22   | 668.089 | 7.152.745 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú | 0,2/0,5        | 0,1     | 0,7         |
| IV     | 1014             | 217,64       | 22   | 668.851 | 7.152.594 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba    | 0,2/0,6        | 0,2     | 0,2/0,6     |
|        |                  |              |      |         |           | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,2/0,6/0,7    | 0,1/0,2 | 0,3/0,6/0,7 |
| IV     | 1022             | 30,00        | 22   | 675.756 | 7.155.954 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú | 0,6            | 0,1     | 0,7         |
| IV     | 1034             | 30,00        | 22   | 686.378 | 7.159.235 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,6/0,7        | 0,2     | 0,7         |
| IV     | 1035             | 30,00        | 22   | 686.259 | 7.159.614 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,6            | 0,2     | 0,6/0,7     |
| IV     | 1038             | 30,00        | 22   | 685.279 | 7.162.820 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,2            | 0,1     | 0,3         |
| IV     | 1045             | 30,00        | 22   | 688.841 | 7.167.080 | Sedimentos Recentes            | Planalto do Alto Iguaçú | 0,2            | 0,1     | 0,7         |
| IV     | 1053             | 79,88        | 22   | 693.946 | 7.170.487 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,2/0,5/0,6    | 0,1     | 0,2/0,7/0,8 |
| IV     | 1054             | 30,00        | 22   | 694.717 | 7.170.390 | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,5            | 0,1     | 0,7/0,8     |
| IV     | 1064             | 1.533,72     | 22   | 703.628 | 7.166.570 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba    | 0,2/0,6/07/0,8 | 0,3/0,4 | 0,2/0,6/0,7 |
| IV     | 1066             | 30,00        | 22   | 705.103 | 7.166.665 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba    | 0,7            | 0,4     | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Sedimentos Recentes            | Planalto de Curitiba    | 0,7/0,8        | 0,2/0,4 | 0,2/0,7/0,8 |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                       | Geomorfologia           | Erosão                  | MMG                     | Inundação   |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| V      | 1072             | 699,97       | 22   | 710.517 | 7.167.229 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba    | 0,2/0,7/0,8             | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6/0,7 | 0,2/0,6/0,7 |
| V      | 1074             | 204,29       | 22   | 712.443 | 7.167.450 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2                     | 0,7                     | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           |                                | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,6/0,8             | 0,7/0,8/0,9/<br>1,0     | 0,2         |
| V      | 1075             | 848,64       | 22   | 713.474 | 7.167.695 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,6/0,7/<br>0,9     | 0,3/0,7/0,8/<br>0,9     | 0,2/0,4     |
| V      | 1076             | 414,30       | 22   | 714.595 | 7.168.314 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2                     | 0,8/0,9/1,0             | 0,1/0,2     |
| V      | 1078             | 599,97       | 22   | 715.714 | 7.167.832 | Formação Guaratubinha          | Serra do Mar Paranaense | 0,2                     | 0,8/0,9                 | 0,1         |
|        |                  |              |      |         |           | Suíte Álcali-granitos          | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,9                 | 0,7/0,8/0,9/<br>1,0     | 0,1         |
| V      | 1079             | 421,58       | 22   | 717.311 | 7.167.772 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7/0,8             | 0,8/0,9/1,0             | 0,1         |
|        |                  |              |      |         |           | Suíte Álcali-granitos          | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,8                 | 1                       | 0,1         |
| V      | 1080             | 300,00       | 22   | 717.986 | 7.167.269 | Suíte Álcali-granitos          | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,5/0,7/<br>0,8     | 0,7/0,8                 | 0,2         |
| V      | 1081             | 1.300,00     | 22   | 718.495 | 7.166.409 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7                 | 0,8                     | 0,1         |
|        |                  |              |      |         |           | Suíte Álcali-granitos          | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8/0,9 | 0,3/0,7/0,8/<br>0,9/1,0 | 0,1         |
| V      | 1085             | 800,00       | 22   | 721.338 | 7.165.399 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7/0,8/<br>0,9     | 0,8/0,9/1,0             | 0,1         |
| V      | 1088             | 499,99       | 22   | 722.685 | 7.167.405 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7/0,8/<br>0,9     | 0,6/0,7/0,8/<br>0,9/1,0 | 0,1         |
| V      | 1090             | 1.254,77     | 22   | 723.163 | 7.169.246 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8     | 0,6/0,7/0,8/<br>0,9/1,0 | 0,1         |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                            | Geomorfologia           | Erosão              | MMG                         | Inundação   |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------|
| V      | 1093             | 646,77       | 22   | 726.161 | 7.169.154 | Aluviões em terraços.               | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7/0,8/<br>0,9 | 0,6/0,7/0,8                 | 0,3         |
| V      | 1098             | 1.499,94     | 22   | 729.170 | 7.166.479 | Aluviões em terraços.               | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,7/0,8/<br>0,9 | 0,4/0,5/0,6/<br>0,7         | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Metamórfico Indiferenciado | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,6/0,8/<br>0,9 | 0,3/0,5/0,6/<br>0,7/0,8/0,9 | 0,1/0,2/0,3 |
| V      | 1100             | 952,24       | 22   | 729.987 | 7.167.465 | Aluviões em terraços.               | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,4/0,5/0,6                 | 0,2/0,3     |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Metamórfico Indiferenciado | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7/<br>0,8/0,9     | 0,2         |
| V      | 1103             | 599,96       | 22   | 729.425 | 7.169.863 | Complexo Cachoeira                  | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7/0,<br>8         | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,9             | 0,5/0,6/0,7/<br>0,8         | 0,2         |
| V      | 1104             | 699,96       | 22   | 728.861 | 7.170.337 | Complexo Cachoeira                  | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7                 | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7/<br>0,8         | 0,2         |
| V      | 1105             | 499,99       | 22   | 728.875 | 7.171.200 | Complexo Cachoeira                  | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7                 | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6/0,7/<br>0,8         | 0,2         |
| V      | 1106             | 1.199,84     | 22   | 728.324 | 7.173.033 | Complexo Cachoeira                  | Serra do Mar Paranaense | 0,3                 | 0,4/0,5/0,6/<br>0,7         | 0,2         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Serra do Mar Paranaense | 0,2/0,3/0,6/<br>0,7 | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6/0,7/0,8 | 0,2         |
| V      | 1109             | 1.399,98     | 22   | 729.455 | 7.173.240 | Complexo Cachoeira                  | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,5/0,6                     | 0,1         |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Serra do Mar Paranaense | 0,2                 | 0,4/0,5/0,6/<br>0,7         | 0,1/0,2     |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                            | Geomorfologia                                  | Erosão              | MMG                     | Inundação     |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|-------------------------------------|--|---------------------|-------------------------|---------------|
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Metamórfico Indiferenciado | Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas | 0,2                 | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6/0,7 | 0,2/0,4/0,5   |
|        |                  |              |      |         |           | Sedimentos Recentes                 | Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas | 0,2/0,6/0,7/<br>0,8 | 0,2/0,3/0,5             | 0,2/0,0,7/0,8 |
|        |                  |              |      |         |           | Sedimentos Recentes                 | Serra do Mar Paranaense                        | 0,2                 | 0,3/0,4                 | 0,2           |
| V      | 1113             | 30,00        | 22   | 730.990 | 7.169.632 | Complexo Gnáissico Migmatítico      | Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas | 0,8                 | 0,3                     | 0,7           |
| V      | 1125             | 30,00        | 22   | 739.962 | 7.170.476 | Sedimentos Recentes                 | Planície Litorânea e Planícies Fluvio-Marinhas | 0,2/0,6             | 0,2                     | 0,3           |

Fonte: Elaborado pela Fipe com dados do Consórcio TPF-Sener (2021).

**Tabela 5-18: Viadutos Ferroviários Previstos**

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia              | Erosão  | MMG | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|----------------------------|---------|-----|-----------|
| I      | 21               | 31,30        | 21   | 689.926 | 7.584.382 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,5     | 0,1 | 0,1       |
| I      | 78               | 50,07        | 21   | 714.125 | 7.538.877 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense | 0,1/0,5 | 0,2 | 0,1       |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                  | Erosão                      | MMG         | Inundação                   |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|--------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| I      | 83               | 30,23        | 21   | 714.235 | 7.533.478 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto Sul-<br>Matogrossense | 0,1                         | 0,2         | 0,1                         |
| I      | 185              | 70,08        | 21   | 722.886 | 7.444.127 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-<br>Matogrossense | 0,2                         | 0,1         | 0,1                         |
| I      | 284              | 90,05        | 21   | 772.297 | 7.371.630 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-<br>Matogrossense | 0,6/0,7                     | 0,2         | 0,2                         |
| I      | 292              | 40,01        | 21   | 773.845 | 7.364.677 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-<br>Matogrossense | 0,3                         | 0,2         | 0,2                         |
| I      | 329              | 70,03        | 21   | 780.500 | 7.334.873 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planície Fluvial               | 0,1/0,4                     | 0,2         | 0,1                         |
| I      | 330              | 70,02        | 21   | 781.736 | 7.333.435 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão    | 0,1/0,4                     | 0,2/0,3     | 0,1                         |
| I      | 332              | 60,02        | 21   | 782.248 | 7.331.886 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Campo Mourão    | 0,2/0,5                     | 0,3         | 0,2                         |
| I      | 394              | 100,00       | 22   | 210.354 | 7.294.420 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel        | 0,5                         | 0,2         | 0,1                         |
| I      | 401              | 20,92        | 22   | 216.316 | 7.289.746 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel        | 0,1                         | 0,2         | 0,1                         |
| I      | 481              | 1.799,98     | 22   | 262.436 | 7.242.901 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel        | 0,1/0,4/0,5/<br>0,          | 0,2/0,3     | 0,1/0,3/0,4/<br>0,5/0,6/0,7 |
| I      | 492              | 1.850,00     | 22   | 267.662 | 7.237.573 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel        | 0,1/0,2/0,5/<br>0,6/0,7/0,8 | 0,3/0,4/0,5 | 0,1/0,5/0,6/<br>0,7         |

| Trecho | Km de referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia  | Erosão              | MMG         | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|--|---------------------|-------------|-----------|
| II     | 46               | 248,98       | 21   | 787.090 | 7.197.422 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de Foz<br>do Iguaçu                             | 0,4/0,5             | 0,2         | 0,1       |
| II     | 65               | 200,01       | 21   | 798.722 | 7.209.479 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do São<br>Francisco                             | 0,2/0,6             | 0,3/0,4/0,5 | 0,1/0,6   |
| II     | 92               | 93,87        | 22   | 213.153 | 7.220.547 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do São<br>Francisco                             | 0,2                 | 0,3         | 0,1       |
| II     | 111              | 499,93       | 22   | 228.616 | 7.224.460 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto de<br>Cascavel                                  | 0,1/0,4/0,5         | 0,3/0,4     | 0,1       |
| III    | 600              | 800,00       | 22   | 349.503 | 7.205.873 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri                     | 0,2/0,5/0,6         | 0,3/0,4     | 0,1       |
| III    | 626              | 74,53        | 22   | 370.248 | 7.204.839 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto do<br>Alto/Médio<br>Piquiri                     | 0,1/0,2             | 0,3/0,4     | 0,1       |
| IV     | 786              | 140,00       | 22   | 482.464 | 7.179.444 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto<br>Pitanga/Ivaiporã                             | 0,2                 | 0,3/0,4     | 0,2       |
| IV     | 791              | 981,68       | 22   | 486.408 | 7.177.144 | Grupo São Bento -<br>Formação Serra Geral e<br>intrusivas Associadas | Planalto<br>Pitanga/Ivaiporã                             | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7 | 0,3/0,4/0,5 | 0,1       |
| IV     | 802              | 257,31       | 22   | 493.992 | 7.175.469 | Formação Botucatu  | Planalto<br>Pitanga/Ivaiporã                             | 0,3                 | 0,5/0,6/0,7 | 0,1       |
| V      | 1124             | 120,00       | 22   | 739.187 | 7.170.086 | Formação Alexandra   | Planície<br>Litorânea e<br>Planícies Fluvio-<br>Marinhas | 0,2/0,5/0,6         | 0,2         | 0,3/0,6   |

Fonte: Elaborado pela Fipe com dados do Consórcio TPF-Sener (2021).

#### 5.1.4.2.2.2 Túneis

Os túneis previstos para a Nova Ferroeste podem ser de dois tipos conforme a característica geológica local.

- Seção singela: considerada para a maioria dos túneis ao longo do traçado; e
- Seção dupla: considerada somente no Trecho V na região da Serra do Mar.

Os túneis podem variar sua seção e, conseqüentemente, a malha do suporte e espessura do revestimento conforme os parâmetros geomecânicos apresentados pelo maciço (compartimentação). Essa compartimentação foi baseada nas sondagens e ensaios sísmicos (eletrorresistividade) elaborados pelo Consórcio TPF-Sener (2021).

A opção por implantação de túneis ocorreu nos trechos onde a escavação superava 30 m de profundidade. Comprimento de túneis com menos de 30 m foram desconsiderados, mantendo a solução em corte. Ao todo foram previstos 54 túneis, totalizando 43.729,60m de obras. Entre estes túneis um já existe e será reestruturado.

O resultado da localização e comprimento destes estão apresentados na Tabela 5-19, assim como as suas características quanto à geologia, geomorfologia e suscetibilidade a inundação, erosão e movimento de massa gravitacional.

**Tabela 5-19: Túneis Previstos**

| Trecho | Km de Referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia              | Erosão          | MMG         | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|----------------------------|-----------------|-------------|-----------|
| I      | 54               | 40,07        | 21   | 701.124 | 7.554.475 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense | 0,1             | 0,2         | 0,1       |
| I      | 105              | 60,08        | 21   | 722.044 | 7.514.954 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Sul-Matogrossense | 0,4 / 0,5       | 0,2         | 0,1       |
| I      | 129              | 40,05        | 21   | 727.146 | 7.495.318 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2             | 0,1         | 0,1       |
| I      | 136              | 100,12       | 21   | 726.965 | 7.489.688 | Grupo Caiuá  | Planalto Sul-Matogrossense | 0,2             | 0,1         | 0,1       |
| I      | 429              | 50,00        | 22   | 232.065 | 7.270.269 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel       | 0,1             | 0,2         | 0,1       |
| I      | 478              | 700,00       | 22   | 261.137 | 7.244.477 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel       | 0,1/0,4/0,5     | 0,2         | 0,1       |
| I      | 485              | 1.249,98     | 22   | 262.170 | 7.238.583 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel       | 0,1/0,4/0,5/0,6 | 0,2/0,3     | 0,1       |
| I      | 489              | 2.799,97     | 22   | 264.811 | 7.237.457 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel       | 0,1/0,4/0,5     | 0,2/0,3     | 0,1       |
| I      | 498              | 699,99       | 22   | 271.747 | 7.234.012 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel       | 0,2/0,5         | 0,3/0,4     | 0,1       |
| II     | 49               | 1.700,24     | 21   | 788.361 | 7.199.899 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Foz do Iguaçu  | 0,1/0,2/0,5     | 0,2/0,3/0,4 | 0,1       |

| Trecho | Km de Referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                     | Erosão                  | MMG                     | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| II     | 73               | 4.000,10     | 22   | 201.268 | 7.211.727 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do São Francisco         | 0,1/0,2/0,5/<br>0,6     | 0,2/0,3/0,4/<br>0,5     | 0,1       |
| II     | 76               | 1.100,00     | 22   | 203.563 | 7.213.720 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do São Francisco         | 0,2                     | 0,3/0,4                 | 0,1       |
| II     | 79               | 1.100,00     | 22   | 204.845 | 7.215.958 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do São Francisco         | 0,1/0,2/0,4/<br>0,5/0,6 | 0,2/0,3/0,4             | 0,1       |
| III    | 537              | 50,00        | 22   | 299.061 | 7.221.841 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Cascavel              | 0,1/0,4/0,5             | 0,2/0,3                 | 0,1       |
| III    | 572              | 82,99        | 22   | 328.538 | 7.217.455 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Alto/Médio Piquiri    | 0,2                     | 0,3/0,4                 | 0,1       |
| III    | 587              | 699,98       | 22   | 337.210 | 7.208.118 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Alto/Médio Piquiri    | 0,2                     | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6     | 0,1       |
| III    | 609              | 1.299,93     | 22   | 355.877 | 7.201.344 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Alto/Médio Piquiri    | 0,2/0,8                 | 0,3/0,4/0,5/<br>0,6/0,7 | 0,1       |
| IV     | 746              | 600,00       | 22   | 454.426 | 7.198.533 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto de Palmas/Guarapua<br>va | 0,1/0,6                 | 0,2                     | 0,1       |
| IV     | 753              | 1.200,00     | 22   | 461.540 | 7.197.968 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto do Foz do Areia          | 0,1/0,2/0,5             | 0,2/0,3/0,4/<br>0,5     | 0,1       |
| IV     | 763              | 500,00       | 22   | 469.960 | 7.195.575 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã         | 0,1                     | 0,2/0,3                 | 0,1       |

| Trecho | Km de Referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia   | Geomorfologia                             | Erosão        | MMG             | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--|---|---------------|-----------------|-----------|
| IV     | 792              | 1.699,97     | 22   | 488.135 | 7.176.519 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/05/06/0,7 | 0,3/0,4/0,5/0,6 | 0,1/0,2   |
| IV     | 795              | 299,98       | 22   | 490.767 | 7.175.396 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2           | 0,6/0,7/0,8     | 0,2       |
| IV     | 797              | 1.099,96     | 22   | 491.669 | 7.173.933 | Formação Botucatu  | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,3           | 0,5/0,6/0,7/0,8 | 0,2       |
|        |                  |              |      |         |           | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,3       | 0,5/0,6/0,7/0,8 | 0,2       |
| IV     | 799              | 1.000,00     | 22   | 492.850 | 7.173.964 | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,6/0,7   | 0,5/0,6/0,7/0,8 | 0,2       |
| IV     | 802              | 300,06       | 22   | 493.873 | 7.175.766 | Formação Botucatu  | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,3           | 0,5/0,6/0,8     | 0,1       |
| IV     | 802              | 283,06       | 22   | 494.165 | 7.175.247 | Formação Botucatu  | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,3           | 0,7/0,8         | 0,2       |
|        |                  |              |      |         |           | Grupo São Bento - Formação Serra Geral e intrusivas Associadas | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,3       | 0,7/0,8         | 0,2       |
| IV     | 808              | 899,97       | 22   | 497.952 | 7.173.869 | Formação Rio do Rasto  | Planalto Pitanga/Ivaiporã                 | 0,2/0,3/0,5   | 0,5/0,6/0,7     | 0,1/0,2   |
| IV     | 818              | 299,99       | 22   | 503.820 | 7.175.968 | Formação Rio do Rasto  | Planalto Residual da Formação Serra Geral | 0,3           | 0,3/0,4         | 0,1       |
| IV     | 819              | 399,99       | 22   | 504.554 | 7.176.031 | Formação Rio do Rasto  | Planalto Residual da Formação Serra Geral | 0,3/0,7/0,8   | 0,4/0,5         | 0,1       |

| Trecho | Km de Referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                          | Geomorfologia                             | Erosão              | MMG         | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|-----------------------------------|---|---------------------|-------------|-----------|
| IV     | 820              | 288,56       | 22   | 505.012 | 7.176.045 | Formação Rio do Rasto             | Planalto Residual da Formação Serra Geral | 0,3                 | 0,4/0,5/0,6 | 0,1       |
| IV     | 821              | 299,87       | 22   | 505.778 | 7.176.184 | Formação Rio do Rasto             | Planalto Residual da Formação Serra Geral | 0,3/0,6             | 0,3/0,4/0,5 | 0,1       |
| IV     | 843              | 599,98       | 22   | 524.691 | 7.174.842 | Formação Teresina                 | Planalto de Itarí                         | 0,2/0,3/0,6/0,7     | 0,2/0,3/0,4 | 0,1/0,2   |
| IV     | 852              | 799,97       | 22   | 532.550 | 7.175.905 | Formação Teresina                 | Planalto de Itarí                         | 0,2                 | 0,2/0,3     | 0,2       |
| IV     | 877              | 1.300,00     | 22   | 554.203 | 7.172.617 | Formação Palermo                  | Planalto de Guatá                         | 0,2                 | 0,2/0,4     | 0,2       |
| IV     | 891              | 400,00       | 22   | 564.552 | 7.175.299 | Grupo Guatá - Formação Rio Bonito | Planalto de Guatá                         | 0,2                 | 0,3/0,4/0,5 | 0,2       |
| IV     | 892              | 800,00       | 22   | 565.800 | 7.174.942 | Grupo Guatá - Formação Rio Bonito | Planalto de Guatá                         | 0,2                 | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 922              | 700,00       | 22   | 591.238 | 7.176.942 | Grupo Itararé                     | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,5/0,6/0,7     | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 923              | 799,97       | 22   | 592.363 | 7.177.134 | Grupo Itararé                     | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,5/0,6         | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 933              | 700,00       | 22   | 601.009 | 7.177.876 | Grupo Itararé                     | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,3/0,6         | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 947              | 1.999,95     | 22   | 613.571 | 7.175.542 | Formação Furnas                   | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,3/0,5/0,6/0,7 | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 949              | 700,00       | 22   | 615.396 | 7.175.304 | Formação Furnas                   | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,3             | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 967              | 1.199,94     | 22   | 628.305 | 7.167.003 | Grupo Itararé                     | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,5/0,6         | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 970              | 500,00       | 22   | 631.296 | 7.166.725 | Grupo Itararé                     | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,2/0,6/0,7         | 0,2/0,3/0,4 | 0,2       |
| IV     | 974              | 358,32       | 22   | 634.372 | 7.166.697 | Complexo Gnáissico Migmatítico    | Planalto de Ponta Grossa                  | 0,3/0,6             | 0,4/0,5/0,6 | 0,1       |

| Trecho | Km de Referência | Extensão (m) | Fuso | E       | N         | Geologia                       | Geomorfologia            | Erosão                  | MMG                     | Inundação |
|--------|------------------|--------------|------|---------|-----------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
|        |                  |              |      |         |           | Grupo Itararé                  | Planalto de Ponta Grossa | 0,3                     | 0,3/0,4/0,5             | 0,1       |
| V      | 1069             | 2.699,95     | 22   | 707.511 | 7.167.866 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba     | 0,2/0,5/0,6/<br>0,7/0,8 | 0,3/0,4/0,5             | 0,2       |
| V      | 1073             | 661,67       | 22   | 711.721 | 7.167.332 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Planalto de Curitiba     | 0,2                     | 0,3/0,5/0,6/<br>0,7     | 0,2       |
| V      | 1076             | 365,14       | 22   | 714.104 | 7.167.960 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,8/0,9/1,0             | 0,2       |
| V      | 1077             | 499,98       | 22   | 715.106 | 7.168.238 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,7/0,8/0,9/<br>1,0     | 0,1       |
| V      | 1087             | 400,00       | 22   | 722.380 | 7.166.947 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,3/0,7/0,8/<br>0,9/1,0 | 0,1       |
| V      | 1091             | 900,00       | 22   | 724.435 | 7.169.237 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2/0,5/0,6             | 0,3/0,6/0,7/<br>0,8     | 0,1       |
| V      | 1095             | 499,98       | 22   | 727.021 | 7.167.898 | Aluviões em terraços.          | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,6/0,7/0,8             | 0,2       |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,7                     | 0,1/0,2   |
| V      | 1097             | 699,99       | 22   | 727.993 | 7.166.498 | Aluviões em terraços.          | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,5                     | 0,1/0,2   |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2/0,4                 | 0,5/0,6/0,7/<br>0,8/0,9 | 0,1       |
| V      | 1105             | 399,96       | 22   | 728.365 | 7.171.712 | Complexo Cachoeira             | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,7/0,8                 | 0,2       |
|        |                  |              |      |         |           | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2                     | 0,7/0,8                 | 0,2       |
| V      | 1114             | 799,89       | 22   | 731.262 | 7.170.114 | Complexo Gnáissico Migmatítico | Serra do Mar Paranaense  | 0,2/0,5/0,6             | 0,3/0,5/0,6             | 0,2       |

Fonte: Elaborado pela Fipe com dados do Consórcio TPF-Sener (2021).

O Evtea-J da Nova Ferroeste adotou como premissa a utilização de vagões do tipo *Double Stack*, que resultam na necessidade de altura livre de 7,85 m sendo a seção dupla considerada com o entrevias de 5,50 m. Para as definições do tipo de suporte e revestimento em função dos parâmetros geológicos e geotécnicos do maciço rochoso, o Evtea-J utilizou-se da classificação geomecânica de maciços rochosos proposto por Bieniawski (1989), em que são definidos 5 tipos diferentes de comportamentos de maciços, permitindo a avaliação e cálculo do quantitativo de material necessário para cada tipo de maciço a ser atravessado.

**Tabela 5-20: Compartimentação de Maciços - Classificação de Bieniawski (1989)**

| Classe                               | Escavação  | Atirantamento (Ø25 mm)  | Concreto Projetado  | Cambotas Metálicas  |
|--------------------------------------|--|---|---|---|
| I - Rocha Muito Boa<br>RMR: 81 - 100 | Seção plena, 3 m de avanço.  | Geralmente, não é necessário suporte, exceto tirante eventual.  |   |   |
| II - Rocha Boa<br>RMR: 61 - 80       | Seção plena, 1-1,5 m de avanço. Suporte completo há 20 m da face.  | Localizados, tirantes no teto com 3 m de comprimento, espaçados a 2,5 m, e eventual tela soldada.   | 50 mm no teto, onde necessário.                           | Não   |
| III - Rocha Regular<br>RMR: 41 - 60  | Calota e rebaixo, avanço de 1,5-3 m na calota. Aplicar suporte após cada desmonte. Suporte completo há 10 m da face.   | Atirantamento sistemático com tirantes de 4 m de comprimento, espaçados entre 1,5-2,0 m no teto e paredes com tela soldada no teto.           | 50-100 mm no teto e 30 mm nas laterais.                   | Não   |
| IV - Rocha Ruim<br>RMR: 21 - 40      | Calota e rebaixo, 1,0-1,5 m de avanço da calota. Instalar suporte concomitante com a escavação, há 10 m da face.   | Atirantamento sistemático com tirantes de 4-5 m de comprimento, espaçados entre 1-1,5 m no teto e paredes com tela soldada.                   | 100-150 mm no teto e 100 mm nas laterais.                 | Leve a médias com espaço de 1,5 m, quando necessário.   |
| V - Rocha Muito Ruim<br>RMR: < 20    | Seção parcializada (multiple drifts) 0,5-1,5 m de avanço da calota. Instalação de suporte paralela à escavação. Concreto projeto tão breve quanto possível, após desmonte. | Atirantamento sistemático com tirantes de 5-6 m de comprimento, espaçados entre 1-1,5 m no teto e paredes com tela soldada. Atirantar invert. | 150-200 mm no teto, 150 mm nas laterais, e 50 mm na face. | Cambotas médias a pesadas, espaçadas em 0,75 m com enfilagem, se necessário. Fechar arco invertido. |

Fonte: Bieniawski (1989) e Consórcio TPF-Sener (2021).

### 5.1.4.2.3 Investigações Geológico-geotécnicas

#### 5.1.4.2.3.1 Sondagens

Para o estudo de viabilidade, o Consórcio TPF-Sener (2021) definiu um plano de sondagens e ensaios, com o objetivo de caracterizar os aspectos geotécnicos no traçado previsto para a implantação da Nova Ferroeste.

O plano de sondagem teve como objetivo identificar e caracterizar os possíveis domínios geológicos e geotécnicos ao longo do traçado, e conseqüentemente, através da caracterização com os parâmetros básicos, embasar os estudos e projetos geotécnicos.

Foi definida no plano a realização de sondagens a trado (ST), sondagens a percussão (SP) e mistas (SM), com quantidade e definição baseado no estudo geológico e identificações de aspectos que demandam atenção para soluções de engenharia.

De acordo com o Consórcio TPF-Sener (2021) conforme apresentado no Termo de Referência e documentos normativos dos órgãos competentes, as sondagens foram definidas para atendimento das seguintes situações:

- **Sondagens a trado (ST)** para coleta de amostras que serão submetidas aos ensaios de caracterização e para obtenção da capacidade de suporte dos solos através do CBR (*California Bearing Ratio*) ou ISC (Índice de Suporte Califórnia), estudo do subleito;
- **Sondagens a percussão (SP)** em cortes com maiores alturas para identificação e classificação de material para uso em aterros na própria ferrovia, classificação de material de escavação, além da obtenção de parâmetros geotécnicos por correlação através do Nspt para balizar a verificação da estabilidade dos taludes e/ou contenções; em locais de aterros para identificação de solos moles e/ou compressíveis (definição da profundidade), além da obtenção de parâmetros geotécnicos por correlação através do Nspt para estudo de capacidade de suporte e balizar o estudo de engenharia para tal situação; próximas a pontes e viadutos existentes para otimização dos projetos de fundação das OAEs;

- **Sondagens mistas (SM)** para classificação de material de escavação em áreas de corte e emboques de túneis, identificação da litologia e possível compartimentação das classes de maciço, além de balizar o estudo de engenharia.

As sondagens seguiram suas respectivas normas/recomendações de manuais amplamente utilizados no meio técnico:

- NBR nº 9603:2015 – Sondagem a Trado - Procedimento;
- NBR nº 6484:2020 – Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio;
- DNER-PRO-102:1997 – Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo ou o BOLETIM 03 – ABGE: 1999 – Manual de Sondagens; e
- NBR nº 6502: 1995 – Rochas e Solos.

As amostras obtidas nas sondagens a percussão foram descritas com base em exames tátil-visuais e classificadas pela sua compacidade (no caso de solos grossos) e pela sua consistência (no caso de solos finos) com base nos resultados dos ensaios penetrométricos.

Apresentam-se na Tabela 5-21 os critérios adotados para a classificação da consistência e compacidade dos solos no estado natural de acordo com seu índice de resistência à penetração ( $N_{spt}$  ou  $N_{30}$ ), conforme preconizado pela NBR 6484/2020 para as sondagens a percussão:

**Tabela 5-21: Determinação de Consistência e Compacidade**

| Areia e silte arenoso |                           | Argila e silte argiloso |                |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|
| Nspt                  | Compacidade               | Nspt                    | Consistência   |
| ≤ 4                   | Fofa (o)                  | ≤ 2                     | Muito mole     |
| 5 – 8                 | Pouco compacta (o)        | 3 a 5                   | Mole           |
| 9 – 18                | Medianamente compacta (o) | 6 a 10                  | Média (o)      |
| 19 – 40               | Compacta (o)              | 11 a 19                 | Rija (o)       |
| > 40                  | Muito compacta (o)        | 20 a 30                 | Muito rija (o) |
|                       |                           | >30                     | Dura (o)       |

Fonte: NBR 6484/2020.

Na sequência são apresentados os códigos e parâmetros utilizados para a classificação das sondagens mistas:

- Grau de Fraturamento

Não são consideradas fraturas artificiais produzidas pela operação da máquina e as estruturas onde injeções de material pétreo (quartzo, calcita, etc.) promoveram a soldagem das paredes, conferindo ao conjunto rocha-fratura uma resistência igual ou superior à da rocha.

São consideradas fraturas (tanto na avaliação do grau de fraturamento como do RQD) aquelas soldadas que foram abertas durante a operação de sondagem promovendo a separação física do testemunho, pois admite-se que o efeito de solda foi insuficiente para manter ou elevar a resistência do maciço.

Embora os planos de xistosidade ou estratificação não sejam considerados, deve ser indicada a maior ou menor facilidade de partição da rocha ao longo desses planos conforme a Tabela 5-22.

**Tabela 5-22: Fraturamento**

| Grau | Denominação                  | Fraturas Por Metro                |
|------|------------------------------|-----------------------------------|
| F 1  | Rocha pouco fraturada        | 0 a 1                             |
| F 2  | Rocha fraturada              | 2 a 5                             |
| F 3  | Rocha muito fraturada        | 6 a 10                            |
| F 4  | Rocha extremamente fraturada | 11 a 20                           |
| F 5  | Rocha fragmentada            | > 20 (inclusive zonas cisalhadas) |

Fonte: Abge (2013).

- Rugosidade das descontinuidades

A Tabela 5-23 apresenta os graus de rugosidade das descontinuidades e as respectivas características.

**Tabela 5-23: Rugosidade**

| Grau | Denominação                               | Características   |
|------|---|---|
| S 1  | Superfície rugosa                         | Áspera ao tato, com travamento entre as peças dos testemunhos, quando justapostas |
| S 2  | Superfície lisa                           | Suave ao tato, sem travamento entre as peças dos testemunhos, quando justapostas  |
| S 3  | Superfície estriada (com “slicken sides”) | Sedosa ao tato, com ou sem travamento   |

Fonte: Abge (2013).

- Paredes e preenchimento das descontinuidades

A Tabela 5-24 apresenta os graus de preenchimento das descontinuidades.

**Tabela 5-24: Paredes e Preenchimento das Descontinuidades**

| Grau | Características   |
|------|---|
| P 1  | Fraturas justapostas, com paredes sãs   |
| P 2  | Fraturas preenchidas por materiais pétreos  |
| P 3  | Fraturas justapostas, com alteração incipiente das paredes                            |
| P 4  | Fraturas com alteração milimétrica das paredes, justapostas ou não, sem preenchimento |
| P 5  | Fraturas com paredes alteradas e com preenchimento                                    |
| E    | Descontinuidades que não se enquadrem nos tipos acima relacionados                    |

Fonte: Abge (2013).

- Inclinação das descontinuidades

A Tabela 5-25 apresenta as classes de inclinação das descontinuidades.

**Tabela 5-25: Inclinação das Descontinuidades**

| Notação | Denominação                  | Mergulho  |
|---------|------------------------------|-----------|
| V       | Vertical ou subvertical      | 71° a 90° |
| I       | Inclinada                    | 21° a 70° |
| H       | Horizontal ou sub-horizontal | 0 a 20°   |

Fonte: Abge (2013).

- Grau de alteração

A Tabela 5-26 apresenta os graus de alteração considerados.

**Tabela 5-26: Grau de Alteração**

| Grau | Denominação                          | Características  |   |
|------|--------------------------------------|--|---|
|      |                                      | Alterações   | Desmonte  |
| A 1  | Rocha sã                             | Sem vestígios de alterações físicas e químicas dos minerais ou pouco alterada, com sinais incipientes de decomposição dos minerais e ligeiramente descolorida, mantendo praticamente as mesmas propriedades físicas e mecânicas da rocha sã. | Quando pouco fraturada só pode ser escavada com explosivos  |
| A 2  | Rocha pouco ou medianamente alterada | Minerais medianamente alterados, bastante descolorida e com propriedades, físicas e mecânicas inferiores às da rocha sã porém ainda bastante resistente, quebrando-se com relativa dificuldade sob ação de martelo                           | Quando pouco fraturada só pode ser escavada com explosivos  |
| A 3  | Rocha alterada                       | Minerais muito decompostos em toda massa rochosa, sem ser friável, com cores bastante esmaecidas. Quebra facilmente com as mãos  | Escavável à picareta e por meios mecânicos convencionais    |
| A 4  | Rocha muito alterada                 | Alteração em toda massa rochosa que é, em grande parte, friável  | Escavável por equipamentos manuais.                         |
| A 5  | Solo de alteração                    | Solo proveniente da alteração “in situ” com estruturas originais da rocha preservadas. Os minerais resistentes encontram-se fragmentados ou com decomposição nítida, e os demais totalmente transformados em argilominerais                  | Escavável por qualquer meio manual ou mecânico convencional |

Fonte: Abge (2013).

- Coerência

A Tabela 5-27 apresenta os graus de coerência considerados.

**Tabela 5-27: Coerência**

| Grau | Denominação           | Comportamento  |   |
|------|-----------------------|--|---|
|      |                       | Ao Impacto Do Martelo De Geólogo   | Desmorte  |
| C 1  | Extremamente Coerente | Quebra com dificuldade e produz lascas de bordos cortantes e é difícil de se riscar com aço  | Apenas com uso de explosivos                                      |
| C 2  | Muito Coerente        | Quebra sob muitos golpes e produz poucos fragmentos cujos bordos são quebrados com dificuldade por pressão dos dedos. A superfície é dificilmente riscada pelo aço | Apenas com uso de explosivos                                      |
| C 3  | Coerente              | Quebra com mais de um golpe e produz alguns fragmentos de bordos que podem ser quebrados pela pressão dos dedos. A superfície é riscável pelo aço                  | Apenas com uso de explosivos                                      |
| C 4  | Pouco Coerente        | Quebra com um único golpe e produz muitos fragmentos que podem ser partidos manualmente. Facilmente riscável pelo aço, deixando sulcos profundos                   | Escarificador e/ou uso esporádico de explosivos para afrouxamento |
| C 5  | Friável               | Esmigalha-se sob o impacto, desagregando-se (esfarela). Quebra com certa facilidade com a pressão dos dedos  | Lâmina  |

Fonte: Abge (2013).

Sendo a avaliação da coerência subjetiva, podem haver dificuldades no enquadramento das classes intermediárias C2, C3 e C4, porém os graus extremos (C1 e C5) podem ser identificados com segurança, facilitando o estabelecimento dos demais por comparação.

- Rock Quality Designation - RQD

Leva em conta a qualidade da rocha em testemunhos de sondagem. É um índice que mede a porcentagem de recuperação da sondagem que considera apenas pedaços de testemunho iguais ou maiores que 10 cm. É um dos índices mais utilizados na qualificação de maciços rochosos (Tabela 5-28).

**Tabela 5-28: Rock Quality Designation (RQD)**

| Grau | Porcentagem | Qualidade |
|------|-------------|-----------|
| R1   | 100- 91     | Excelente |
| R2   | 90- 76      | Boa       |
| R3   | 75-51       | Regular   |
| R4   | 50-26       | Má        |
| R5   | 24-0        | Péssima   |

Fonte: Abge (2013).

- Condutividade Hidráulica

A Tabela 5-29 apresenta os graus de condutividade hidráulica considerados.

**Tabela 5-29: Condutividade Hidráulica**

| Grau | Denominação | Perda Específica Máxima<br>(L/M X Min X Kg/Cm <sup>2</sup> ) |
|------|-------------|--|
| H 1  | Muito baixa | 0 a 0,1  |
| H 2  | Baixa       | 0,1 a 1  |
| H 3  | Moderada    | 1 a 5  |
| H 4  | Alta        | 5 a 10   |
| H 5  | Muito alta  | > 10   |

Fonte: Abge (2013).

A localização das sondagens foi distribuída conforme as litologias observadas no estudo, a fim de obter o máximo de dados geotécnicos possíveis e delimitar as unidades geotécnicas homogêneas.

A seguir está apresentada a distribuição das sondagens, mostrando a heterogeneidade das formações geológicas identificadas ao longo do traçado da ferrovia (Apêndice 5-5 - Mapa Geológico). Os boletins referentes às sondagens são apresentados no Anexo 5-1.

Conforme critério adotado pela equipe técnica do Evtea-J, é possível observar um maior espaçamento entre as sondagens em regiões consideradas homogêneas, que é o caso do sul do Mato Grosso do Sul e parte do oeste do Paraná, e uma distribuição mais aproximada em regiões com maior diferenciação de solos e rochas, considerando também os locais de OAEs que se concentram nas Serra do Mar e Serra da Esperança.

#### 5.1.4.2.3.1.1 Resultado das Sondagens

- Segmento Homogêneo 1 (SH-1) – Maracaju - Dourados

Este segmento se encontra sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral, e relevo com terrenos aplainados com colinas suaves e topos pouco largos, vales abertos medianamente espaçados entre si.

Neste segmento foram executadas duas sondagens da série 900, sendo a SP-910 e a SP-911. A Tabela 5-30 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-30: Dados das Sondagens Executadas no SH-1**

| SH | Furo nº | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação  | Observação         |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|--------------|--------------------|
| 1  | 1       | SP-910    | Percussão | 10        | 5,93            | Impenetrável | Fundação de aterro |
|    | Desloc. | SP-910A   |           |           | 3,97            | Impenetrável |                    |
|    |         | SP-910B   |           |           | 4,87            | Impenetrável |                    |
|    | 2       | SP-911    | Percussão | 40        | 4,96            | Impenetrável | Fundação de ponte  |
|    | Desloc. | SP-911A   |           |           | 4,34            | Impenetrável |                    |
|    |         | SP-911B   |           |           | 4,93            | Impenetrável |                    |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Ambas as sondagens foram paralisadas devido ao impenetrável ao equipamento de percussão quando atingido 5 m de profundidade aproximadamente, sendo feito em ambos os furos, o deslocamento e execução de mais dois furos em cada ponto para garantir que não foi encontrado um matacão nos locais.

Nas sondagens SP-910, 910A e 910B foram encontrados solos residuais de basalto constituídos até aproximadamente 5 m com argilas siltosa vermelha escura com valores de N<sub>sp</sub>t no primeiro metro em torno de um golpe, considerado um solo muito mole, e aumentando gradativamente de sete a 41 golpes, portanto, passando de uma argila média a dura.

Já as sondagens SP-911, 911A e 911B, também executadas em solos residual de basalto com argila siltosa e arenosa vermelha nos últimos metros da SP-911A, com variações de

argila mole com 1 a 3 golpes nos dois primeiros metros, chegando a argila dura com Nspt igual a 50 golpes no último metro.

O nível de água foi encontrado somente nas sondagens do conjunto SP-910 estando bem superficial com a profundidade média em torno de 0,91 m.

- Segmento Homogêneo 2 (SH-2) – Dourados – Guaíra

Igualmente ao SH-1, este segmento também se encontra sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral e relevo com terrenos aplainados com colinas suaves e topos pouco largos, vales abertos medianamente espaçados entre si. Próximo ao rio Paraná, o relevo se modifica para as Planícies Fluviais, características encontradas nas margens das principais drenagens. Neste segmento foram executadas seis sondagens da série 900, sendo uma sondagem a trado (ST-902), duas sondagens mistas (SM-903 e 904) e três sondagens a percussão (SP-906, 908 e 909). A SP-907 não foi possível ser executada devido à falta de acesso em função da área estar alagada.

A Tabela 5-31 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-31: Dados das Sondagens Executadas no SH-2**

| SH | Furo n°. | Definição | Tipo      | Prof. (m)                            | Prof. Exec. (m)       | Paralisação           | Observação                                       |
|----|----------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 2  | 1        | SP-906    | Percussão | 40                                   | 5,97                  | Impenetrável          | Fundação ponte Rio Paraná                        |
|    | Desloc.  | SP-906A   |           |                                      | 5,51                  | Impenetrável          |  |
|    |          | SP-906B   |           |                                      | 5,81                  | Impenetrável          |  |
|    | 2        | SP-907    | Percussão | Sem acesso – área totalmente alagada |                       | Impenetrável          | Fundação ponte Rio Paraná                        |
|    | 3        | SP-908    | Percussão | -                                    | 13,45                 | Impenetrável          | Área potencial de solo mole (área de alagamento) |
|    | 4        | SM-903    | Mista     | 30                                   | 30,45                 | Profundidade definida | Corte  |
|    | 5        | SP-909    | Percussão | 10                                   | 10,45                 | Profundidade definida | Fundação de aterro                               |
|    | 6        | ST-902    | Trado     | 1,5                                  | 1,5                   | Profundidade definida | Análise subleito                                 |
| 7  | SM-904   | Mista     | 20        | 20,45                                | Profundidade definida | Corte                 |  |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

As sondagens executadas entre Dourados e antes da região da ponte sobre o rio Paraná, ou seja, as sondagens SM-903 e 904 e a SP-909, atingiram a profundidade definida para atendimento ao projeto, inclusive nas sondagens mistas não foram identificadas o topo rochoso chegando a mais de 30 m com a sondagem executada em solo.

Na SM-904, município de Caarapó, a sondagem foi executada até 20,45 m sendo encontrado uma argila arenosa vermelha até os 12 m de profundidade considerada de muito mole a mole com Nspt variando de um a cinco crescendo com a profundidade, e abaixo dessa camada uma argila siltosa vermelha arroxeadada com Nspt entre oito e 21 golpes. O nível d'água nessa sondagem foi encontrado a 18,47 m de profundidade.

A sondagem SP-909 executada já no município de Iguatemi atingiu a profundidade definida de 10 m sendo encontrado uma areia fina argilosa vermelha e amarela com Nspt variando de um a sete golpes até sete metros de profundidade, considerada como uma areia fofa a pouco compacta, e logo após, até o final do furo, encontrada uma argila siltosa vermelha média a dura com Nspt entre nove e 22 golpes. O NA foi medido a oito metros de profundidade.

Já no município de Mundo Novo, a SM-903 foi executada com 30,45 m com pacotes espessos de areia e argila, estando até nove metros aproximadamente uma areia fina siltosa com Nspt entre dois (fofa) a seis golpes (pouco compacta), passando para medianamente compacta (oito golpes) a pouco mais dos 13 m. Logo após foi encontrada uma argila arenosa marrom avermelhada rija, com Nspt variando de 10 a 19 golpes até os 18 m de profundidade, entrando novamente em uma areia fina argilosa até próxima de 22 m, com Nspt entre 15 e 26 (medianamente compacta a compacta). Dos 22 m até o final do furo, voltou-se a encontrar uma argila arenosa vermelha dura, obtendo golpes entre 31 e 48. O lençol freático medido na sondagem foi obtido aos 14,80 m de profundidade.

As sondagens próximas ao rio Paraná sendo a SP-906, 907 e 908 ainda no município de Mundo Novo chegaram ao impenetrável ao equipamento de percussão quando atingido na média dos deslocamentos da SP-906 uma profundidade de aproximadamente 5,80 m, e 13,45 m na SP-908. A SP-907 não foi executada devido à falta de acesso estando uma grande área alagada, impossibilitando inclusive o deslocamento do furo.

Foi obtida na SP-908 uma argila siltosa marrom avermelhada (solo residual) em toda a profundidade, considerada mole (dois a cinco golpes) nos três primeiros metros da sondagem, aumentando gradativamente com a profundidade, sendo obtido de seis a 27 golpes até o impenetrável.

Já as sondagens SP-906, 906A e B, atingiram uma profundidade de 5,97 m, 5,51 m e 5,81 m, respectivamente.

O material encontrado se trata de uma camada de aterro composta por uma argila siltosa de mole a média até 2,50 m com Nspt entre 5 a 10 golpes, sotoposta à um solo aluvionar de matriz arenosa (areia argilosa) fina, cinza com o Nspt variando entre 3 e 50 golpes (areia fofa a compacta).

O NA das respectivas sondagens foram encontrados próximo a superfície sendo a 50 cm na SP-906 e 1,80 m na SP-908, respectivamente.

- **Segmento Homogêneo 3 (SH-3) – Guaíra – Ibema**

Partindo das Planícies Fluviais encontradas nas margens do rio Paraná em Guaíra, passa-se pelos Planaltos de Campo Mourão e Cascavel até o município de Ibema, com formas de relevo dominante variando entre suave ondulado e ondulado, e por dissecação moderada, com topos alongados e aplainados respectivamente. Esse segmento também está assente sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral.

Neste segmento foram executadas 11 sondagens da série 900, sendo duas sondagens a trado (ST-900 e 901), três sondagens mistas (SM-900, 901 e 902) e seis sondagens a percussão (SP-900, 901, 902, 903, 904 e 905).

A Tabela 5-32 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-32: Dados das Sondagens Executadas no SH-3**

| SH | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|------------|
| 3  | 1       | SM-900    | Mista     | 18        | 18,45           | Profundidade definida | Corte      |
|    | 2       | SP-900    | Percussão | -         | 23,53           | Impenetrável          | Fundação   |

| SH      | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação                                       |
|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|--|
|         | 3       | SM-901    | Mista     | 43        | 32,12           | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Corte  |
|         | 4       | ST-900    | Trado     | 1,5       | 2               | Profundidade definida | Análise subleito                                 |
|         | 5       | ST-901    | Trado     | 1,5       | 1,5             | Profundidade definida | Análise subleito                                 |
|         | 6       | SP-901    | Percussão | 10        | 10,45           | Profundidade definida | Fundação de aterro                               |
|         | 7       | SM-902    | Mista     | -         | 33,45           | Impenetrável          | Corte  |
|         | 8       | SP-902    | Percussão | -         | 19,45           | Impenetrável          | Área potencial de solo mole (área de alagamento) |
|         | 9       | SP-903    | Percussão | -         | 10,45           | Impenetrável          | Área potencial de solo mole (área de alagamento) |
|         | 10      | SP-904    | Percussão | -         | 3,64            | Impenetrável          | Área potencial de solo mole (área de alagamento) |
| Desloc. | SP-904A | 2,95      |           |           | Impenetrável    |                       |  |
|         | SP-904B | 5,5       |           |           | Impenetrável    |                       |  |
|         | 11      | SP-905    | Percussão | 40        | 6,23            | Impenetrável          | Fundação Ponte rio Paraná                        |
| Desloc. | SP-905A | 5,49      |           |           | Impenetrável    |                       |  |
|         | SP-905B | 5,76      |           |           | Impenetrável    |                       |  |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Na margem do rio Paraná, do lado de Guaíra, as sondagens SP-905, 905A e B atingiram uma profundidade de 6,20 m, 5,49 m e 5,76 m respectivamente. O material encontrado se trata de uma camada de aterro composta por uma areia pouco argilosa fofa até 2,50 m com Nspt entre um a quatro golpes, sobreposta a um solo aluvionar de argila siltosa com o Nspt variando entre um golpe nos dois primeiros metros dessa camada, chegando a 50 golpes e impenetrável nos últimos centímetros. A profundidade do lençol freático obtida na sondagem foi medida em torno de 1,70 m.

Na SP-904, também com deslocamento em A e B, foi encontrado até 1,50 m de profundidade um aterro de argila siltosa muito mole marrom escura com Nspt entre um e dois golpes. Abaixo dessa camada, encontrou-se um solo aluvionar composto também por uma argila siltosa cinza e marrom escura com Nspt variando entre um golpe no primeiro metro e atingindo até 50 golpes nos centímetros finais antes do impenetrável ao equipamento de percussão. O nível de água medido nas sondagens foi em média de 0,40 m da superfície do terreno.

Mais afastado da margem do rio, a SP-903 foi executada até 10,45 m de profundidade encontrando uma argila siltosa marrom escura, passando de mole no primeiro metro, a dura nos metros finais com Nspt máximo de 24 golpes. O nível de água nessa sondagem foi encontrado a 14,8 m.

Já no município de Terra Roxa, a SP-902 atingiu a profundidade de 19,45 m sendo composta por solos residuais com uma camada de 9,50 m de argila siltosa marrom avermelhada mole até os oito metros, com Nspt entre dois e cinco, chegando a seis golpes (argila média) nos metros finais da camada. Abaixo dessa até o final do furo, encontra-se um silte arenoso vermelho, pouco compacto a compacto com aumento gradativo do número de golpes conforme a profundidade (sete a 28 golpes). O nível do lençol freático foi encontrado a 16,02 m de profundidade.

Dentro do mesmo município, foi executada também a SM-902 onde foi atingido a profundidade de projeto (33 m) e não foi encontrado o topo rochoso, sendo encontrada uma argila siltosa vermelha considerada de muito mole a mole até cinco metros de profundidade, e chegando até 16,70 m no mesmo material com Nspt entre seis a nove golpes (argila média). Logo abaixo encontra-se uma camada de silte arenoso vermelho medianamente compacto com Nspt entre nove e 12 golpes com aproximadamente cinco metros de espessura (até 21,90 m). Abaixo desta camada até o final do furo, foi obtido um silte argiloso marrom com Nspt aumentando com a profundidade de 11 golpes (rija) a 31 golpes (dura).

Em Nova Santa Rosa executou-se a sondagem SP-901 a qual atingiu a profundidade especificada para o projeto (10,45 m), sendo o material encontrado em toda a extensão uma argila siltosa marrom avermelhada considerada mole com Nspt entre dois e cinco golpes até quatro metros de profundidade e passando para média a rija com Nspt entre seis e 12 golpes. Nessa sondagem não foi encontrada o nível estático do lençol freático.

Já no município de Cascavel, a sondagem SM-901 foi executada até a profundidade de 32,12 m onde atingiu o impenetrável ao equipamento de percussão. Até sete metros de profundidade, foi encontrada uma argila arenosa vermelha escura, com Nspt variando de um a quatro golpes (muito mole e mole), passando para uma argila siltosa marrom avermelhada chegando até próximo de 22 m, com Nspt variando entre 20 e 27 golpes

(argila dura). Abaixo dessa camada, encontrou-se um silte arenoso variegado medianamente compacto com Nspt entre 10 e 17 golpes. Nos últimos metros, o mesmo silte foi encontrado, porém, com fragmentos de rocha (solo de alteração) com Nspt atingindo entre 39 e 43 golpes sem penetração total aos 30 cm respectivo ao ensaio. O nível d'água nessa sondagem foi encontrada a 11,7 m de profundidade.

A SP-900 executada próxima a sondagem supracitada, tem como objetivo avaliar os materiais onde será feito o triângulo de reversão. Essa sondagem chegou até o impenetrável chegando a 23,53 m, com aproximadamente 11,5 m constituído por uma argila siltosa marrom, com os três primeiros metros uma argila muito mole, com Nspt igual a dois golpes, e indo de mole até seis metros, a média até o final da camada.

Abaixo dessa camada, encontra-se um silte arenoso marrom variando de pouco a medianamente compacto sendo obtido entre sete a 13 golpes de Nspt.

A última sondagem desse segmento, denominada SM-900, próximo ao limite de município entre Cascavel e Catanduvas, foi executada atendendo a profundidade especificada com 18,45 m totalmente em solo, sem interceptar o topo rochoso. Na sondagem foi encontrada uma argila siltosa marrom avermelhada com Nspt variando de um a cinco golpes até 5,45 m de profundidade. Abaixo dessa camada, com espessura em torno de três metros uma argila arenosa vermelha dura, com Nspt entre 25 e 28 golpes sendo finalizado comum silte arenoso marrom avermelhado de medianamente compacto (~12 golpes) e compacto em torno de 20 golpes. O nível do lençol freático foi medido a 17,1 m de profundidade.

- Segmento Homogêneo 4 (SH-4) – Ibema – Goioxim

Ainda dentro do complexo de rochas basálticas da Formação Serra Geral, este segmento possui dissecação alta, com topos alongados e drenagens convexas com aprofundamento moderado, com vales em “V”, e declividade moderada a baixa.

Neste segmento foram executadas cinco sondagens da série 800, sendo duas sondagens a trado (ST-800 e 801), duas sondagens mistas (SM-800 e 801) e uma sondagem a percussão (SP-800), quatro sondagens da série 700 sendo duas sondagens mistas (SM-

701 e 703) e uma a percussão (SP-700) e por final, cinco sondagens da série 600 com duas sondagens mistas (SM-600 e 601) e três a percussão (SP-600, 601 e 602).

Duas sondagens da série 700 (SM-700 e 702) que foram definidas com o propósito de avaliar a região de um túnel foram excluídas por falta de acesso, e o deslocamentos não atenderiam o objetivo do projeto.

A Tabela 5-33 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-33: Dados das Sondagens Executadas no SH-4**

| SH      | Furo nº | Definição | Tipo      | Prof. (m)          | Prof. Exec. (m)       | Paralisação           | Observação         |
|---------|---------|-----------|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| 4       | 1       | ST-800    | Trado     | 1,5                | 1,5                   | Profundidade definida | Análise subleito   |
|         | 2       | SM-800    | Mista     | 42                 | 42                    | Profundidade definida | Túnel              |
|         | 3       | SP-800    | Percussão | 10                 | 2,19                  | Impenetrável          | Fundação de aterro |
|         | Desloc. | SP-800A   |           |                    | 2,19                  | Impenetrável          |                    |
|         |         | SP-800B   |           |                    | 2,2                   | Impenetrável          |                    |
|         |         | SP-800C   |           |                    | 2,19                  | Impenetrável          |                    |
|         |         | SP-800D   |           |                    | 2,19                  | Impenetrável          |                    |
|         | 4       | SM-801    | Mista     | 24                 | 24                    | Profundidade definida | Análise subleito   |
|         | 5       | ST-801    | Trado     | 1,5                | 0,35                  | Impenetrável          | Túnel              |
|         | 6       | SM-700    | Mista     | Dificuldade acesso |                       |                       | Túnel              |
|         | 7       | SM-701    | Mista     | 43                 | 43                    | Profundidade definida | Túnel              |
|         | 8       | SM-702    | Mista     | Dificuldade acesso |                       |                       |                    |
|         | 9       | SM-703    | Mista     | 21                 | 21                    | Profundidade definida | Túnel              |
|         | 10      | SP-700    | Percussão | 10                 | 2,23                  | Impenetrável          | Fundação de aterro |
|         | Desloc. | SP-700A   |           |                    | 2,23                  | Impenetrável          |                    |
|         |         | SP-700B   |           |                    | 2,24                  | Impenetrável          |                    |
|         |         | SP-700C   |           |                    | 2,21                  | Impenetrável          |                    |
| SP-700D |         | 2,23      |           |                    | Impenetrável          |                       |                    |
| 11      | SM-600  | Mista     | 35        | 35                 | Profundidade definida | Corte                 |                    |
| 12      | SP-600  | Percussão | 40        | 5,91               | Impenetrável          | Fundação de ponte     |                    |
| Desloc. | SP-600A |           |           | 5,92               | Impenetrável          |                       |                    |
|         | SP-600B |           |           | 5,91               | Impenetrável          |                       |                    |
|         | SP-600C |           |           | 5,92               | Impenetrável          |                       |                    |

| SH | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação          |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|---------------------|
|    |         | SP-600D   |           |           | 5,92            | Impenetrável          |                     |
|    | 13      | SM-601    | Mista     | 32        | 33              | Profundidade definida | Corte               |
|    | 14      | SP-601    | Percussão | 10        | -               | Rocha aparente        | Fundação de aterro  |
|    | 15      | SP-602    | Percussão | 40        | -               | Rocha aparente        | Fundação de viaduto |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

No município de Guaraniaçu, foi executada a SP-800 onde encontrou o impenetrável ao equipamento de percussão a 2,19 m de profundidade. Foram deslocadas em quatro direções para identificação de um possível matacão, porém, todas atingiram o impenetrável na mesma profundidade, definindo o possível topo rochoso.

Nas sondagens, foi identificada até 0,80 m uma argila vermelha com a presença de matações com Nspt entre 12 e 14 golpes, passando por uma argila vermelha com mais de 30 golpes até 1,50 m aproximadamente, e chegando ao fundo do furo com a mesma argila com alteração de rocha.

A SM-800 atendeu a profundidade definida em projeto (42 m) executada em rocha em toda sua profundidade. Foi iniciada com lavagem devido a impossibilidade de penetração ao equipamento de percussão, e obtido testemunhos de basalto com uma porcentagem de recuperação em mais de 90% em toda a extensão do furo, apresentando somente nos últimos metros, uma recuperação em torno de 66%. As características dos testemunhos coletados mostram uma rocha moderadamente alterada (A2) e muito coerente (C1), indo de extremamente fraturada (F5) com passagens por trechos muito fraturado (F4) a medianamente fraturada (F3) ao longo da profundidade. O nível de água no furo foi obtido a 15 m da superfície natural do terreno.

Já na SM-801 foi obtido a perfuração em solo até 11,50 m de profundidade, sendo coletado até quatro metros uma argila siltosa marrom, com Nspt entre sete e nove golpes, seguida por um silte arenoso com Nspt entre 11 a 18 golpes até oito metros, sendo o limite da percussão e até o topo rochoso, executada a perfuração por lavagem. No trecho em rocha basáltica, a recuperação foi entre 14 a 36% até 22 m de profundidade, e obtendo

100% nos dois últimos metros. Os testemunhos mostraram uma rocha de muito alterada (A3) a moderadamente alterada (A4), extremamente fraturada (F5) e friável (C4) nos trechos de baixa recuperação, melhorando a qualidade nos metros finais. O nível do lençol freático foi medido a 12,40 m de profundidade.

Já no município de Novas Laranjeiras, a sondagem SP-700 obteve o mesmo comportamento da sondagem anterior, atingindo a profundidade em torno de 2,23 m. Foram identificadas uma camada de argila vermelha até 1,50 m aproximadamente com Nspt entre sete e 10 golpes, a argila com alteração de rocha até o fundo atingindo o impenetrável, com Nspt com mais de 30 golpes penetrando em torno de sete centímetros.

O nível do lençol freático foi identificado no contato solo/rocha, em torno de dois metros de profundidade. A SM-701 obteve a sua profundidade atingida em 43 m, com apenas um metro com alteração de rocha a qual foi possível executar a percussão com valor igual a 33 golpes, e em seguida a execução da sondagem rotativa até o final. A recuperação dos testemunhos foi no geral maior que 90%, com fraturas moderadas (A2), mostrando-se coerente em toda a profundidade (C1) e faturamento variando de pouco (F2) a extremamente fraturada (F5).

A sondagem SM-703 foi executada praticamente em rocha, somente com 0,50 m executado o furo por lavagem, com baixa recuperação dos testemunhos até os três metros primeiros metros chegando em torno de 40%, aumentando para mais de 90% nos trechos seguintes até o final do furo. As características obtidas foram idênticas à SM-701, com fraturas moderadas, faturamento variando ao longo da profundidade e totalmente coerente. Em ambos os furos não foi encontrado o nível de água.

Nos municípios de Laranjeiras do Sul e Marquinho, as sondagens SP-602 e 601 respectivamente não foram executadas devido à identificação do topo rochoso aparente na superfície do terreno.

A SP-600 executada dentro do município de Cantagalo atingiu o impenetrável em torno de 5,90 m de profundidade, juntamente com seus deslocamentos (SP-600A, B, C e D) sendo encontrado até 4,50 m aproximadamente uma argila vermelha e amarela indo de média a dura, com o aumento gradativo do Nspt começando com cinco golpes até 12

golpes no final. Abaixo desta camada, encontrou-se um solo argiloso com alteração de rocha com Nspt na média de 38 golpes com menos de 30 cm conforme padrão do ensaio até o impenetrável. O lençol freático foi medido no contato solo/rocha em torno de 5,80 m de profundidade.

Na SM-601 foi executado furo a percussão até dois metros de profundidade com a obtenção de uma argila amarela e Nspt igual a quatro golpes, e em seguida entrando em rocha basáltica com recuperação de no máximo 56% até nove metros de profundidade, aumentando para maior que 90% até 27 m, sendo observado um pequeno trecho com uma redução drástica da recuperação do testemunho (22%) até 30 m, aumentando novamente até a profundidade de projeto (33 m). A rocha se apresentou com pouca alteração (A1), muita coerência (C1) e variando entre muito (F4) a extremamente fraturado (F5). No trecho em que houve a redução da recuperação, a houve um aumento da alteração e redução da coerência.

Já na SM-600 foi obtida uma maior camada de solo sendo até seis metros de profundidade uma argila siltosa com Nspt de seis golpes no primeiro metro, e variando entre 12 e 14 golpes até o final da camada. Abaixo dessa camada, encontrou-se um silte argiloso até 8,3 m com Nspt de 23 e 30 golpes para 13 centímetros. Os testemunhos de rocha basáltica foram coletados com a recuperação de 20% no início do topo rochoso, chegando até 82% até 19 m de profundidade, a abaixo dessa profundidade até o final do furo (35 m), a recuperação foi de 100%. O aspecto observado nos testemunhos foi de um material muito alterado (A3), pouco coerente (C3) e extremamente fraturado (F5) no trecho com menor recuperação, até moderadamente alterado (A2) com maior coerência (C1) e medianamente fraturado (F3) nos trechos de maior recuperação dos testemunhos. Não foi identificado o lençol freático em ambas as sondagens mistas.

- Segmento Homogêneo 5 (SH-5) – Goioxim – Guarapuava

Já no final da Formação Serra Geral, este segmento possui dissecação baixa, topos aplainados e drenagens retilíneas e convexas com aprofundamento baixo a moderado, com vales em “U”.

Neste segmento foram executadas três sondagens da série 500, sendo as sondagens a percussão (SP-500, 501 e 502) e uma da série 400 (SP-403).

A Tabela 5-34 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-34: Dados das Sondagens Executadas no SH-5**

| SH | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m)     | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação         |
|----|---------|-----------|-----------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| 5  | 1       | SP-500    | Percussão | 30            | 3,35            | Impenetrável          | Corte              |
|    | Desloc. | SP-500A   |           |               | 3,35            | Impenetrável          |                    |
|    |         | SP-500B   |           |               | 3,36            | Impenetrável          |                    |
|    |         | SP-500C   |           |               | 3,37            | Impenetrável          |                    |
|    |         | SP-500D   |           | 10            | 3,37            | Impenetrável          |                    |
|    | 2       | SP-501    | Percussão | 30            | 10,45           | Profundidade definida | Fundação de aterro |
|    | 3       | SP-502    | Percussão | 30            | 13,23           | Impenetrável          | Corte              |
| 4  | SP-403  | Percussão | 30        | Acesso negado |                 | Fundação de aterro    |                    |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

No município de Goioxim, a execução da sondagem SP-502 obteve a até 0,80 m de profundidade um aterro com pedras soltas com Nspt igual a quatro golpes, sendo encontrada logo após uma argila preta indo de mole a média com a profundidade com Nspt entre três e seis golpes até quatro metros de profundidade. Abaixo se obteve uma argila vermelha indo de média a muito rija com a profundidade com Nspt entre oito a 21 golpes. Abaixo de 10,50 m até o final do furo (13 m), foi encontrada uma argila marrom com Nspt entre 31 golpes e 30 golpes com a penetração de apenas sete centímetros, sendo neste último, a argila com alteração de rocha alcançando o impenetrável a percussão. O nível de água no furo foi medido a 2,50 m de profundidade.

No limite entre os municípios de Candói e Guarapuava foi executada a SP-501 com a profundidade especificada (10 m), sendo encontrada em toda sua extensão uma argila vermelha, sendo nos três primeiros metros de profundidade uma argila mole com Nspt entre três e cinco golpes. Até nove metros de profundidade, a argila se torna média com Nspt aumentando gradativamente de oito a 17 golpes, e no último metro, a argila se torna

dura com Nspt igual a 19 golpes. O nível do lençol freático foi medido em torno de oito metros de profundidade.

Já em Guarapuava, a execução da SP-500 estimada em 30 m de profundidade alcançou o impenetrável em torno de 3,35 m, sendo feito o deslocamento do furo em quatro direções, obtendo a mesma profundidade em média de 3,36 m. Dentre as sondagens executadas, foram encontradas até 0,80 m uma argila marrom de muito mole a mole, com Nspt entre dois e quatro golpes, e estando abaixo dessa camada, uma argila alaranjada, sendo no primeiro metro dessa camada uma argila muito mole com dois golpes, passando para uma argila dura com alteração de rocha e Nspt de 48 golpes com 20 cm de penetração. O lençol freático não foi encontrado nos furos executados.

- Segmento Homogêneo 6 (SH-6) – Guarapuava – Prudentópolis

No limite da Formação Serra Geral e Formação Botucatu com os arenitos avermelhados, este segmento possui dissecação baixa, topos aplainados e drenagens retilíneas e convexas com aprofundamento baixo a moderado, com vales em “U”, e próximo à divisa entre os municípios de Prudentópolis, Inácio Martins e Irati, encontra-se a Serra da Esperança.

Neste segmento foram executadas as sondagens da série 400, sendo quatro sondagens a percussão (SP-400, 401, 402 e 408), e sondagens mistas (SM-400, 407, 411, 412, e 414).

A maioria das sondagens mistas que seriam executadas na região da Serra da Esperança, onde são previstos alguns túneis (SM-401 a 406 e 410), foram canceladas devido à dificuldade de acesso com os equipamentos, porém, serão substituídas pelos ensaios sísmicos, os quais não dependem de grandes equipamentos para sua execução.

A SM-413 e a SP-403 foram canceladas por não ter o acesso liberado pelos proprietários da área.

A Tabela 5-35 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-35: Dados das Sondagens Executadas no SH-6**

| SH      | Furo nº | Definição | Tipo          | Prof. (m)                                      | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação                |                   |
|---------|---------|-----------|---------------|--|-----------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| 6       | 2       | SM-401    | Mista         | Dificuldade acesso. Substituídas por geofísica |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 3       | SM-402    | Mista         |  |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 4       | SM-403    | Mista         |  |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 5       | SM-404    | Mista         |  |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 6       | SM-405    | Mista         |  |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 7       | SM-406    | Mista         |  |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 8       | SM-407    | Mista         | 54   | 54              | Profundidade definida | Túnel                     |                   |
|         | 9       | SM-408    | Mista         | Substituída pela sp-408                        |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 10      | SM-409    | Mista         | 31   | 31              | Profundidade definida | Túnel                     |                   |
|         | 11      | SM-410    | Mista         | Substituída por geofísica                      |                 |                       | Túnel                     |                   |
|         | 12      | SM-411    | Mista         | 53   | 53              | Profundidade definida | Túnel                     |                   |
|         | 13      | SM-412    | Mista         | 24   | 24              | Profundidade definida | Túnel                     |                   |
|         | 14      | SM-413    | Mista         | Acesso negado                                  |                 |                       |                           |                   |
|         | 15      | SM-414    | Mista         | 24   | 24              | Profundidade definida | Túnel                     |                   |
|         | Desloc. | 16        | SP-400        | Percussão                                      | 40              | 2,3                   | Impenetrável              | Fundação de ponte |
|         |         |           | SP-400A       |  |                 | 2,31                  | Impenetrável              |                   |
|         |         |           | SP-400B       |  |                 | 2,32                  | Impenetrável              |                   |
|         |         |           | SP-400C       |  |                 | 2,31                  | Impenetrável              |                   |
|         |         |           | SP-400D       |  |                 | 2,31                  | Impenetrável              |                   |
|         | 17      | SP-401    | Percussão     | 10   | 5,07            | Impenetrável          | Fundação de aterro        |                   |
| Desloc. | 18      | SP-402    | Percussão     | 40   | 3,05            | Impenetrável          | Fundação de ponte e corte |                   |
|         |         | SP-402A   |               |  | 3,05            | Impenetrável          |                           |                   |
|         |         | SP-402B   |               |  | 3,05            | Impenetrável          |                           |                   |
|         |         | SP-402C   |               |  | 3,06            | Impenetrável          |                           |                   |
|         |         | SP-402D   |               |  | 3,05            | Impenetrável          |                           |                   |
| 19      | SP-403  | Percussão | Acesso negado |  |                 | Fundação de aterro    |                           |                   |
| 20      | SP-408  | Percussão | 15            | 13,45  | Impenetrável    | Túnel                 |                           |                   |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A sondagem SP-402, executada no município de Guarapuava, alcançou o impenetrável em torno de 3,05 m de profundidade, juntamente com seus deslocamentos A, B, C e D, encontrando até 0,10 m uma camada de cascalho e logo abaixo até dois metros de

profundidade um silte com veios variegados com Nspt entre oito e 41 golpes conforme a profundidade. Logo após, no último metro do furo, o mesmo silte é encontrado com alteração de rocha, chegando a obter 30 golpes com penetração máxima de cinco centímetros.

No mesmo município, foi executada a SP-401 onde também foi atingido o impenetrável antes da profundidade definida em projeto, alcançando uma profundidade máxima de 5,06 m. O material encontrado no furo também é um silte marrom variegado indo de pouco compacto a compacto conforme a profundidade, com Nspt de oito a 21 golpes até quatro metros de profundidade, e no último metro, encontrado um silte com alteração de rocha e Nspt de 30 golpes com apenas seis centímetros de penetração. Em ambas as sondagens supracitadas, não foi encontrado o nível do lençol freático.

Já no município de Inácio Martins, antes da Serra da Esperança, foi executada a SP-400 que, assim como nas outras sondagens, foi encontrado o impenetrável ao equipamento de percussão antes da profundidade definida, alcançando uma profundidade em torno de 2,31 m tanto no furo principal quanto nos deslocamentos. Até 0,40 m foi encontrado uma camada de cascalho e em seguida um silte com alteração de rocha com Nspt iniciando em torno de 38 golpes no primeiro metro, até 30 golpes com penetração máxima de seis centímetros. Nessa sondagem também não houve indício do nível de água.

A SP-408 executada no município de Irati até o impenetrável ao equipamento de percussão, obteve em toda sua extensão de 13,45 m uma argila arenosa marrom com características de mole a dura de acordo com a profundidade, com variação de Nspt entre dois a 33 golpes. O nível d'água foi medido a pouco mais de um metro de profundidade no furo.

A SM-407 foi executada com 54 m de profundidade, sendo até os quatro metros, perfurado com lavagem devido ao impenetrável a percussão, e encontrando uma areia siltosa variegada com trechos encontrando fragmentos de rocha até 17,15 m. O Nspt obtido nesse solo foi de 30 golpes para perfurar entre cinco a 12 centímetros. Antes de encontrar o topo rochoso, houve uma passagem por um solo argiloso com fragmentos de rocha onde não foi possível obter o Nspt até os 22,5 m de profundidade. A rocha encontrada trata-se de um basalto com recuperação em torno de 60% até 25 m,

aumentando para 100% até os 36 m de profundidade, ocorrendo uma redução da recuperação até 40,5 m com obtenção entre 22 e 34%. Em seguida, houve novamente um aumento da recuperação dos testemunhos entre 70 a 100% respectivamente. As características observadas foram de uma rocha de pouca alteração (A1), indo para moderadamente alterada (A2) no trecho de menor recuperação, com coerência em todos os testemunhos (C1) e um grau e faturamento entre pouco a extremamente alterado ao longo do furo.

A sondagem SM-409 atingiu a profundidade de projeto sem encontrar o topo rochoso, sendo observado até os 15 m de profundidade uma argila siltosa com Nspt entre sete e 10 golpes e passagens por matacões de basalto. O mesmo ocorreu até o final do furo, porém, sendo encontrado uma areia argilosa com trechos com fragmentos de rocha. O Nspt foi entre 27 golpes até 30 golpes para penetração de um centímetro a mais no final do furo.

Na SM-411 a rocha foi encontrada logo na superfície do terreno, sendo considerado um arenito com testemunhos apresentando grau de faturamento entre medianamente (F3) a extremamente fraturada (F5), pouco (A1) a moderadamente alterada (A2) e pouco coerente (C3). A recuperação dos testemunhos foi bastante variável com a profundidade, indo de 10 a 70% no máximo. O nível do lençol freático foi encontrado a 23,8 m de profundidade.

A SM-412 também obteve uma recuperação dos testemunhos variável entre oito a 98% até 24 m de profundidade, encontrando inicialmente até quatro metros de matacões de basalto, e em seguida um solo de alteração com rocha até 15 m extremamente alterada (A4) e fraturada (F5) e incoerente (C4), melhorando suas qualidades após esse trecho. Não foi encontrado o nível de água nesse furo.

Já a SM-414 obteve dois metros de um silte argiloso marrom amarelado com Nspt de nove e 10 golpes, e um metro de lavagem antes de encontrar o topo rochoso. A rocha encontrada no furo foi um basalto sem alteração (A1) com um trecho até nove metros extremamente fraturado (F5) onde a recuperação dos testemunhos foi menor (até 50%), passando pouco (F2) a medianamente fraturado (F3) onde houve a recuperação maior que 90%.

- Segmento Homogêneo 7 (SH-7) – Prudentópolis – Lapa (Eng. Bley)

O segmento homogêneo sete encontra-se sobre boa parte das rochas sedimentares paleozoicas da Bacia do Paraná, composta por arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos. O relevo deste segmento possui uma dissecação moderada, com topos alongados e drenagens retilíneas e côncavas, moderadamente aprofundadas e com vales em “U”.

Faz parte deste segmento a sondagem SM-400, e as sondagens da série 300, sendo quatro sondagens a percussão (SP-300, 301, 302 e 303), quatro sondagens mistas (SM-300, 302 e 303), além de três sondagens a trado (ST-300, 301 e 302).

A SM-301 foi cancelada por não ter o acesso liberado pelo proprietário da área.

A Tabela 5-36 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-36: Dados das Sondagens Executadas no SH-7**

| SH      | Furo n.º | Definição | Tipo      | Prof. (m)     | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação                 |
|---------|----------|-----------|-----------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| 7       | 1        | SM-400    | Mista     | 54            | 54              | Profundidade definida | Corte                      |
|         | 2        | SM-300    | Mista     | 46            | 46              | Profundidade definida | Corte                      |
|         |          | SM-301    | Mista     | Acesso negado |                 |                       | Túnel                      |
|         | 3        | SM-302    | Mista     | 54            | 54              | Profundidade definida | Túnel                      |
|         | 4        | SM-303    | Mista     | 57            | 57              | Profundidade definida | Corte                      |
|         | 5        | SP-300    | Percussão | 10            | 10,07           | Profundidade definida | Fundação de aterro e ponte |
|         | 6        | SP-301    | Percussão | 40            | 3,1             | Impenetrável          | Fundação de ponte          |
|         | Desloc.  | SP-301A   |           |               | 3,09            | Impenetrável          |                            |
|         |          | SP-301B   |           |               | 3,09            | Impenetrável          |                            |
|         |          | SP-301C   |           |               | 3,08            | Impenetrável          |                            |
|         |          | SP-301D   |           |               | 3,09            | Impenetrável          |                            |
|         | 7        | SP-302    | Percussão | 10            | 3,21            | Impenetrável          | Fundação de aterro         |
|         | Desloc.  | SP-302A   |           |               | 3,2             | Impenetrável          |                            |
|         |          | SP-302B   |           |               | 3,2             | Impenetrável          |                            |
| 8       | SP-303   | Percussão | 40        | 4,1           | Impenetrável    | Fundação de viaduto   |                            |
| Desloc. | SP-303A  |           |           | 4,09          | Impenetrável    |                       |                            |

| SH | Furo n.º | Definição | Tipo | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação  | Observação |
|----|----------|-----------|------|-----------|-----------------|--------------|------------|
|    |          | SP-303B   |      |           | 4,1             | Impenetrável |            |
|    |          | SP-303C   |      |           | 4,09            | Impenetrável |            |
|    |          | SP-303D   |      |           | 4,07            | Impenetrável |            |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A SP-303 foi executada no município de Irati e atingiu o impenetrável em torno de 4,10 m de profundidade, igualmente aos deslocamentos dos furos realizados. Os materiais encontrados nos furos partem de uma argila preta mole até 0,20 m de profundidade com Nspt em torno de cinco golpes, estando logo em seguida um silte com veios variegados até três metros de profundidade sendo obtido Nspt entre 18 e 37 golpes, finalizando no último metro um silte variegado com alteração de rocha dura com Nspt com 30 golpes com penetração máxima de nove centímetros em um dos furos.

Já no município de Fernandes Pinheiros foi executada a SP-302 a qual também interceptou o topo rochoso antes da profundidade especificada. A sondagem obteve até 0,85 m uma argila preta rija com Nspt em torno de 10 golpes, e logo após um silte arenoso com alteração de rocha até aproximadamente 3,20 m de profundidade. O Nspt nessa camada foi maior que 30 golpes no primeiro metro da camada, chegando a maior que 30 golpes com penetração máxima de cinco centímetros.

A SP-301 foi executada no município de Porto Amazonas com a profundidade de 3,08 m onde atingiu o impenetrável ao equipamento de percussão. Nos furos executados, até 0,20 m aproximadamente foi encontrada uma areia com pedregulho obtendo 30 golpes com penetração máxima de 12 cm. Em seguida, foi encontrado um silte roxo duro até 2,80 m de profundidade com Nspt de 30 golpes penetrando somente 10 cm nos primeiros 15 cm do ensaio. Nos últimos centímetros do furo, foi encontrado o silte com alteração de rocha.

Já no município de Balsa Nova, próximo a Engenheiro Bley (Lapa), a sondagem SP-300 chegou até a profundidade definida (10,07 m) sendo constituída até 6,50 m aproximadamente de uma argila vermelha de média a muita rija, com Nspt aumentando gradativamente de cinco até 21 golpes. Em seguida, encontrou-se uma areia fina compacta a muito compacta até em torno de 8,50 m de profundidade, com Nspt em torno

de 34 golpes, seguida até o final do furo por uma areia com pedregulhos muito compacta que atingiu 30 golpes com sete centímetros de penetração do equipamento a percussão.

Somente nesta sondagem foi encontrado o nível do lençol freático, medido aproximadamente a sete metros de profundidade. Nas demais sondagens não foi observada a presença de água nos furos.

A sondagem mista SM-400 obteve dois metros de um silte arenoso com Nspt de quatro e cinco golpes, respectivamente, seguida por um metro de lavagem antes de iniciar a sondagem rotativa. Até os nove metros de profundidade, foi encontrado um material denominado como folhelho, passando para um siltito até 54 m de profundidade, onde foi finalizado o furo. A recuperação do testemunho ao longo do furo foi bastante variável, indo de trechos com 16% até 100% de recuperação. Como características apresentaram ser moderadamente alterada (A2), com faturamento desde extremamente fraturada (F5) com trechos pouco fraturado (F2) e moderadamente coerente (C2). O lençol freático foi encontrado a 25 m de profundidade.

Na SM-300 se obteve uma camada de silte arenoso amarelo com três metros de espessura, com Nspt entre sete e 13 golpes, onde logo após foi encontrado o topo rochoso, sendo observado 3 m de arenito com recuperação de 36,3% muito alterado (A3), extremamente fraturado (F5) e pouco coerente (C3). Até os 24 m de profundidade, encontrou-se uma brecha de matriz arenosa com recuperação de testemunhos entre 40 a 99%, sem alteração (A1) e coerente (C1), porém, muito a extremamente fraturado (F4 e F5). Em seguida novamente classificado como arenito, os testemunhos coletados até 30 m apresentaram uma recuperação em torno de 50% com as mesmas características acima, e se repetindo até o final do furo (46 m), porém, denominando uma brecha de matriz arenosa. O nível de água foi encontrado a 6,20 m de profundidade.

Na sondagem SM-302 executada com 54 m de profundidade (portanto, atendendo à definição do projeto), foi encontrado um arenito pouco a moderadamente alterado (A1 e A2), pouco coerente (C3) e faturamento variando ao longo do furo entre medianamente a extremamente fraturado (F3 a F5). Os testemunhos foram recuperados entre 70 a 100%, até 39 m de profundidade, ocorrendo uma diminuição para aproximadamente 7% até 54%. O lençol freático foi medido a 12 m de profundidade.

A SM-303 obteve uma camada de silte argiloso marrom amarelado com dois metros de espessura, seguida por um metro de lavagem até o topo rochoso. Os testemunhos coletados mostram um siltito com recuperação entre 32 a 95% até 21 m de profundidade, passando para 100% até 57 m, onde foi finalizado o furo conforme projeto.

Até nove metros a rocha se mostrou moderadamente alterada (A2), pouco coerente (C3) e extremamente fraturada (F5), passando para uma rocha com pouca alteração (A1) e moderadamente coerente (C2) e variando entre medianamente a extremamente fraturada (F3 a F5) ao longo da profundidade. O lençol freático foi encontrado a 33 m.

- Segmento Homogêneo 8 (SH-8) – Lapa (Eng. Bley) – São José dos Pinhais

O segmento homogêneo oito encontra-se sobre a Formação Guabirota e início do Complexo Gnáissico, e possui uma paisagem suavemente ondulada, com planícies de várzeas. As sondagens da série 200 fazem parte deste segmento, sendo sete sondagens a percussão (SP-200 a 206), uma sondagem mista (SM-200), e uma sondagem a trado (ST-200).

A Tabela 5-37 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-37: Dados das Sondagens Executadas no SH-8**

| SH | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação          |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| 8  | 1       | SM-200    | Mista     | 54        | 56              | Profundidade definida | Corte               |
|    | 2       | SP-200    | Percussão | 15        | 15,45           | Profundidade definida | Corte               |
|    | 3       | SP-201    | Percussão | 10        | 4,07            | Impenetrável          | Fundação de aterro  |
|    | Desloc. | SP-201A   |           | 4,1       | Impenetrável    |                       |                     |
|    | 4       | SP-202    | Percussão | 40        | 7,1             | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 5       | SP-203    | Percussão | 40        | 20,17           | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 6       | SP-204    | Percussão | 21        | 18,04           | Impenetrável          | Corte               |
| 7  | SP-205  | Percussão | 40        | 13,45     | Impenetrável    | Fundação de viaduto   |                     |

| SH | Furo n° | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação         |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------|
|    | 8       | SP-206    | Percussão | 10        | 10,05           | Profundidade definida | Fundação de aterro |
|    | 9       | ST-200    | Trado     | 1,5       | 1,5             | Profundidade definida | Análise subleito   |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

No município de Contenda foi executada a SP-206 a qual atingiu a profundidade de projeto (10,05 m), onde foi encontrada uma argila marrom mole até 0,30 m de profundidade com Nspt igual a quatro golpes, sobreposta a uma camada espessa de silte com veios variegados até a profundidade atingida, com valores de Nspt aumentando gradativamente de cinco golpes (mole) a dura, com 24 golpes. O nível do lençol freático foi encontrado em torno de 7,50 m de profundidade neste furo.

Também em Contenda, na SP-205 foi encontrada uma argila cinza mole com Nspt de quatro golpes em toda a camada de aproximadamente 4,50 m de espessura, e logo em seguida um silte amarelo de médio a duro até aproximadamente 10,50 m, obtendo um Nspt entre oito e 24 golpes, e nos últimos três metros aproximadamente, foi encontrado o mesmo silte com alteração de rocha e Nspt com 30 golpes em sete centímetros iniciais da camada, onde aos 13,44 m foi atingido o impenetrável ao equipamento a percussão. O nível d'água nesta sondagem foi medido a 3,50 m de profundidade.

A SP-204 foi executada no município de Araucária com a profundidade de 18,04 m até o impenetrável ao equipamento de percussão. Até os 3,50 m de profundidade, o material encontrado foi uma argila marrom alaranjada com Nspt entre dois e quatro golpes (mole). A partir dessa profundidade até o final do furo, foi encontrado um silte variegado com aspecto vermelho e amarelo, com Nspt aumentando gradativamente de sete golpes até 30 golpes com penetração de três centímetros, sendo nos dois últimos metros, o silte se apresentava com alteração de rocha. O nível do lençol freático no furo, foi medido em torno de 10 m de profundidade.

No município de Mandirituba, a SP-203 também obteve os mesmos tipos de materiais, com uma camada de argila laranja mole até 3,50 m de profundidade, e até os 20,17 m de profundidade onde se atingiu o impenetrável, um silte variegado com Nspt entre dois

golpes a 30 golpes com penetração de oito centímetros no último metro. Nesta sondagem o nível de água foi obtido bem superficial, estando a menos de um metro de profundidade.

Já no município de São José dos Pinhais, foram executadas as sondagens SP-202, 201 e 200, respectivamente, no sentido a Morretes.

A SP-202 foi executada até o impenetrável ao equipamento de percussão, atingindo essa condição aos 7,11 m de profundidade. Os materiais encontrados foram uma argila cinza mole com Nspt até 1,50 m aproximadamente, seguida por uma argila amarela média até em torno de três metros, e logo após, uma argila arenosa variegada dura com Nspt chegando a 40 golpes até 4,50 m aproximadamente. Após essa camada, foi encontrada essa mesma argila com alteração de rocha até o final da perfuração, obtendo um Nspt de 30 golpes com penetração de três centímetros no último metro. O lençol freático foi medido a uma profundidade de três metros da boca do furo.

A sondagem SP-201 obteve uma argila marrom e cinza muito mole até quatro metros de profundidade, sendo encontrado em seguida uma alteração de rocha com apenas sete centímetros de espessura, configurando o impenetrável a percussão com total de 4,07 m. O nível de água foi medido a menos de um metro de profundidade.

A SP-200 atendeu a profundidade definida no projeto com 15,45 m de profundidade, sendo constituída até 2,50 m de profundidade por uma argila preta e cinza muito mole (dois golpes), seguida por uma argila variegada amarela de mole a média, com Nspt aumentando até em torno de 6,50 m com dois a nove golpes. Até a profundidade de aproximadamente 10,50 m, encontrou-se uma argila arenosa cinza mole a média com Nspt entre quatro e oito golpes, seguida por uma argila arenosa variegada de média a muito rija aumentando o número de golpes (10 a 25 golpes) com a profundidade até o final do furo. O lençol freático medido nesse furo se encontra a três metros de profundidade.

A sondagem mista SM-200 executada com 56 m, obteve até os 39 m um arenito pouco alterado (A1), muito (F4) a extremamente fraturado (F5) e uma variação de coerência, indo de coerente a incoerente (C1 a C4). Logo abaixo, foi observado um argilito pouco alterado (A1), indo de moderadamente (C2) a pouco coerente (C3) e muito a

extremamente fraturado (F4 e F5). O nível de água no furo não foi encontrado na profundidade executada.

- Segmento Homogêneo 9 (SH-9) – São José dos Pinhais – Morretes

O segmento homogêneo nove se encontra sobre a Formação Guaratubinha e Migmatitos próximos à Serra do Mar, e ainda possui uma paisagem suavemente ondulada, com planícies de várzeas.

As sondagens nesse trecho são da série 100, sendo em sua maioria sondagens mistas (SM-117 a 121), uma sondagem a percussão (SP-103) e uma sondagem a trado (ST-101). A SM-116 foi cancelada devido a não liberação do acesso pelo proprietário.

A Tabela 5-38 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-38: Dados das Sondagens Executadas no SH-9**

| SH | Furo nº | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m) | Paralisação           | Observação         |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| 9  | 1       | ST-101    | Trado     | 1,5       | 1,5             | Profundidade definida | Análise subleito   |
|    | 2       | SP-103    | Percussão | 10        | 12,45           | Impenetrável          | Fundação de aterro |
|    | 3       | SM-121    | Mista     | 27        | 27,45           | Profundidade definida | Túnel              |
|    | 4       | SM-120    | Mista     | 38        | 38              | Profundidade definida | Túnel              |
|    | 5       | SM-119    | Mista     | 24        | 24              | Profundidade definida | Túnel              |
|    | 6       | SM-118    | Mista     | 22        | 22              | Profundidade definida | Túnel              |
|    | 7       | SM-117    | Mista     | 40        | 40              | Profundidade definida | Túnel              |
|    | 8       | SM-116    | Mista     | 56        | Acesso negado   |                       | Túnel              |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A SP-103 foi executada no município de São José dos Pinhais, alcançando o impenetrável a 12,45 m de profundidade. Em toda a extensão, o material encontrado é um silte variegado de coloração alaranjada que vai de fofo a compacto conforme a profundidade, aumentando o N<sub>spt</sub>, começando com dois golpes até 22 golpes. O lençol freático foi medido no furo em torno de sete metros de profundidade.

No município de Morretes foi executada a SM-117 em região de túneis, onde foi iniciada com sondagem rotativa devido um matacão com espessura de 2,50 m. Abaixo do mesmo até cinco metros, foi encontrada uma argila arenosa marrom rija, com Nspt entre 13 e 18 golpes, passando por uma areia argilosa compacta (Nspt = 18 golpes) com um metro de espessura, voltando para uma argila arenosa dura com 30 golpes com penetração de dois centímetros também com um metro de espessura, onde logo após foi encontrada uma alteração de rocha com argila e fragmentos de rocha até nove metros de profundidade.

Até os 14 m de profundidade, a mesma argila arenosa com Nspt entre 23 e 25 golpes foi encontrada, sobreposta a uma areia argilosa muito compacta até 17,50 m, onde foi finalizada a camada de solo, sendo logo em seguida dado o retorno da perfuração com sondagem rotativa, chegando até 24 m de profundidade, com uma rocha alterada de gnaiss com preenchimento de areia argilosa em alguns trechos, e logo após obtida a recuperação de testemunhos de gnaiss até o final da perfuração (40 m) com RQD entre 92,6 a 100%. As características dos testemunhos coletados mostram uma rocha pouco alterada (A1) e muito coerente (C1), indo de extremamente fraturada (F4) a medianamente fraturada (F3) ao longo da profundidade. O nível do lençol freático nessa sondagem foi encontrado logo na superfície do terreno.

Já a SM-118 executada no mesmo município foi executada até 22 m de profundidade sendo observada uma argila pouco siltosa média a rija (Nspt entre seis e 18 golpes) até cinco metros de profundidade, passando para mole até oito metros, com Nspt entre quatro e cinco golpes. Em seguida foi obtido uma areia siltosa amarela, de média a compacta com Nspt entre seis e 20 golpes chegando até 10 m de profundidade, e logo abaixo, até 12,50 m aproximadamente, encontrado um silte arenoso marrom, compacto (20 a 24 golpes) e em seguida, iniciada a perfuração rotativa onde foi encontrada uma rocha extremamente alterada com argila arenosa até o final do furo. O nível d'água foi encontrado a 14,10 m de profundidade.

A SM-119 foi executada com 24 m de profundidade, sendo encontrado até 2,7 m uma argila siltosa cinza com Nspt de 10 a 21 golpes. Logo em seguida, foi encontrado um argilito com recuperação máxima dos testemunhos em 30%, moderadamente alterado

(A2), moderadamente coerente (C2) e extremamente fraturado (F5). O nível do lençol freático foi encontrado a 2,60 m de profundidade.

A sondagem SM-120 obteve uma argila siltosa cinza até 3,17 m de profundidade, com Nspt entre 33 e 30 golpes para penetração de dois centímetros. A seguir encontrou-se o topo rochoso constituído por um argilito moderadamente alterado (A2), moderadamente coerente (C2) e extremamente fraturado (F5) e recuperação dos testemunhos em no máximo 63% até 38 m de profundidade. Não foi observado água no furo.

A SM-121 foi executada até 27,45 m de profundidade e não se encontrou o topo rochoso nessa sondagem. Foi observado até 0,6 m de profundidade um aterro constituído por uma argila siltosa, e em seguida obteve-se uma areia argilosa branca até 10 m de profundidade com Nspt variando de oito a 18 golpes, sendo nos dois últimos metros da camada 30 golpes para penetração de um centímetro. Abaixo obteve-se uma areia siltosa até 23 m de profundidade com Nspt de 30 a 38 golpes, voltando a obter uma areia argilosa até 27,45 m, com Nspt entre 29 a 43 golpes. O nível de água foi medido a 7,10 m de profundidade.

- Segmento Homogêneo 10 (SH-10) – Morretes – Paranaguá

Este segmento se localiza dentro dos aspectos do relevo da Serra do Mar, com grandes maciços rochosos e escarpados sobre rochas graníticas e granitoides, sendo esse segmento constituído em grande parte por túneis, pontes e viadutos até alcançar a Planície Litorânea em Paranaguá.

As sondagens nesse trecho são da série 100, sendo em sua maioria sondagens mistas (SM-101 a 115) nos trechos dos túneis previstos neste segmento, os quais, em função das dificuldades de acesso com equipamentos para a realização das sondagens, da SM-104 a 115 foram canceladas devido à dificuldade de acesso com os equipamentos de sondagem rotativa. Todavia, destaca-se que, nesses trechos, foram executados ensaios sísmicos.

Além disso, foram previstas três sondagens a percussão (SP-100 a 103), sendo a SP-100 e 102 canceladas pela não liberação do acesso pelos proprietários das áreas.

Já no final do traçado foi executada uma sondagem a trado (ST-100) além de mais duas sondagens sendo uma a trado e uma a percussão, denominadas como ST-01 e SP-01 respectivamente, executadas no retorno especificado no projeto.

A Tabela 5-39 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-39: Dados das Sondagens Executadas no SH-10**

| SH | Furo nº | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m)                              | Paralisação           | Observação          |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|--|-----------------------|---------------------|
| 10 | 1       | ST-100    | Trado     | 1,5       | 0,8  | Impenetrável          | Análise subleito    |
|    | 2       | SP-100    | Percussão | 10        | Acesso negado                                |                       | Fundação de aterro  |
|    | 3       | SP-101    | Percussão | 40        | 8,07   | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 4       | SP-102    | Percussão | 10        | Acesso negado                                |                       | Fundação de aterro  |
|    | 5       | SM-100    | Mista     | 49        | 49   | Profundidade definida | Túnel               |
|    | 6       | SM-102    | Mista     | 59        | 59   | Profundidade definida | Túnel               |
|    | 7       | SM-103    | Mista     | 50        | 50   | Profundidade definida | Túnel               |
|    | 8       | SM-104    | Mista     | 26        | Canceladas e substituídas por ensaio sísmico |                       | Túnel               |
|    | 9       | SM-105    | Mista     | 32        |  |                       | Túnel               |
|    | 10      | SM-106    | Mista     | 40        |  |                       | Túnel               |
|    | 11      | SM-107    | Mista     | 37        |  |                       | Túnel               |
|    | 12      | SM-108    | Mista     | 40        |  |                       | Túnel               |
|    | 13      | SM-109    | Mista     | 37        |  |                       | Túnel               |
|    | 14      | SM-110    | Mista     | 47        |  |                       | Túnel               |
|    | 15      | SM-111    | Mista     | 26        |  |                       | Túnel               |
|    | 16      | SM-112    | Mista     | 25        |  |                       | Túnel               |
|    | 17      | SM-113    | Mista     | 24        |  |                       | Túnel               |
|    | 18      | SM-114    | Mista     | 31        |  |                       | Túnel               |
|    | 19      | SM-115    | Mista     | 49        | Túnel  |                       |                     |
|    | 20      | ST-01     | Trado     | 2,3       | 3  | Profundidade definida | Retorno             |
|    | 21      | SP-01     | Percussão | 40        | 17,1   | Impenetrável          | Fundação de viaduto |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A sondagem SP-101 executada no município de Morretes, chegou à profundidade de 8,07 m onde atingiu o impenetrável ao equipamento de percussão. O material obtido nessa sondagem foi uma argila marrom com pedregulhos muito mole a 0,6 m de profundidade,

seguida por uma argila arenosa cinza até o final do furo onde atingiu o impenetrável a 8,06 m com Nspt entre seis e 30 golpes com penetração de oito centímetros no último metro quando foi encontrado alteração de rocha. O nível de água nessa sondagem foi medido a um metro de profundidade.

Já a SP-01, município de Paranaguá, foi executada até 17,10 m de profundidade encontrando o impenetrável ao equipamento de percussão, obtendo uma intercalação de argilas arenosas pouco arenosas a arenosas, cinza e amarela respectivamente. A 1,50 m foi encontrada uma argila preta mole com Nspt igual a quatro golpes, sendo seguida por uma argila de mole a média com Nspt entre quatro e seis golpes até 3,50 m de profundidade. Logo abaixo, até próximo a 5,50 m, encontrou-se uma argila amarela média com Nspt igual a oito golpes e partir daí uma camada espessa de argila cinza rija a dura que chegou a próximo de 13,50 m com Nspt variando com a profundidade entre 11 a 33 golpes. Na parcela final, a argila voltou a ser amarela, sendo encontrado nos últimos 1,50 m alteração de rocha com Nspt entre 33 golpes e 30 golpes com penetração de nove centímetros no primeiro terço da camada final. O nível do lençol freático foi encontrado a aproximadamente três metros de profundidade.

Sobre as sondagens mistas executadas, a SM-100 obteve uma camada de solo com passagem por matacão até 16,50 m de profundidade. Com 1,30 m de profundidade, foi encontrado o primeiro matacão com uma argila siltosa marrom com Nspt entre 13 e 30 golpes sobreposta ao mesmo. Após dois metros de profundidade, permaneceu a mesma argila siltosa média com Nspt em torno de sete golpes até 5,20 m, onde foi identificado outro matacão, o qual atingiu até seis metros de profundidade. Abaixo do mesmo, ainda se encontrou um metro da argila siltosa com Nspt igual a 10 golpes, sendo observado logo após uma areia argilosa medianamente compacta com Nspt entre 10 e 17 golpes chegando até 10 m de profundidade. Abaixo desta camada, foi encontrada novamente uma argila siltosa rija (18 golpes) com um metro de espessura, e em seguida um silte argiloso vermelho rijo a muito rijo até 16,50 m de profundidade, com Nspt variando de 11 a 27 golpes.

Após essa profundidade, deu-se início à sondagem rotativa a qual atingiu a profundidade em torno de 23 m configurando um matacão, sendo retornado o ensaio com medidas de

Nspt com a obtenção de uma argila siltosa média a rija com Nspt entre sete a 11 golpes. Logo em seguida foi observada uma areia argilosa rija até 29,45 m, onde foi encontrado um outro matacão até 32 m de profundidade. Após esse matacão, retornou a encontrar uma areia argilosa, medianamente compacta (13 a 16 golpes) a compacta (29 a 30 golpes) a aproximadamente 37,50 m.

Até 49 m de profundidade foi encontrado o topo rochoso com a obtenção de testemunhos de granito com baixa recuperação (RQD entre 0,6 e 16% com uma passagem com 93%) sendo caracterizada uma rocha extremamente alterada (A4), extremamente fraturada (F5) e totalmente friável (C4). O lençol freático medido no furo foi observado a 8,60 m de profundidade.

Já na SM-102 foi encontrado solo até uma profundidade de 18 m, sendo em maior extensão uma areia argilosa marrom com passagens por uma argila arenosa marrom. As camadas de areias encontradas nesse furo, foram consideradas de medianamente compacta na maior parcela, com Nspt variando entre 11 e 15 golpes. A primeira camada de argila, em torno de dois metros de espessura foi encontrada a 2,45 m de profundidade com oito e nove golpes respectivamente. A segunda camada foi encontrada a 11 m de profundidade e também com dois metros de espessura, obtendo um Nspt igual a 11 golpes. Após essa profundidade, deu-se início à sondagem rotativa a qual atingiu a profundidade definida em 59 m.

Até os 25,50 m de profundidade não houve recuperação de material, sendo observado rocha alterada com preenchimento de solo arenoso marrom escuro. Após esse material, foram recuperados testemunhos de rocha até 31,5 m aproximadamente, denominada como gabro com RQD entre 25 a 45% (muito pobre a pobre) com características de pouco alterada (A1), trechos entre medianamente a pouco fraturada (F2 e F1) e muito coerente (C1). Após esse trecho até o final do furo, a recuperação foi de 100%, com uma passagem entre 41 a 43 m com RQD = 77 e 78%. As características observadas nos testemunhos foram de uma rocha pouco alterada (A1), extremamente fraturada (F4) com alguns trechos entre muito a medianamente fraturada (F3/F2), e em toda extensão uma rocha muito coerente (C1). O nível de água no furo foi medido a 28 m de profundidade.

A SM-103 executada com 50 m de profundidade, obteve até próximo de 15 m uma camada de solo variando entre uma areia argilosa marrom pouco a medianamente compacta, com Nspt entre cinco a 13 golpes, e argila siltosa média a rija com Nspt entre nove e 11 golpes.

Nos primeiros metros com sondagem rotativa, foi obtida uma recuperação RQD entre 26 e 65% até 24 m de profundidade, sendo a partir daí um RQD de 100% até o final do furo. Na primeira parte, as características observadas nos testemunhos foram de um gabro pouco alterado (A1), muito fraturado (F3) a porções em fragmentos (F5) e partindo de coerente a muito coerente (C2/C1). Já na parte onde foi obtida recuperação total, a rocha tem características de pouco alterada (A1) e muito coerente (C1), com fraturamento variando em fragmentos a extremamente fraturado (F5/F4) até 34,50 m aproximadamente, melhorando o grau para muito a medianamente fraturado (F3/F2) até o final. O nível d'água foi medido a 16,30 m de profundidade.

- Segmento Homogêneo 11 (SH-11) – Ramal Foz do Iguaçu - Cascavel

Esse segmento também está assente sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral, e relevo com dissecação moderada, topos alongados e aplainados, drenagens convexas com aprofundamento moderado e vales em “V”.

Neste trecho foram executadas nove sondagens da série 1000, e cinco da série 1100. Da série 1000, foram duas sondagens a percussão (SP-1001 e 1002) e sete sondagens mistas (SM-1000 a 1006). A sondagem SP-1000 não foi executada por não liberação do proprietário na área. Já a SM-1001 foi paralisada antes do atendimento da profundidade de projeto devido o proprietário solicitar a paralisação das atividades. Da série 1100, foram executadas três sondagens a percussão (SP-1100, 1101 e 1103) e duas mistas (SM-1100 e 1101). A SP-1103 também não foi executada por falta de liberação do proprietário ao local.

A Tabela 5-40 apresenta as informações de profundidade estimada, o objetivo da investigação e os dados efetivamente obtidos.

**Tabela 5-40: Dados das Sondagens Executadas no SH-11**

| SH | Furo nº | Definição | Tipo      | Prof. (m) | Prof. Exec. (m)       | Paralisação           | Observação          |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 11 | 1       | SP-1000   | Percussão | 10        | Acesso negado         |                       | Fundação de aterro  |
|    | 2       | SP-1001   | Percussão | 40        | 11,96                 | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 3       | SP-1002   | Percussão | 40        | 16,45                 | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 4       | SM-1000   | Mista     | 46        | 22,2                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Corte               |
|    | 5       | SM-1001   | Mista     | 25        | 18,45                 | Profundidade definida | Corte               |
|    | 6       | SM-1002   | Mista     | 22        | 22,17                 | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Corte               |
|    | 7       | SM-1003   | Mista     | 40        | 11,8                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Fundação de viaduto |
|    | 8       | SM-1004   | Mista     | 55        | 28,7                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Túnel               |
|    | 9       | SM-1005   | Mista     | 44        | 16,7                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Túnel               |
|    | 10      | SM-1006   | Mista     | 46        | 12,6                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Túnel               |
|    | 11      | SP-1100   | Percussão | 40        | 5,94                  | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | Desloc. | SP-1100A  | Percussão |           | 14,95                 | Impenetrável          | Fundação de viaduto |
|    | 12      | SP-1101   | Percussão | 10        | 10,45                 | Profundidade definida | Fundação de aterro  |
|    | 13      | SP-1102   | Percussão | 10        | 8,45                  | Impenetrável          | Fundação de aterro  |
|    | 14      | SP-1103   | Percussão | 10        | Acesso negado         |                       | Fundação de aterro  |
|    | 15      | SM-1100   | Mista     | 40        | 27,8                  | RQD>90% EM 5m CONSEC. | Corte               |
| 16 | SM-1101 | Mista     | 15        | 15,4      | Profundidade definida | Corte                 |                     |

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Dentro do município de Céu Azul, muito próximo à divisa com Vera Cruz do Oeste, foi executada a SP-1001 a qual atingiu o impenetrável a 11,96 m de profundidade. Foi encontrada uma argila siltosa marrom avermelhada mole até 2,5 m de profundidade, com Nsp<sub>t</sub> igual a cinco golpes. Em seguida e até o final do furo, foi obtido um silte arenoso

marrom arroxeadado, compacto, com Nspt aumentando de acordo com a profundidade, de 13 a 34 golpes. O nível de água não foi encontrado na sondagem.

No mesmo município, a SP-1002 foi executada até 16,45 m de profundidade, onde encontrou o impenetrável ao equipamento de percussão. Nessa sondagem encontrou-se os mesmos tipos de solos da SP-1001, sendo a argila siltosa marrom avermelhada obtida até sete metros de profundidade, com consistência de mole a rija (Nspt entre cinco e 16 golpes), sobreposta a um silte arenoso vermelho compacto, com Nspt entre 33 e 41 golpes. O lençol freático foi medido a aproximadamente 15 m de profundidade no furo, ou seja, próximo ao contato solo/rocha.

A SM-1001 obteve uma argila siltosa em toda sua profundidade (18,45 m) com Nspt iniciando com três golpes, aumentando com a profundidade chegando até 13 golpes.

A SM-1003 foi executada até 11,80 m de profundidade, sendo encontrado o topo rochoso abaixo de 40 cm, onde os testemunhos mostraram ser um basalto brando (R2), moderadamente alterado (W3) e muito fraturado (F4) com recuperação de 55 a 80% até 3,40 m, aumentando para acima de 80% com características de uma rocha sã (W1) muito resistente (R5) e pouco fraturado (F2). Em ambas as sondagens acima não foi encontrado o nível do lençol freático.

No município de Cascavel, a sondagem SM-1000 obteve na perfuração até 10 m de profundidade uma argila silto-arenosa marrom avermelhada com Nspt variando entre quatro e oito golpes, seguida por um silte arenoso vermelho arroxeadado com Nspt entre oito e 12 golpes até 16,6 m, onde foi encontrado o topo rochoso. A rocha observada nos testemunhos trata-se de um basalto são (W1), extremamente resistente (R6) e pouco fraturado (F2), com a recuperação de 75% no primeiro metro, passando para 100% até o final do furo (22,2 m).

Já em Vera Cruz do Oeste, a SM-1002 foi executada até 22,17 m sendo encontrado um solo composto por uma argila silto-arenosa até 10,45 m de profundidade, com Nspt entre três e oito golpes, estando abaixo dessa um silte arenoso com Nspt variando entre sete a 13 golpes até 19,45 m, onde foi encontrado uma rocha basáltica com recuperação acima de 90% até o final do furo, inicialmente com uma rocha moderadamente alterada (W3),

medianamente resistente (R3) e muito fraturada (F4) até 20,85 m, melhorando sua qualidade para uma rocha sã (W1), extremamente resistente (R6) e pouco fraturada (F2). O lençol freático foi encontrado a 13,9 m.

Em Matelândia, na SM-1004 foi encontrado até 6,80 m de profundidade uma argila silto-arenosa com Nspt entre quatro e nove golpes. Logo após, foi encontrado o topo rochoso com a recuperação dos testemunhos de basalto até 23 m entre 40 a 70%, sendo uma rocha muito branda (R1) e alterada (W3) e extremamente fraturada (F5). Em seguida, as características melhoraram até o final do furo com recuperação acima de 97% sendo uma rocha sã (W1), muito resistente (R5) e pouco fraturada (F2). O nível de água encontrado no furo foi medido a 15,86 m de profundidade.

No mesmo município, na SM-1005 o topo rochoso foi encontrado logo na superfície do terreno sendo uma rocha basáltica com recuperação dos testemunhos entre 50 a 67%, sendo uma rocha moderadamente alterada (W3), medianamente resistente (R3) e muito fraturada (F4) até 6,20 m de profundidade, melhorando suas características até o final do furo (16,70 m), para uma rocha pouco alterada (W2), pouco fraturada (F2) e muito resistente (R2), com recuperação acima de 80%.

Ainda em Matelândia, a SM-1006 foi executada até 12,60 m de profundidade, obtendo uma argila siltosa marrom com espessura de 1,90 m e Nspt igual a cinco golpes, seguida pelo topo rochoso sendo até 4,90 m obtida uma rocha de basalto branda (R2), muito alterada (W4) e extremamente fraturada (F5), com melhora das características ao longo da profundidade, com recuperação de 100%, pouco alterada (W2), pouco fraturada (F2) e muito resistente (R5). O lençol freático não foi encontrado na SM-1005 e nem na 1006.

Já no município de Medianeira, a execução da SP-1100 foi até a profundidade de 5,94 m onde atingiu o impenetrável a percussão, sendo encontrada em toda a extensão uma argila siltosa vermelha, de muito mole (Nspt = dois golpes) a dura (31 golpes) conforme a profundidade.

Foi feito o deslocamento do furo em dois metros da posição original, e executada a sondagem SP-1100A, a qual atingiu a profundidade de 14,75 m, ou seja, há um indicativo da existência de matacão nesse local. Nessa sondagem, foi encontrada uma argila siltosa

vermelha mole até sete metros de profundidade, passando de média a dura conforme a profundidade, com Nspt variando entre seis a 32 golpes. Não foi encontrado o nível d'água nessas sondagens.

No mesmo município foi executada também a SM-1100 onde foi encontrado até 12,50 m uma argila siltosa vermelha com Nspt variando de três a 20 golpes, seguida pelo topo rochoso de origem basáltica, sendo até os 18 m de profundidade considerada uma rocha branda (R2), moderadamente alterada (W3) e muito fraturada (F4), com uma passagem por uma rocha muito alterada (W4), muito branda (R1) e muito fraturada (F4) até 22,60 m, obtendo uma melhora até o final do furo (27,80 m) considerada uma rocha pouco alterada (W2), muito resistente (R5) e pouco fraturada (F2). O lençol freático foi encontrado a 21,70 m de profundidade.

Em São Miguel do Iguaçu a sondagem SP-1101 foi executada até a profundidade definida (10,45 m) sendo obtido até 4,50 m uma argila siltosa marrom avermelhada com Nspt entre quatro e oito golpes sobreposta a um silte arenoso vermelho medianamente compacto, com Nspt entre oito e 18 golpes até o final do furo. O lençol freático foi medido em torno de 5,70 m de profundidade.

A SP-1102 também foi executada no mesmo município da sondagem supracitada, com 8,45 m de profundidade obtendo até 2,45 m de profundidade uma argila siltosa marrom avermelhada, molde com Nspt igual a cinco golpes, e abaixo dessa camada um silte arenoso variegado com alteração de rocha de medianamente compacto com Nspt com nove golpes, aumentando gradativamente até o final do furo chegando a 32 golpes (compacto). O nível de água no furo foi medido a 1,45m de profundidade.

No município de Santa Terezinha de Itaipu foi executada a sondagem SM-1101 na profundidade definida em projeto (15,40 m) e não foi encontrado o topo rochoso, sendo observado até 10 m uma argila siltosa vermelha clara a qual obteve um número de golpes Nspt entre três até 46 golpes no último metro da camada, seguida por uma argila arenosa variegada até o final do furo com Nspt entre 40 a 50 golpes. O lençol freático não foi encontrado na profundidade perfurada.

#### **5.1.4.2.3.2 Ensaios Sísmicos - Eletrorresistividade**

Conforme já informado, nos trechos da Serra do Mar e Serra da Esperança, regiões as quais não foi possível a execução das sondagens definidas na campanha, as mesmas foram substituídas pelo ensaio de eletrorresistividade (CONSÓRCIO TPF-Sener, 2021). A localização das seções onde foram realizados os ensaios de resistividade é apresentada no Apêndice 5-5 – Mapa Geológico.

Foram executados os ensaios em nove áreas, sendo cinco na Serra do Mar (áreas um a cinco) e quatro na Serra da Esperança (áreas seis a nove), sendo que a principal finalidade dos trabalhos foi determinar a estratigrafia geológica/geotécnica, com intuito de fornecer informações que poderão contribuir para as eventuais ações futuras de avaliação e gerenciamento do projeto.

No levantamento de campo executado, conforme programação prévia, foram realizados perfis geofísicos longitudinais e dois transversais cobrindo toda a área de interesse e cujos resultados serão apresentados na sequência deste relatório.

Os métodos geofísicos são técnicas de rastreamento em superfície, não invasivos e, portanto, não destrutivos, empregados em diversas aplicações, tais como: meio ambiente, geotecnia, engenharia e mineração, assim como na identificação de objetos enterrados e feições geológicas.

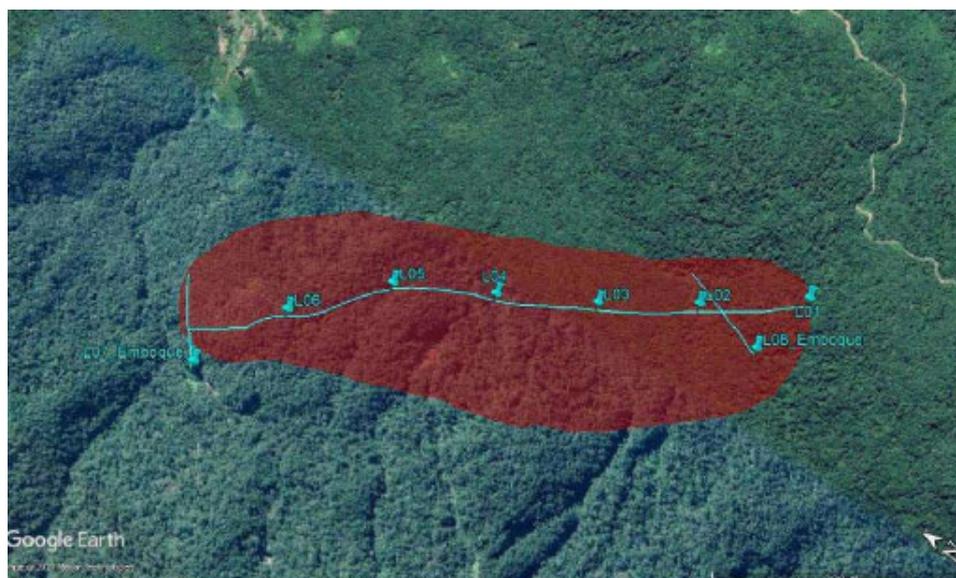
Esta metodologia permite avaliar as condições geológicas locais através dos contrastes das propriedades físicas dos materiais de subsuperfície, por exemplo, condutividade ou resistividade elétrica, permissividade dielétrica, magnetismo, densidade etc., e que podem ter como origem as diferenciações litológicas e outras heterogeneidades naturais ou não.

O estudo detalhado da eletrorresistividade pode ser verificado no Estudo de Viabilidade Técnico-Operacional, Econômico-Financeira, Ambiental e Jurídico da Nova Ferroeste – Fase 3: Estudos Definitivos – Relatório Final de Estudos Geológico-Geotécnicos (CONSÓRCIO TPF-Sener, 2021).

- Área 1

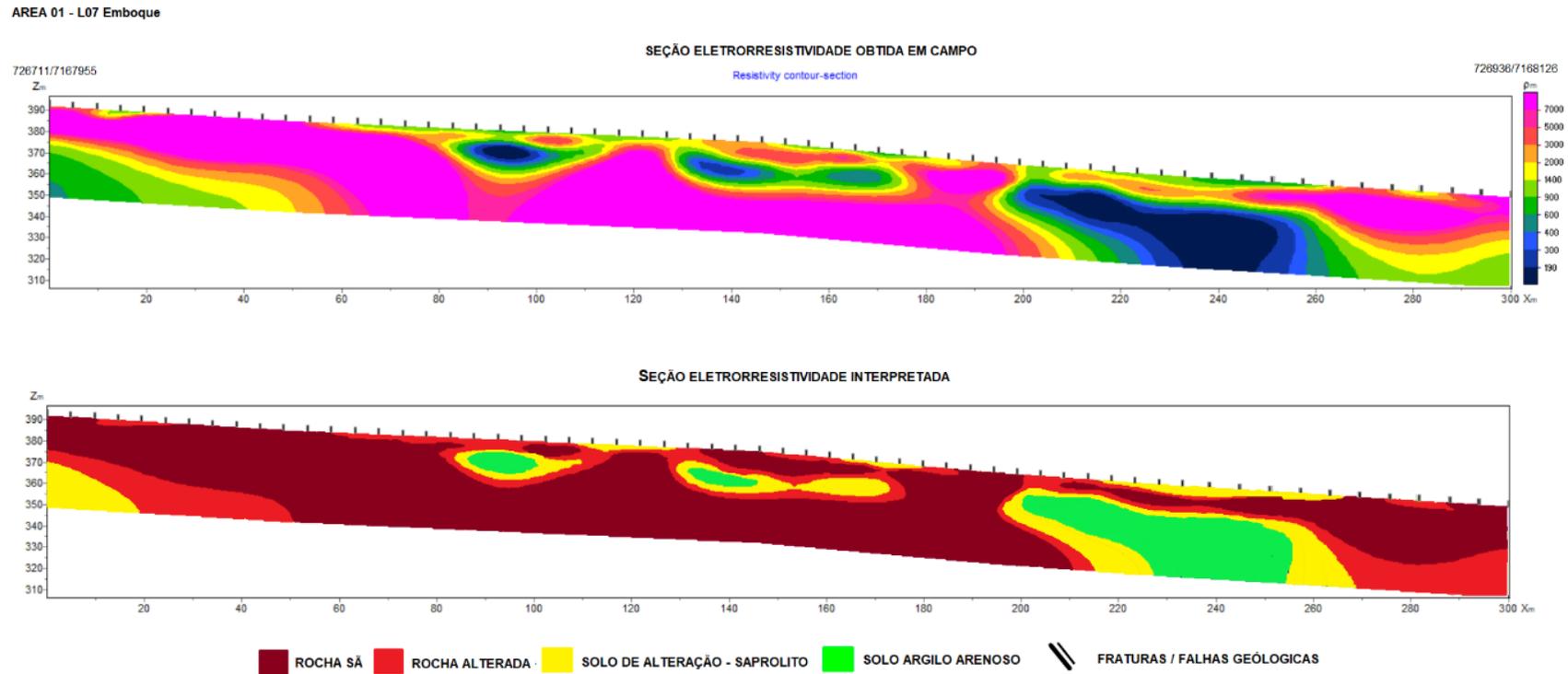
A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a Área 1.

**Figura 5-3: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 1**



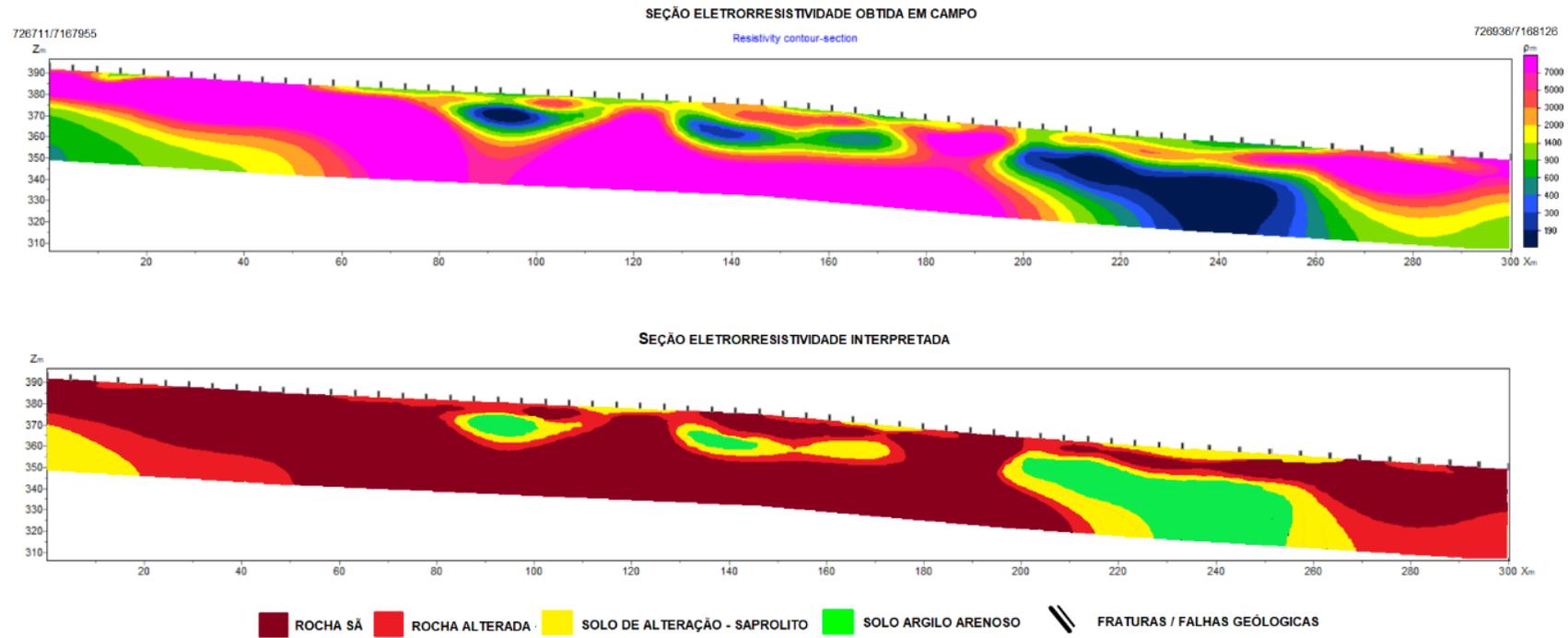
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-4: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos - Área 1



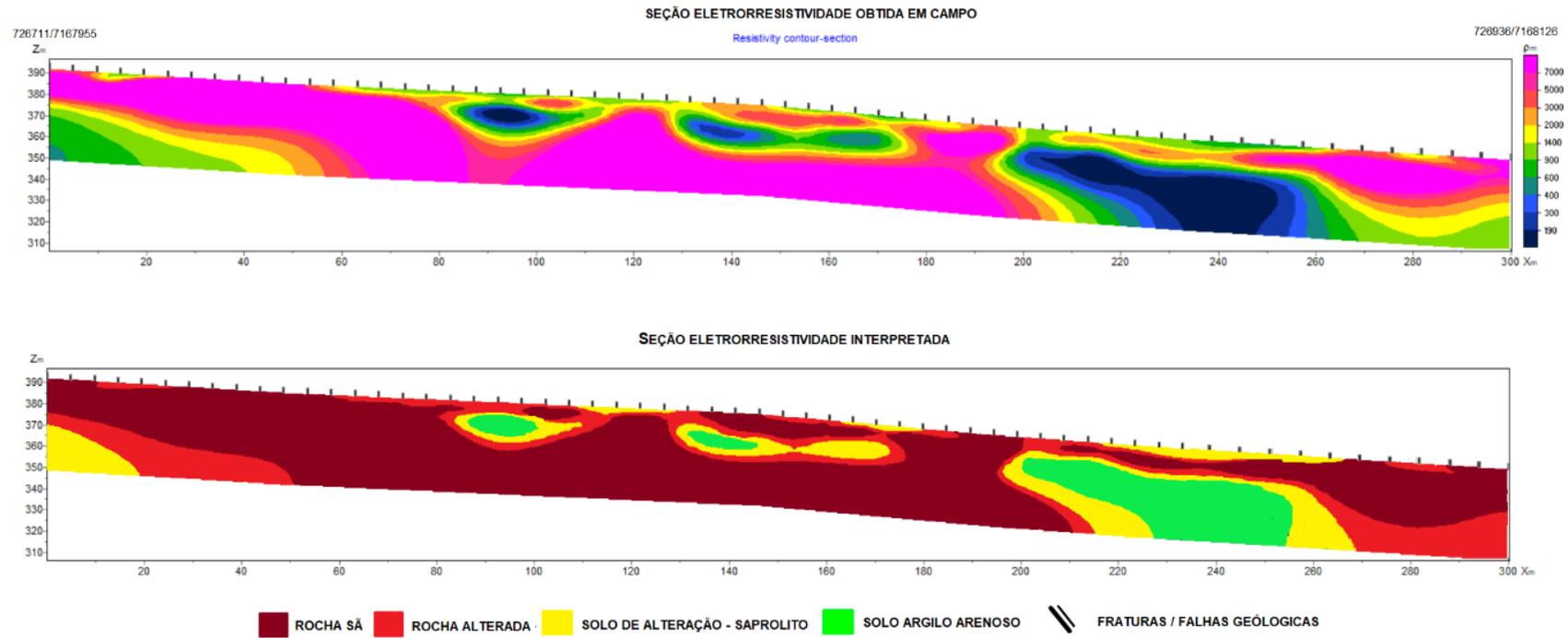
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



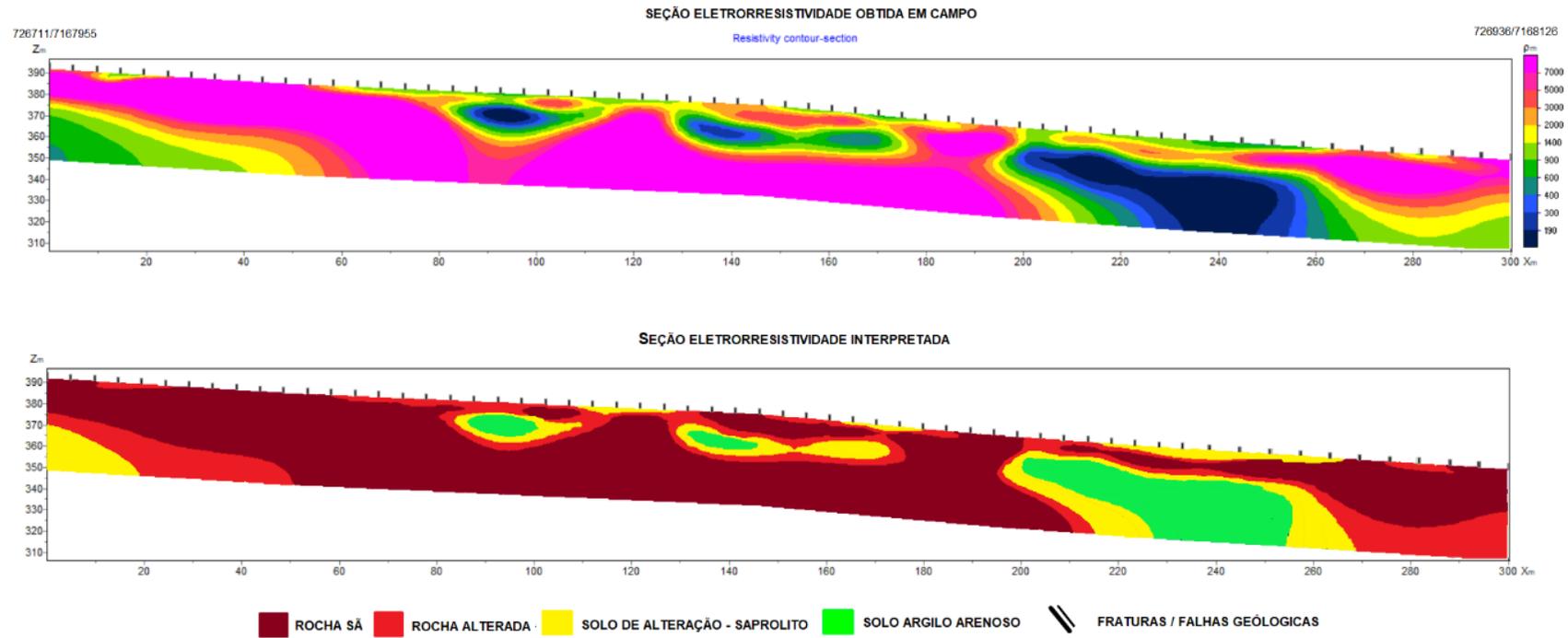
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



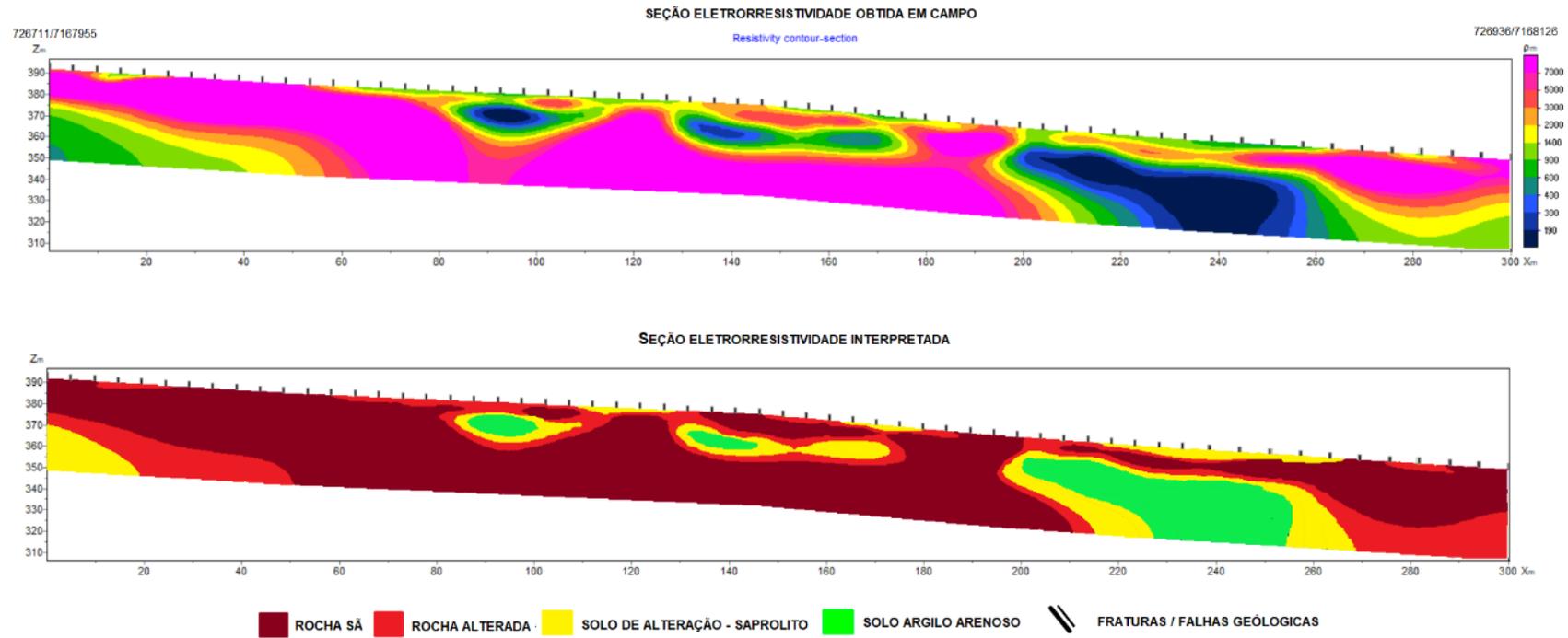
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



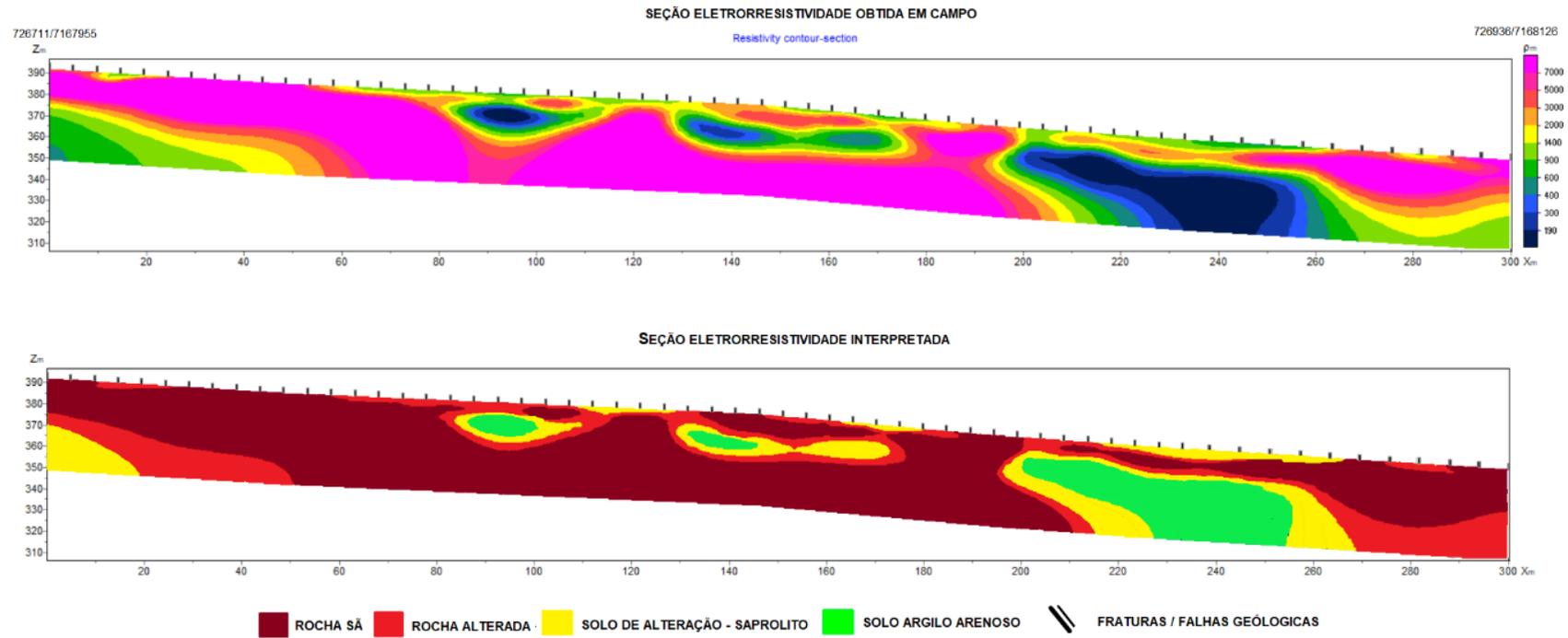
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



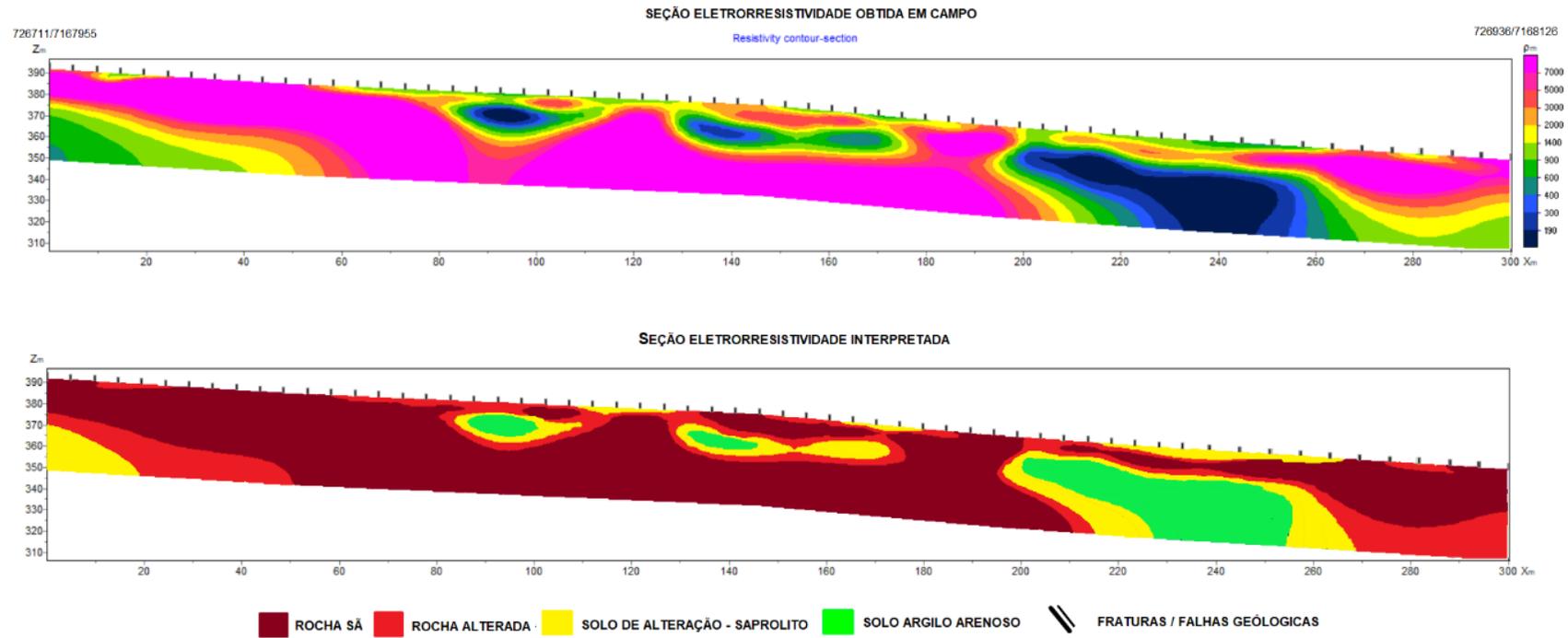
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



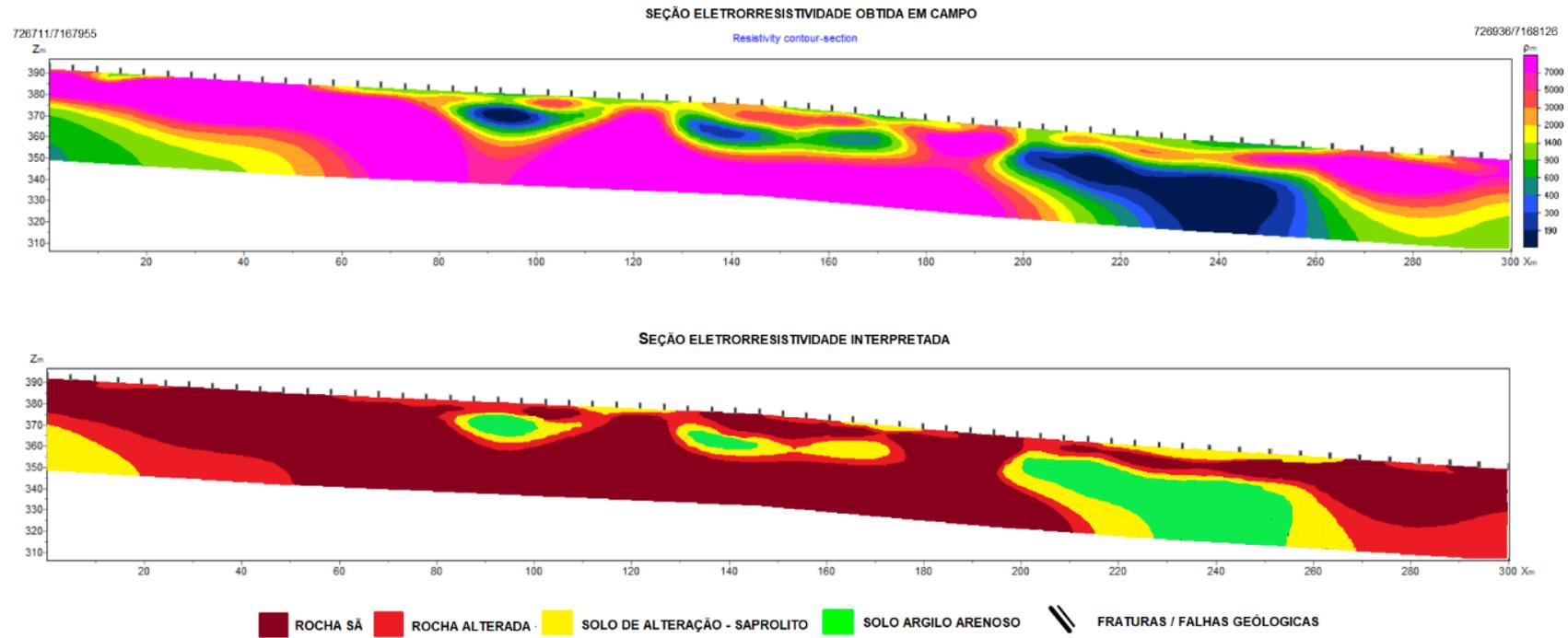
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

AREA 01 - L07 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

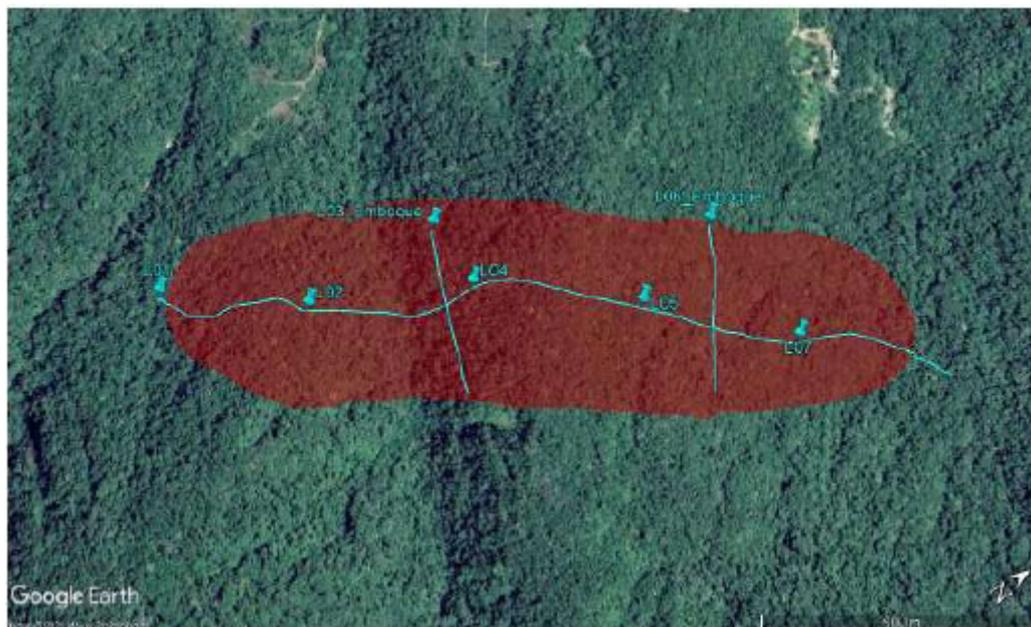
A Área 1 está inserida em um contexto geológico de rochas graníticas e gnáissicas, com ocorrências de zonas de fraturas e falhas, podendo ocorrer regiões com rochas miloníticas e cataclásticas. Nas seções geofísicas adquiridas da área, o perfil geológico é composto por formações com altas resistividades, característica de rochas sãs e alteradas, com intervalos de zonas de solo de alteração.

Nas seções L03, L06 e L08-Emboque, ocorrem feições de zonas de falhas e/ou fraturas. Nas zonas de ocorrência de solo de alteração e solo argilo arenoso nas seções L03, L04 e L05, essas podem estar associadas a zonas de cisalhamento regional, com intenso fraturamento de rochas, assim resultando em zonas de menor resistividade em detrimento ao perfil geológico predominantemente de alta resistividade.

- Área 2

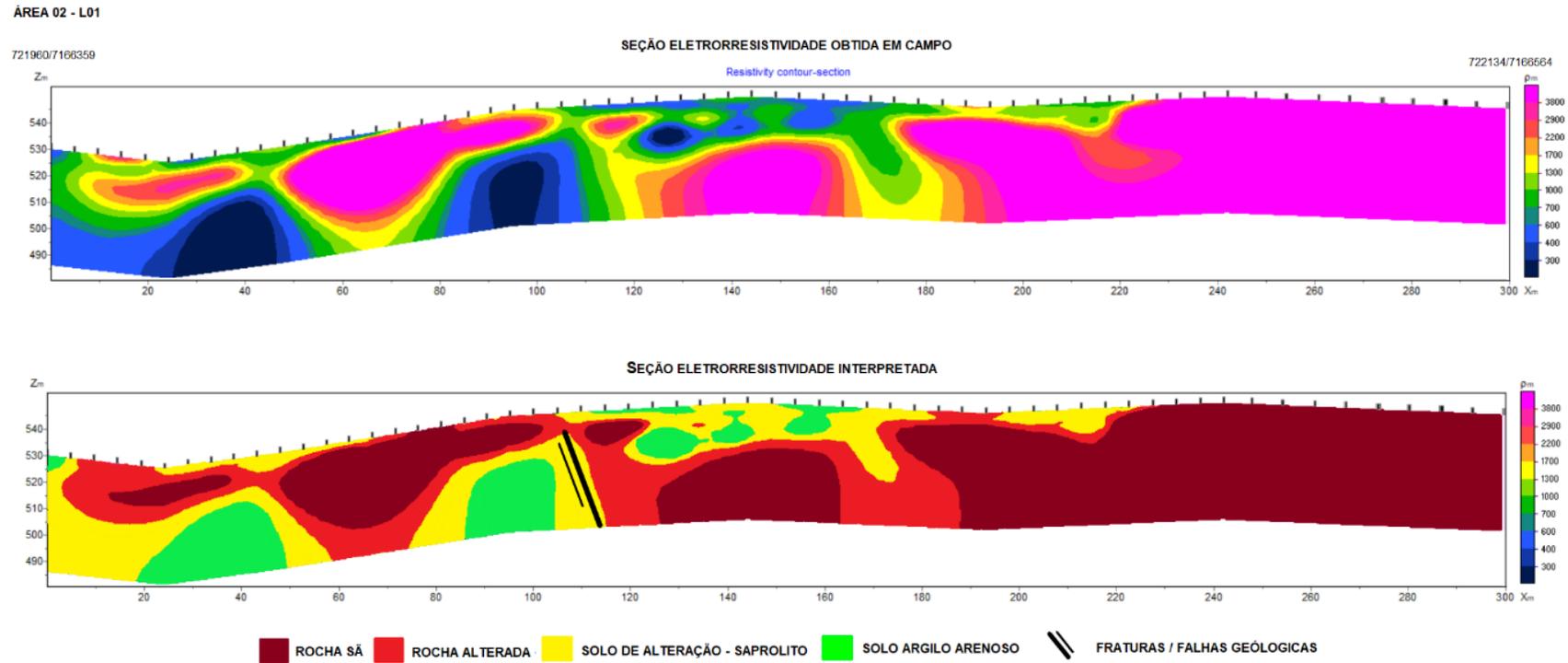
A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a Área 2.

**Figura 5-5: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 2**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-6: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geoelétricos - Área 2



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

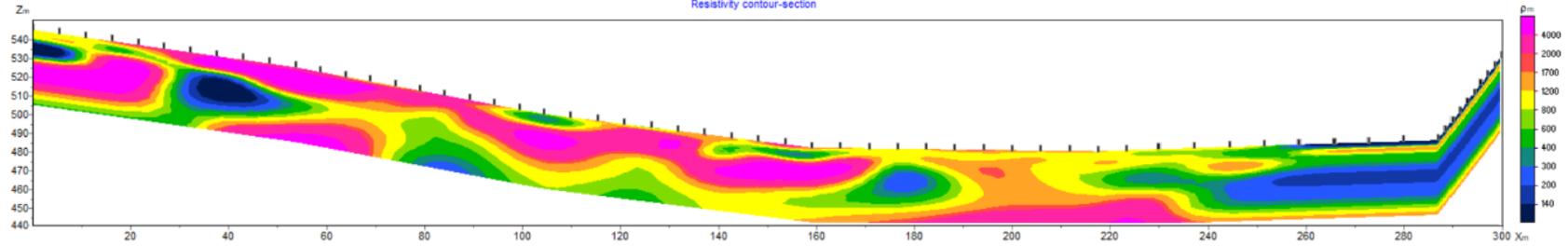
ÁREA 02 - L02

722134/7168564

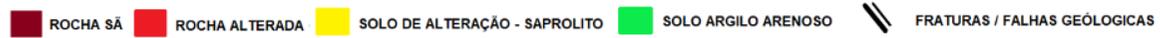
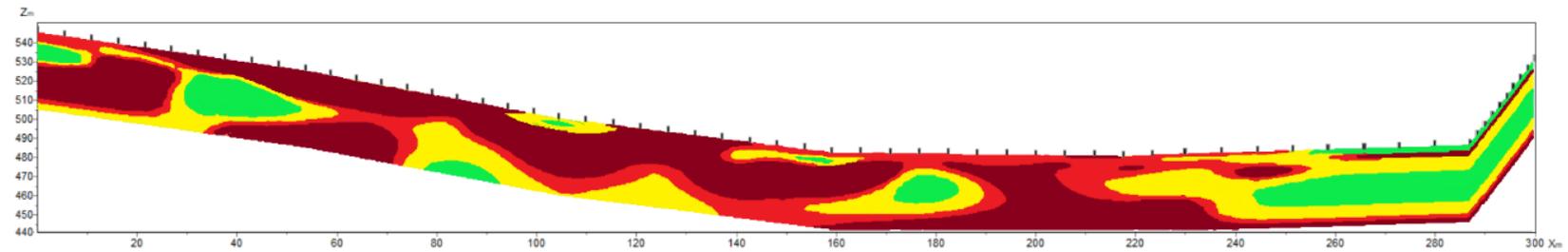
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

722270/7168822



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

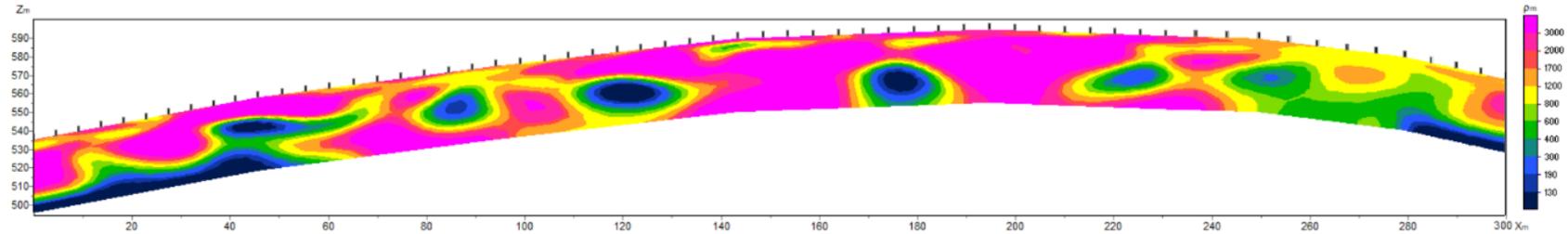
ÁREA 02 - L04

722270/7166822

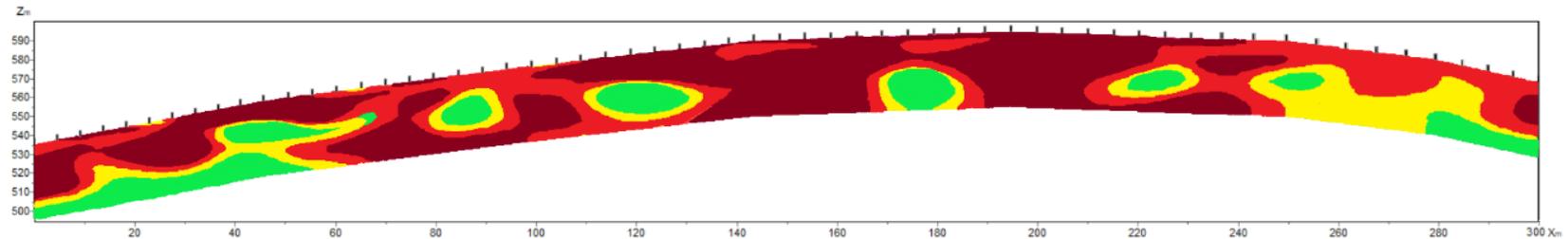
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

722470/7167042



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÁ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

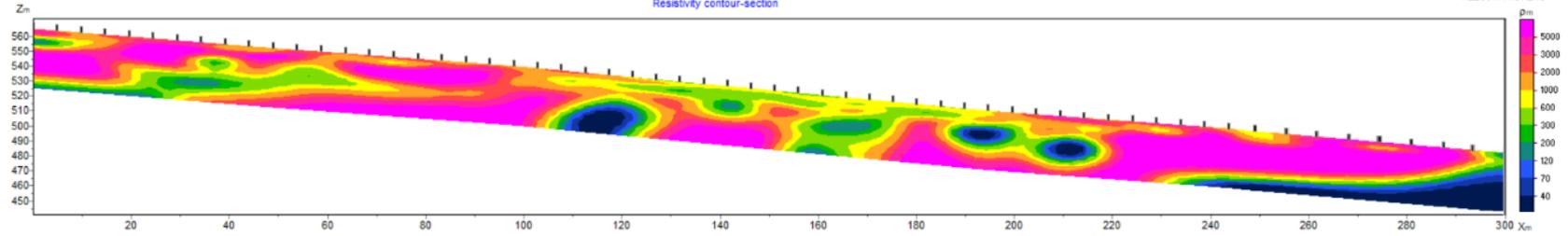
ÁREA 02 - L05

722470/7167042

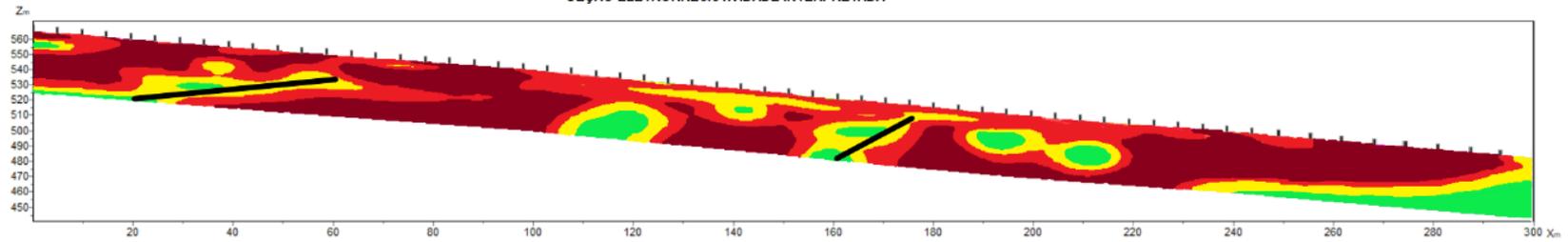
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

722691/7167248



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

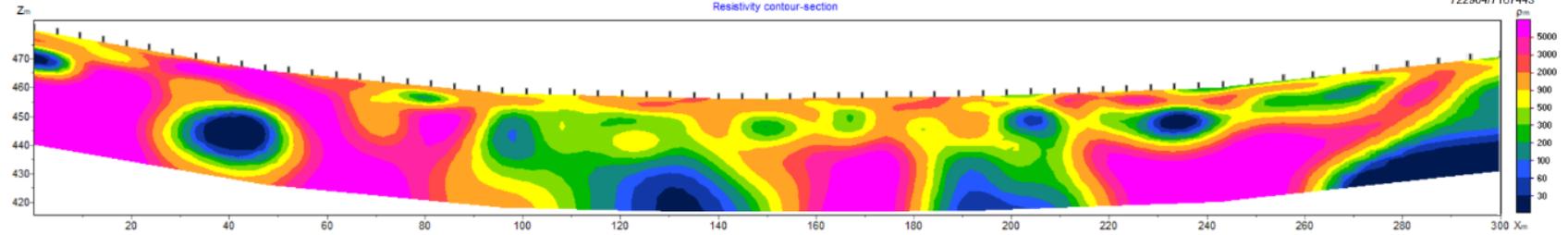
ÁREA 02 - L07

722891/7167248

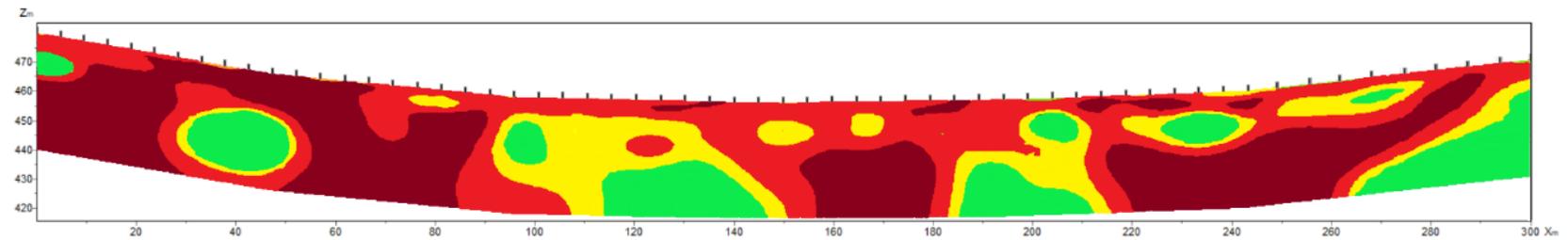
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

722904/7167443



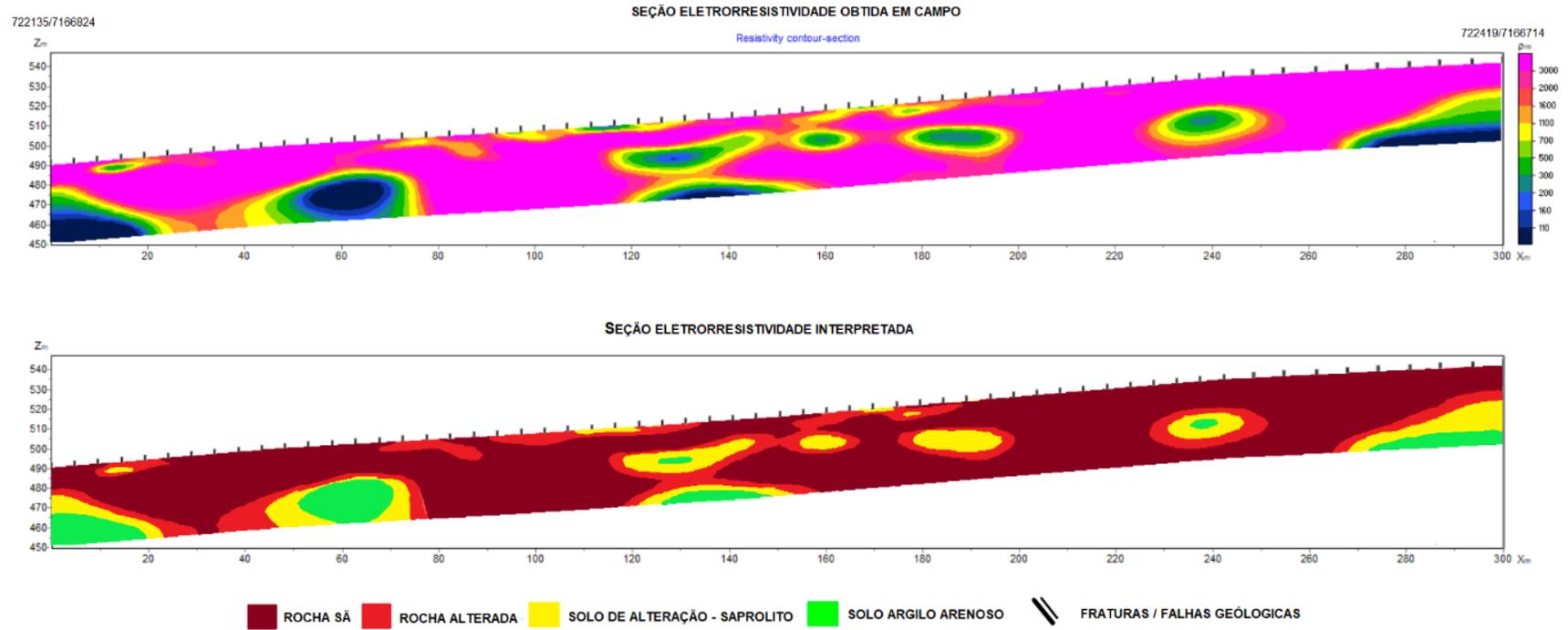
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA Sã
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

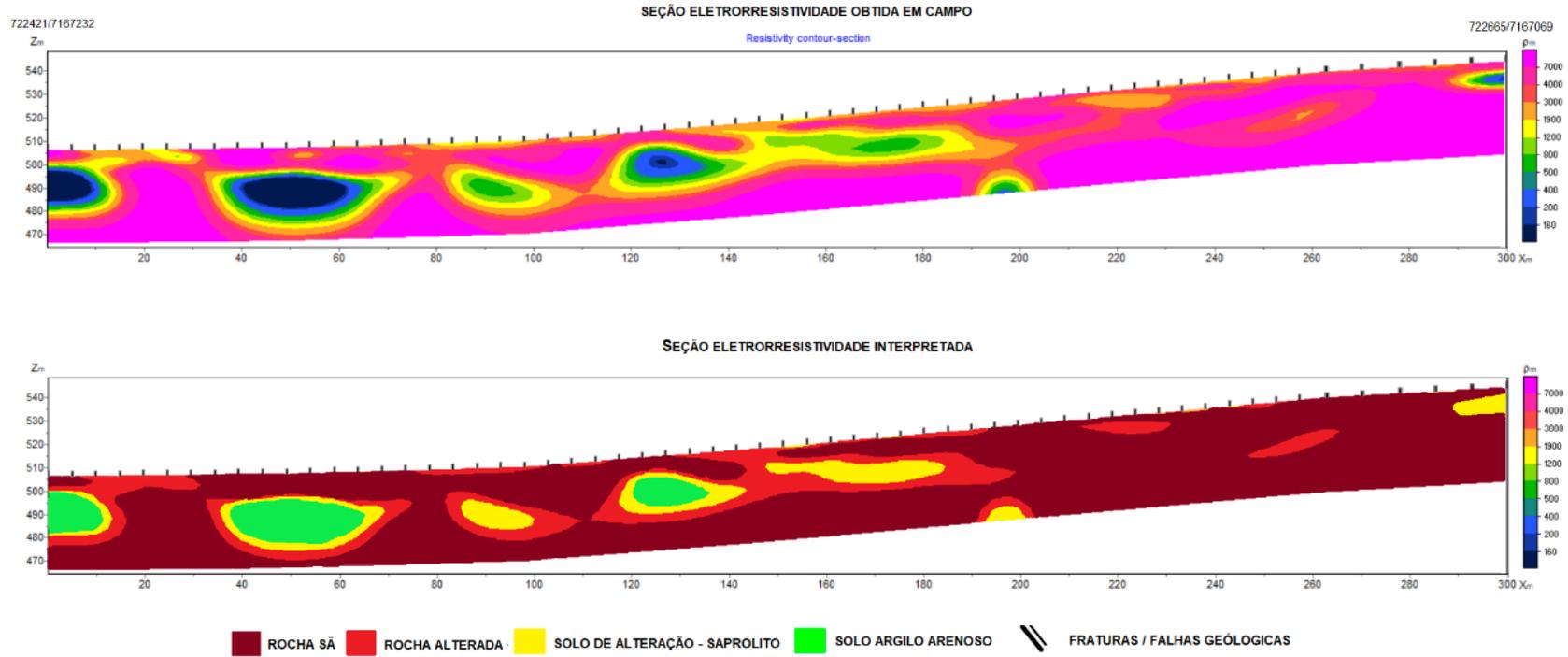
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 02 - L03 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 02 - L06 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

O perfil geológico predominante na Área 2 é de ocorrência de rochas sã e alterada, relacionadas a interpretação de ocorrência de rochas graníticas com zonas de deformação. Estas zonas de deformação podem estar associadas à ocorrência de fratura e ou falhas geológicas, como interpretadas nas seções L01 e L05.

Feições anômalas de baixa resistividade, com geometria arredondada, são interpretadas como solos de alteração e solo argilo arenoso, podendo estar associadas ao intemperismo diferenciado no corpo granítico devido a sua variação composicional química da formação destes granitoides.

- Área 3

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a Área 3.

**Figura 5-7: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 3**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

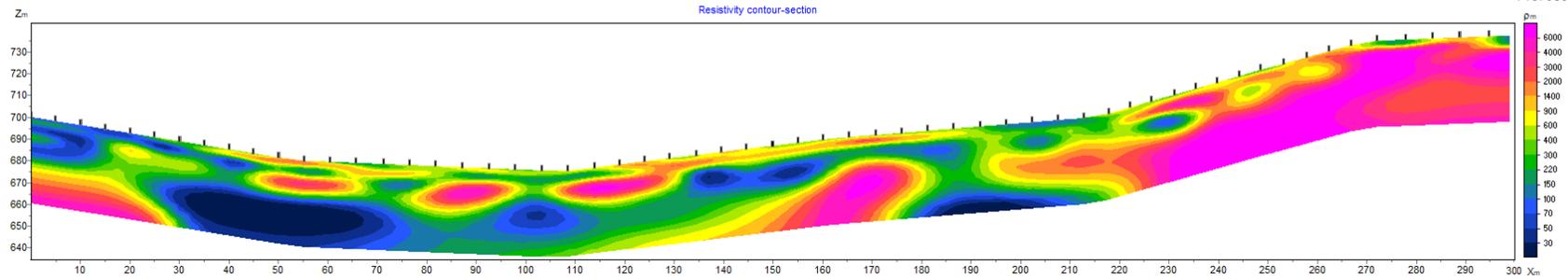
Figura 5-8: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geométricos – Área 3

ÁREA 03 - L01

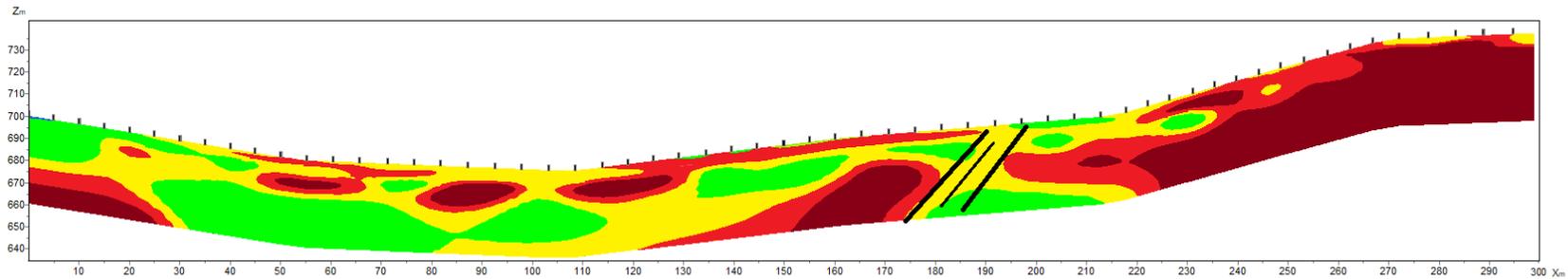
713821 / 7167760

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

714019 / 7167980



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA Sã
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

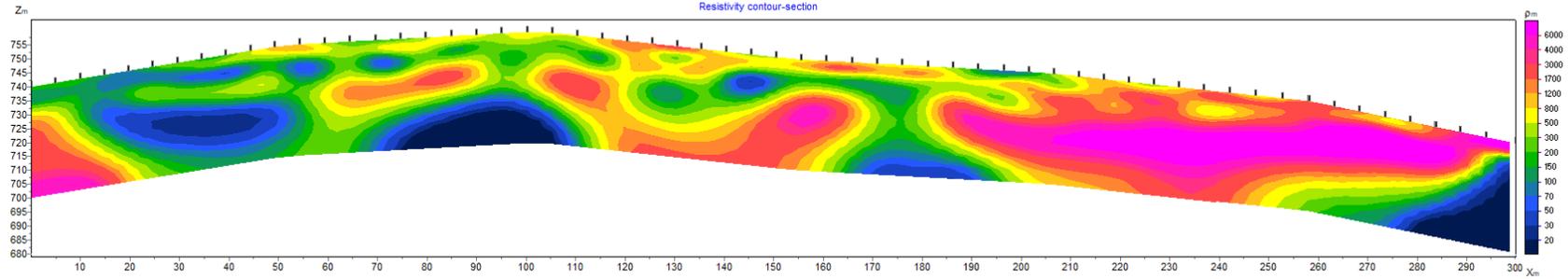
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L02

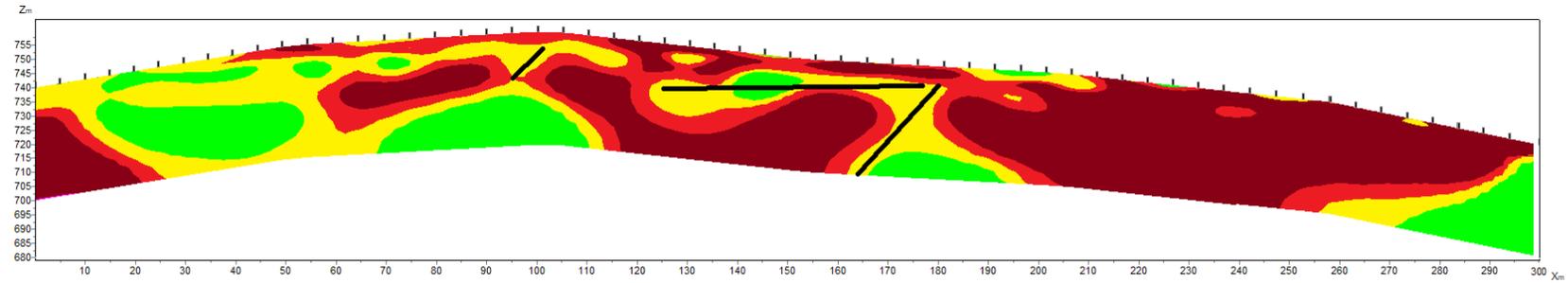
714019 / 7167980

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

714264 / 7168153



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



- ROCHA SÃ
- ROCHA ALTERADA
- SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
- SOLO ARGILO ARENOSO
- FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

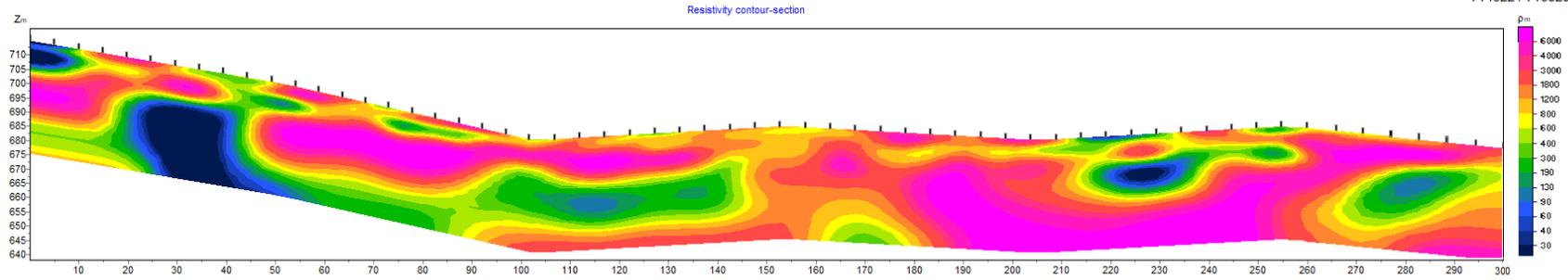
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L03

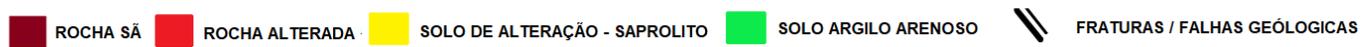
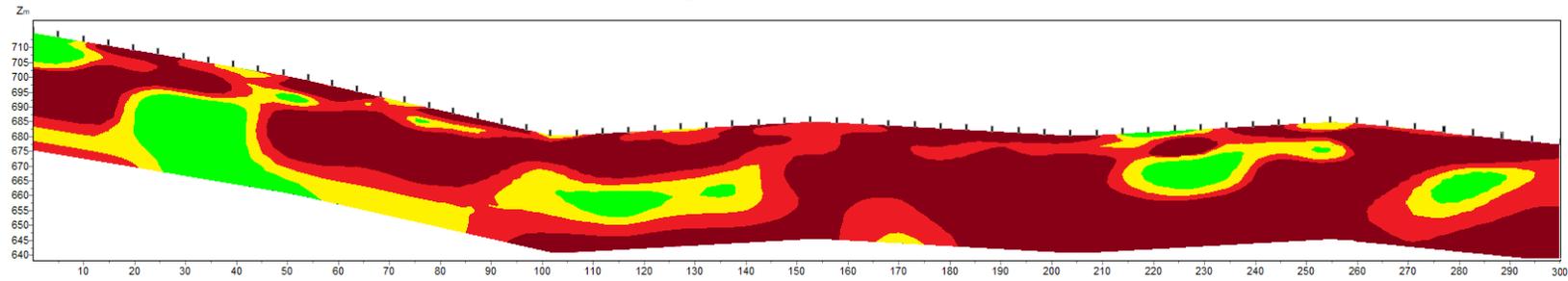
714264 / 7168153

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

714522 / 7168298



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



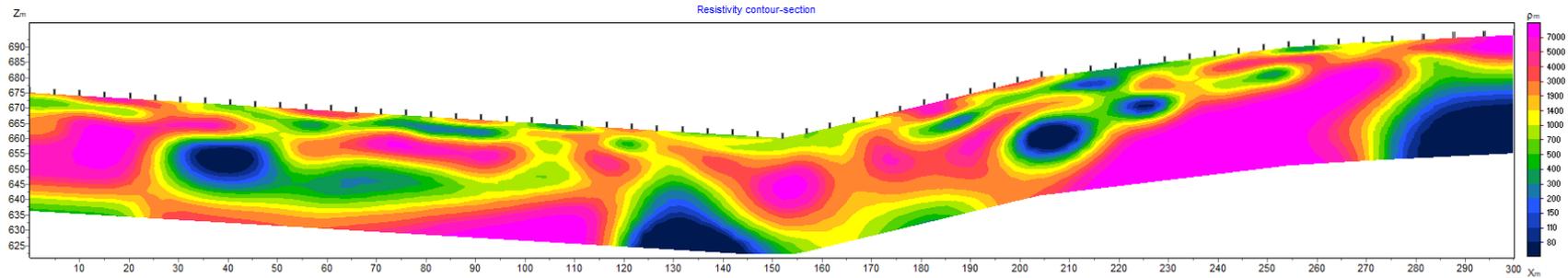
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L04

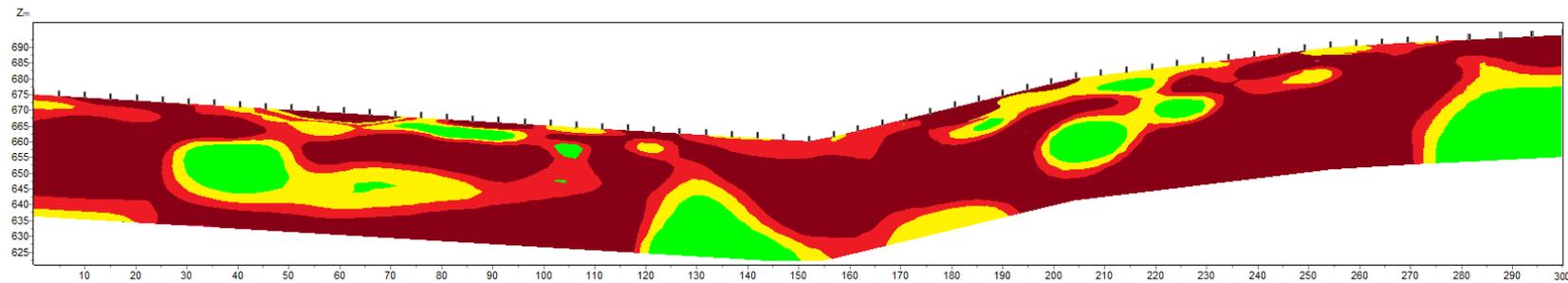
714522 / 7168298

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

714812 / 7168356



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA Sã
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
 

 FRATURAS / FALHAS GEÓLOGICAS

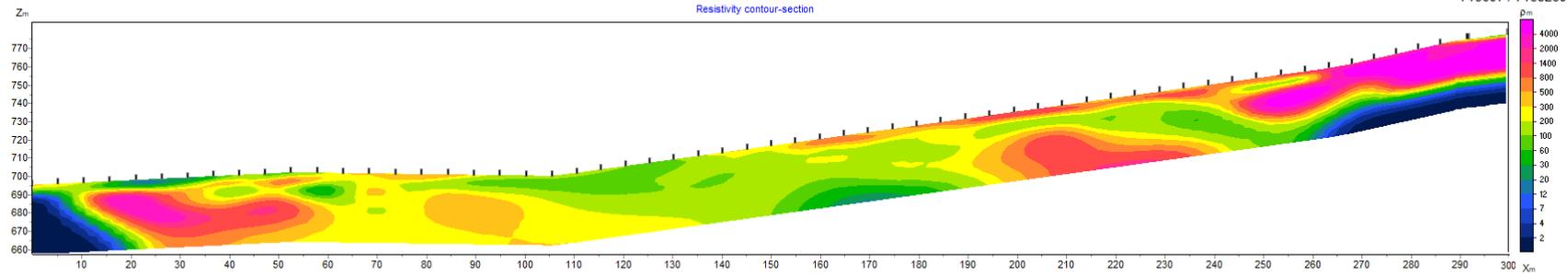
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L06

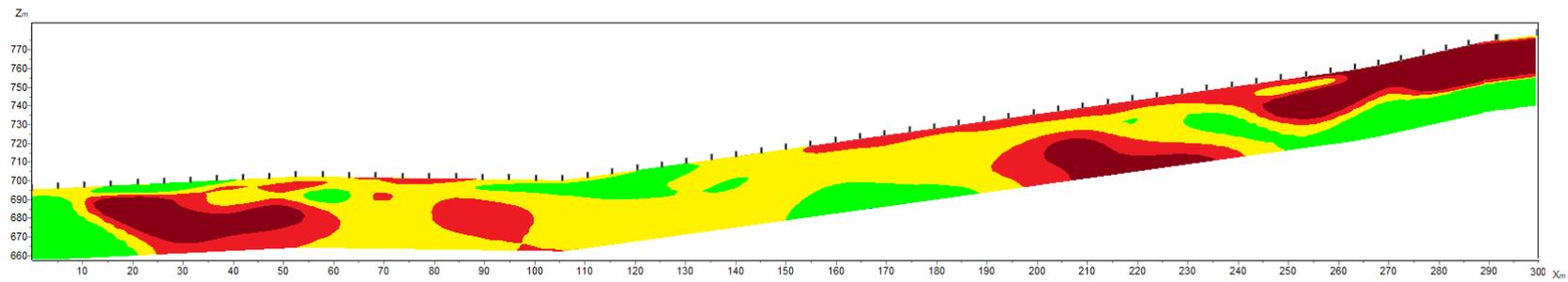
714812 / 7168356

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

715097 / 7168269



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



- ROCHA Sã
- ROCHA ALTERADA
- SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
- SOLO ARGILO ARENOSO
- // FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

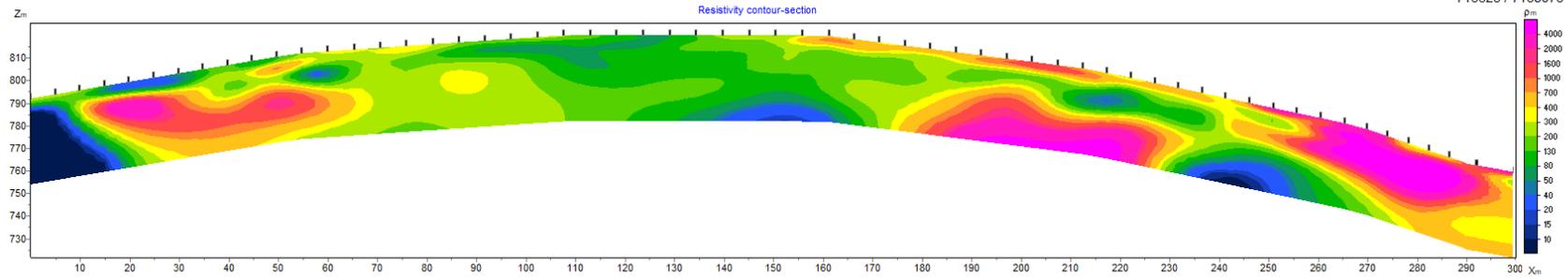
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L07

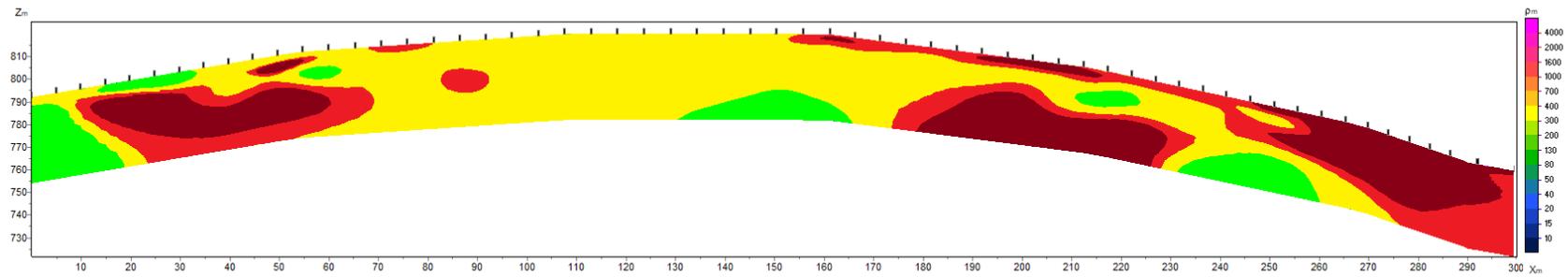
715097 / 7168269

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

715325 / 7168076



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



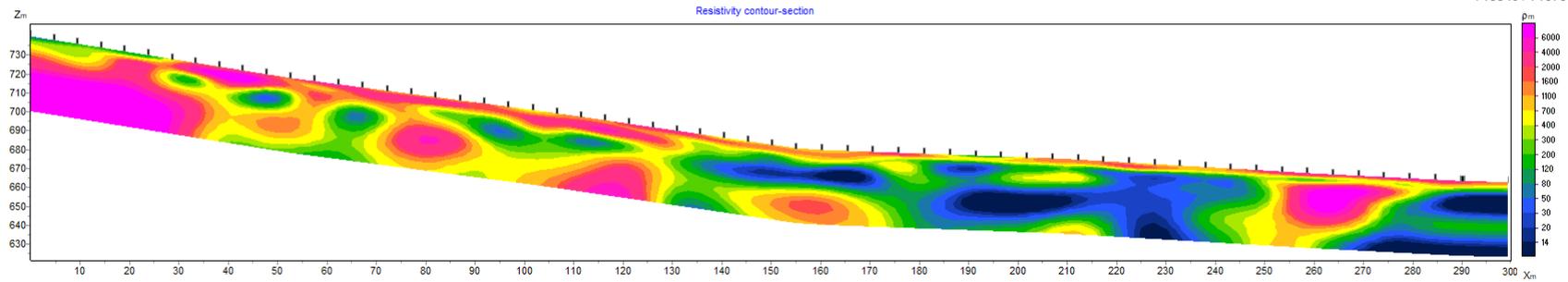
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L08

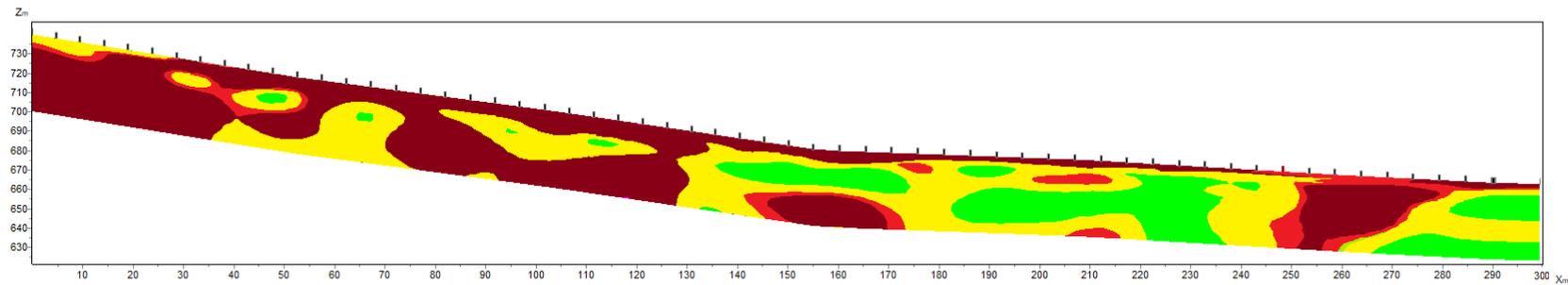
715325 / 7168076

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

715540 / 7167863



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

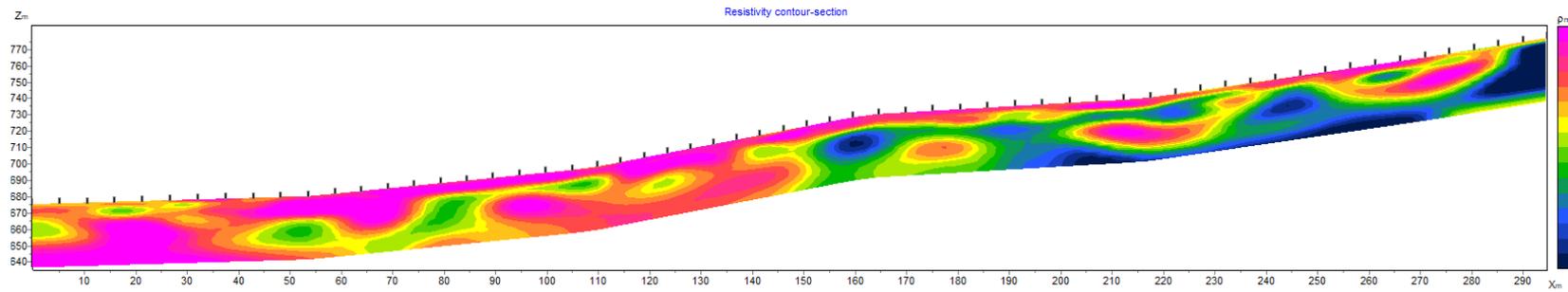
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 03 - L09 Emboque

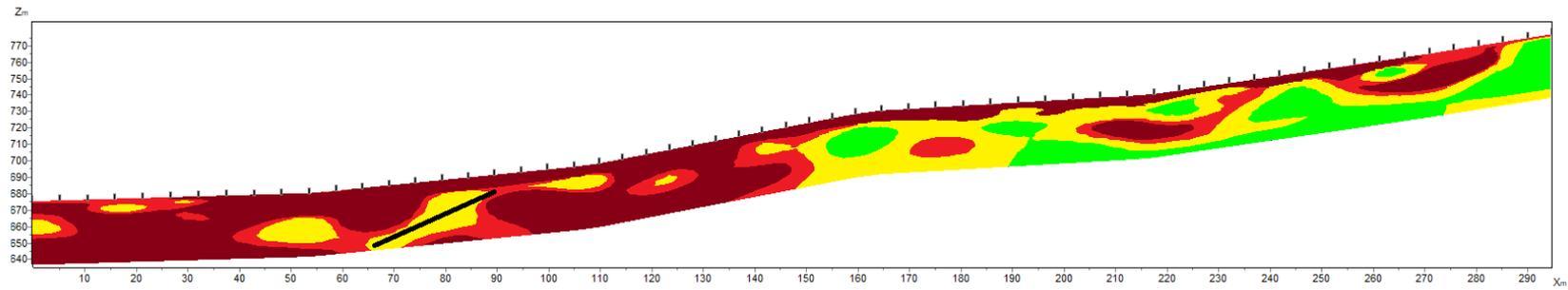
715487 / 7168070

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

715194 / 7167970



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A Área 3 está inserida em um contexto geológico de contato entre as rochas gnáissicas e granitos, com forte influência de zonas de falhamentos e fraturamentos ao longo dos maciços rochosos.

As indicações de rochas são alteradas ao longo das seções de eletrorresistividade obtidas, ocorrem de forma descontínua. Essa irregularidade pode estar refletindo a anisotropia composicional (bandamentos) e estrutural das rochas gnáissicas e graníticas, formando horizontes de solos com resistências variáveis ao longo das seções, de acordo com a composição mineralógica dos bandamentos composicionais.

A influência regional de zonas de falhamento podem ocasionar ocorrência de rochas cataclásticas e miloníticas. Essas rochas cataclásticas são compostas por minerais de granulação fina a média, compostas por fragmentos de rochas e materiais arenosos, produzindo zonas de resistividade elétrica compatíveis a solos de alteração (saprólitos) nas seções geofísicas. Nas zonas indicadas com solo de alteração podem ocorrer essas zonas de rochas cataclásticas e miloníticas, apresentando uma resistência maior a desmonte e perfuração, se comparados a solos de alteração de rochas gnáissicas e graníticas adjacentes dentro dos mesmos horizontes de interpretação e classificação.

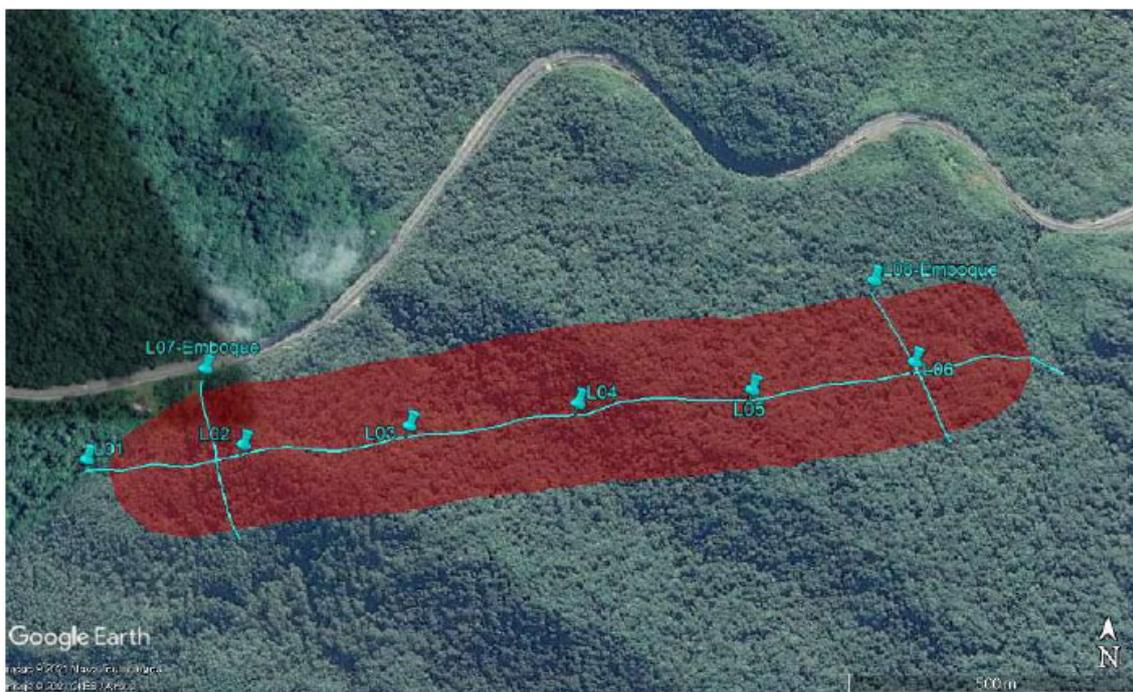
Devido às características geológicas locais, com anisotropias texturais das rochas, recomenda-se considerar os solos de alteração (saprólitos) de resistência média a forte em projetos de desmonte e perfuração, podendo ocorrer estas zonas de maior resistência devido não somente a presença de rochas cataclásticas, mas também blocos rochosos e/ou outras formações texturais de solos e rochas mais resistentes.

Os solos classificados com silto arenoso, devido as suas características heterogêneas, produzem zonas de resistividade elétrica baixas, características de zonas de presença com materiais argilosos e solos residuais saturados. Nestas zonas de classificação, devido as características geomorfológicas do local, com relevo montanhoso e escarpado, podem ocorrer zonas de deposição de colúvios, sendo estes depósitos de solos e fragmentos de rochas trazidos das zonas mais altas.

- Área 4

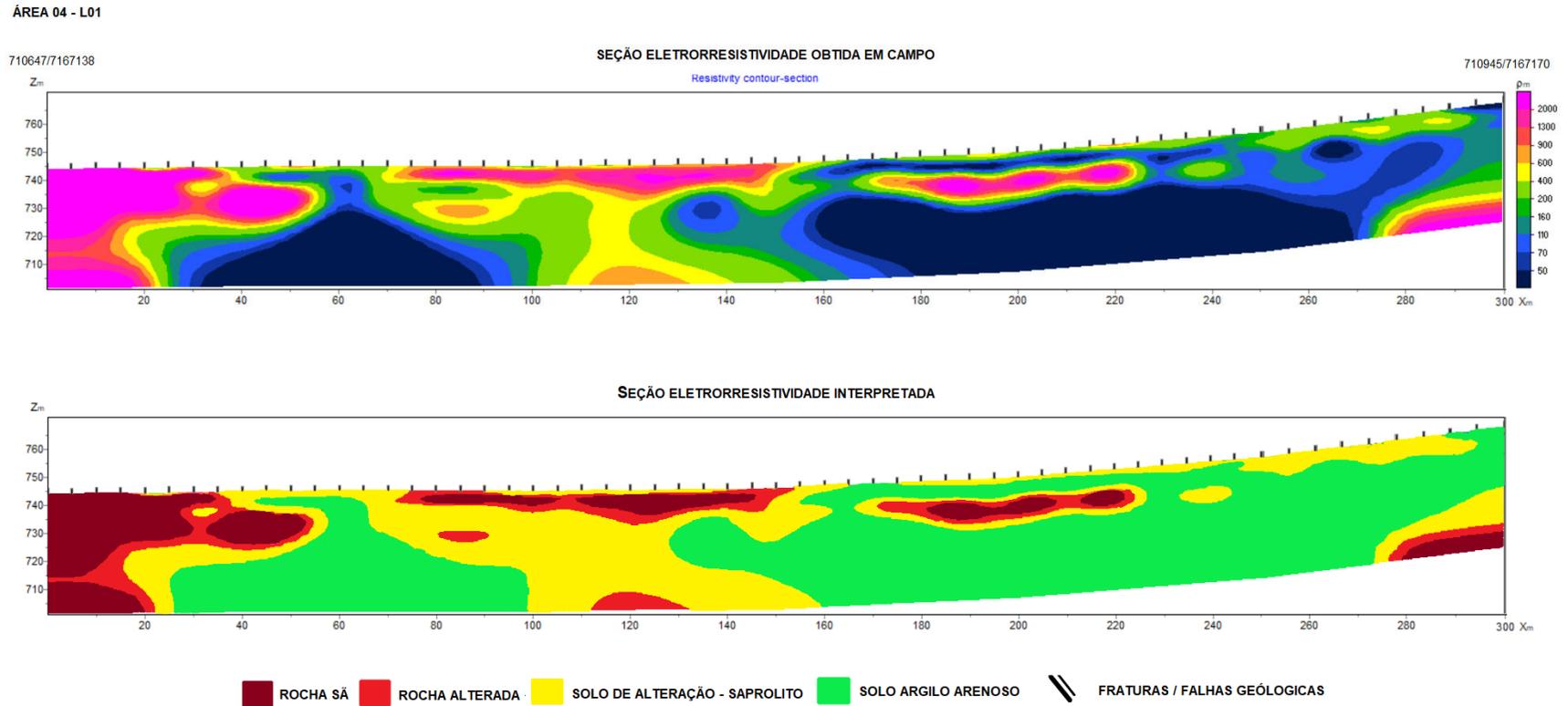
A seguir são apresentados os resultados obtidos para a Área 4.

**Figura 5-9: Localização das Seções de Eletorresistividade Executadas na Área 4**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-10: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 4



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

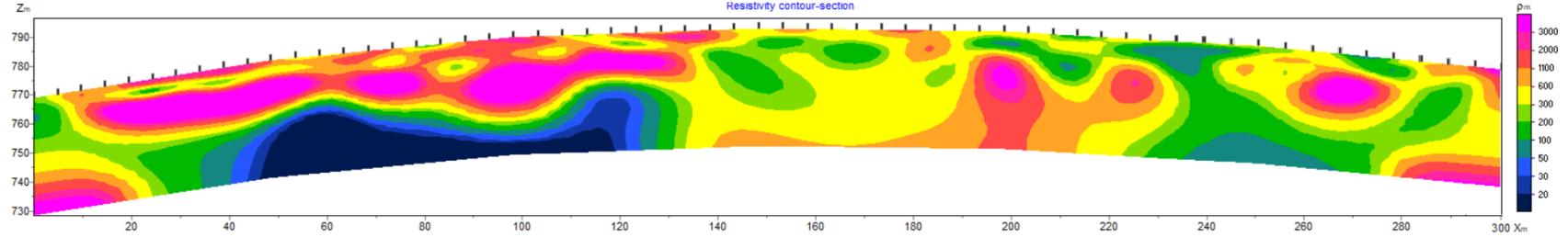
ÁREA 04 - L02

710945/7167170

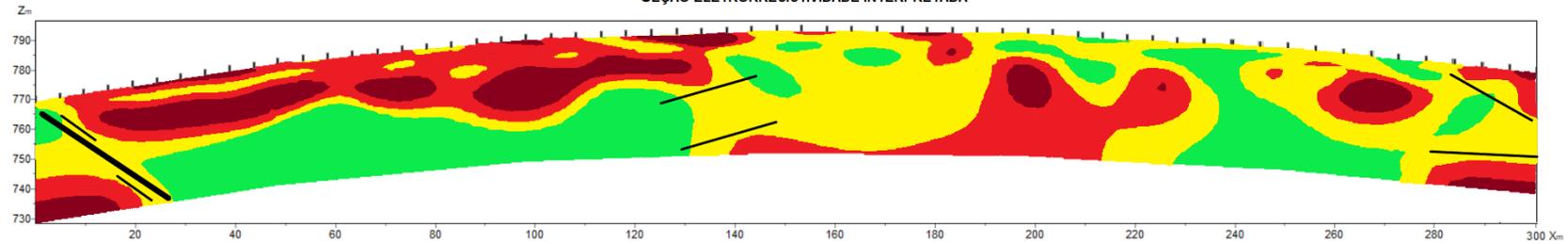
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

711243/7167207



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

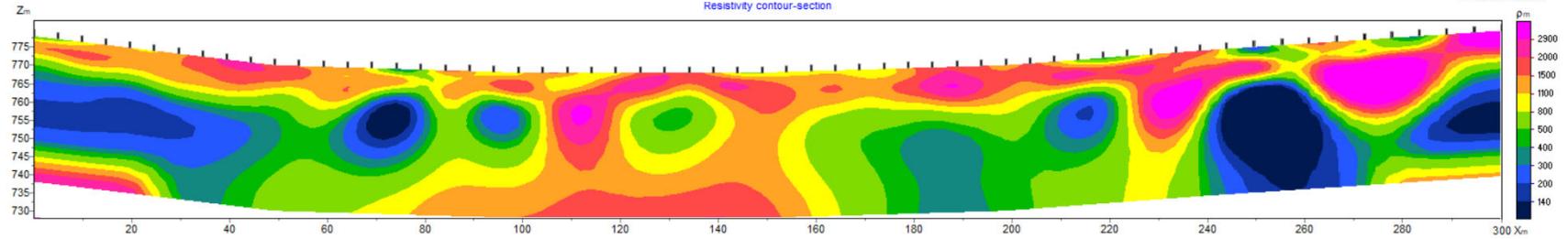
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 04 - L03

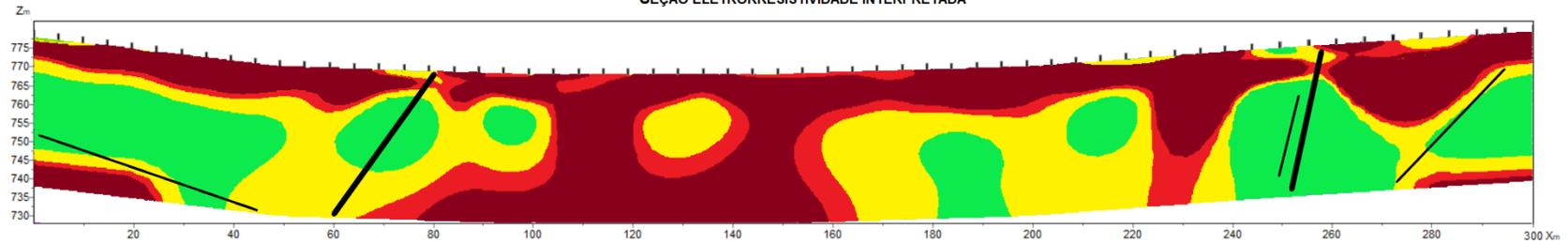
711243/7167207

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

711543/7167249



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

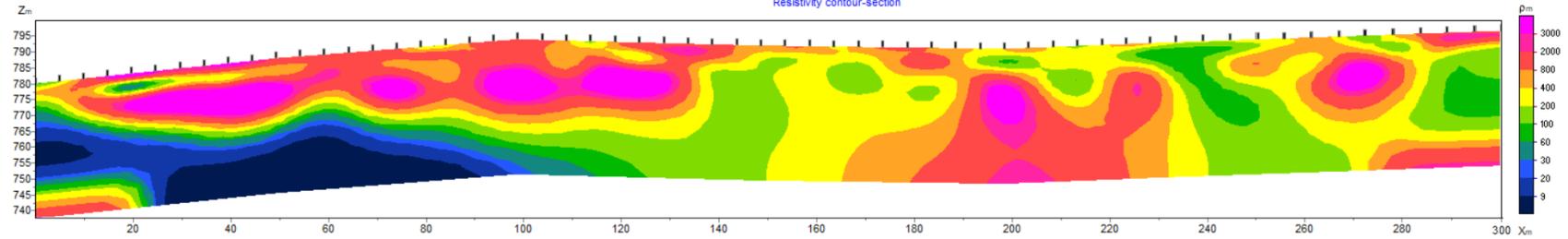
ÁREA 04 - L04

711543/7167249

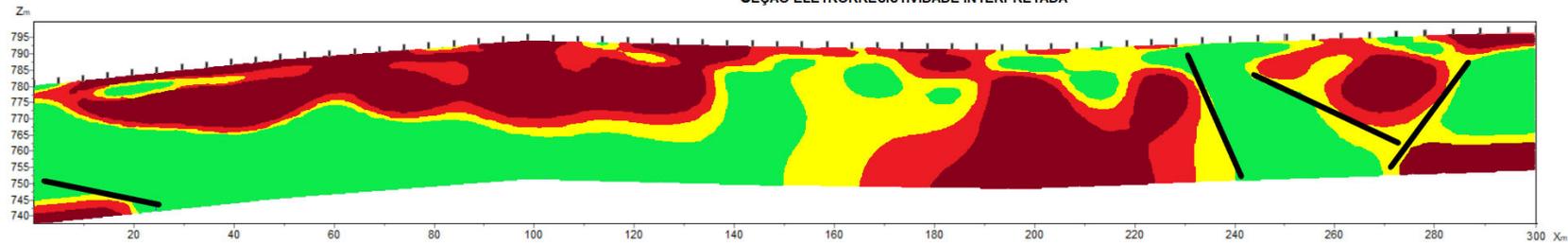
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

711846/7167275



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

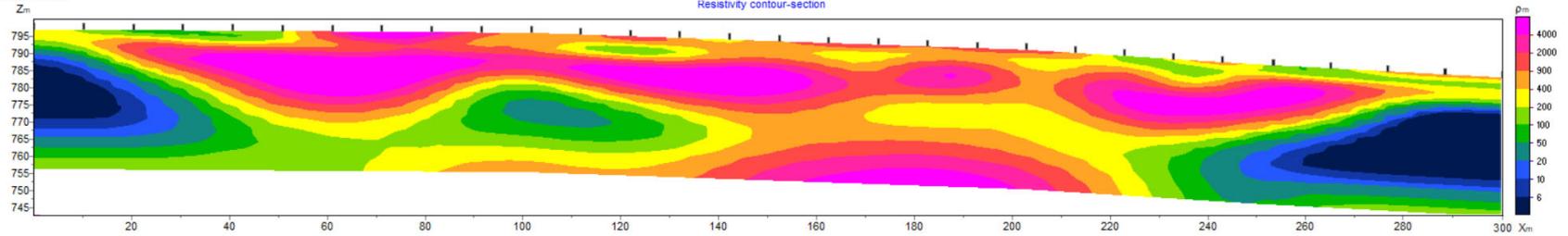
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 04 - L05

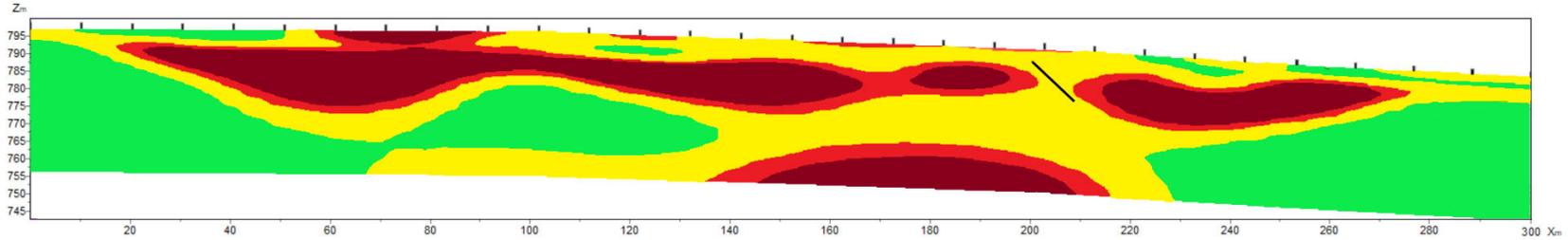
711848/7167275

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

712142/7167325



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

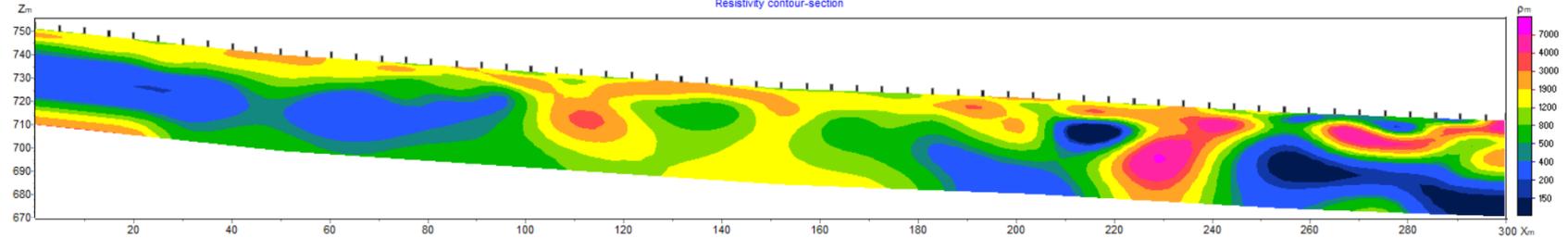
ÁREA 04 - L06

712142/7167325

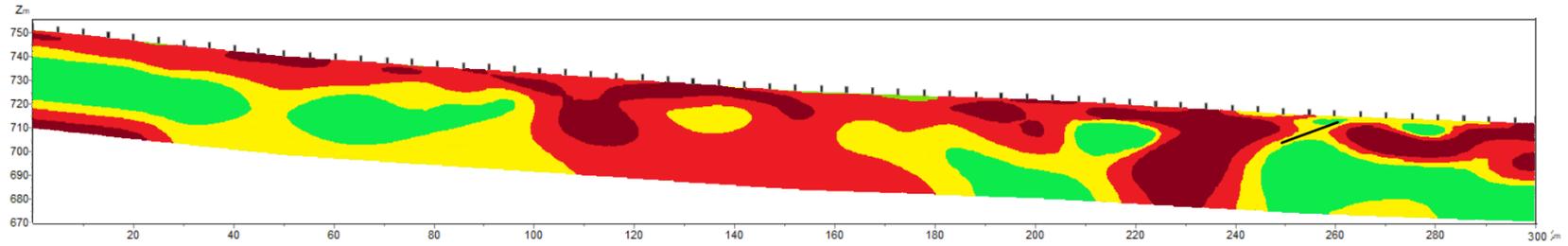
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

712430/7167323



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

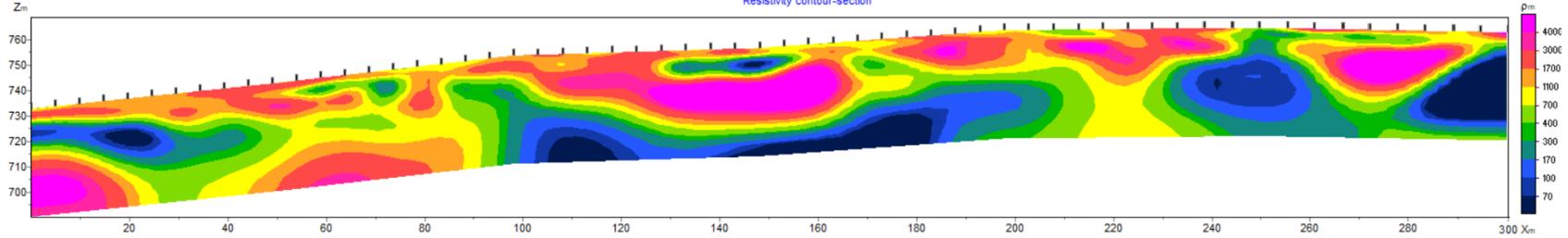
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 04 - L07 Emboque

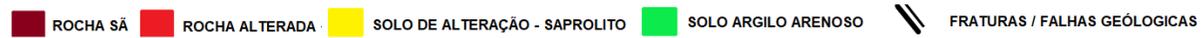
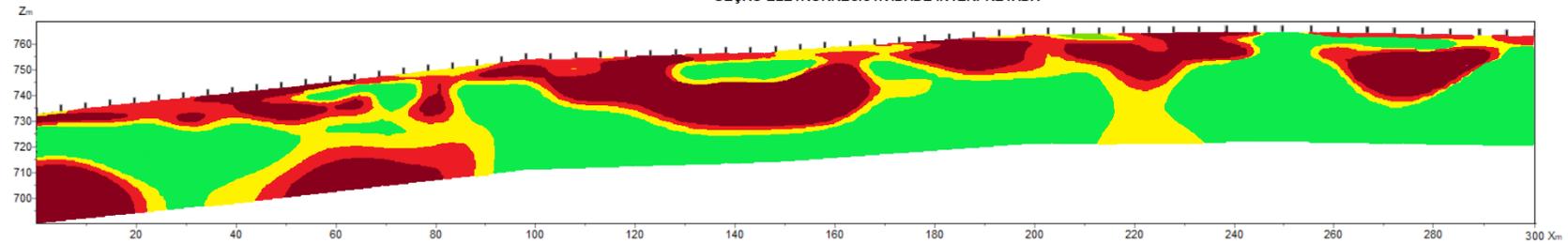
710859/7167305

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO  
Resistivity contour-section

710946/7167017



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

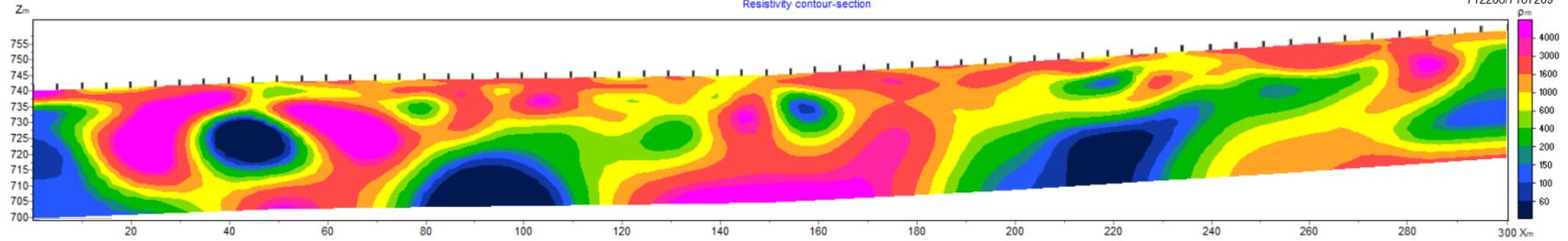
ÁREA 04 - L08 Emboque

712073/7167471

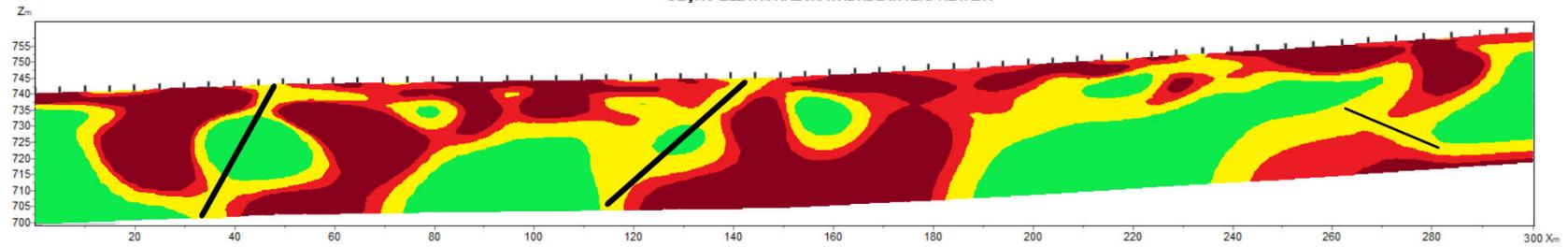
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

712206/7167209



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÁ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

As seções geofísicas da Área 4 apresentaram padrão de ocorrência de formações rochosas não contínuas, com blocos e matacões dispersos em meio a uma matriz de solos de alteração e argilo arenoso. Essa característica pode estar relacionada à maior ocorrência de zonas de fraturas, estas interpretadas nas seções geofísicas L02, L03, L04 e L07-Emboque.

Essa ocorrência de maior faturamento pode produzir maior fragmentação rochosa e dos sedimentos, ocasionando zonas de resistividade associados a solos de alteração (saprólitos). Porém, nestas zonas de baixa resistividade, podem ocorrer blocos e matacões rochosos que, devido a interpolação dos dados na etapa de processamento geofísico, não foram identificados.

- Área 5

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a Área 5.

**Figura 5-11: Localização das Seções de Eletroresistividade Executadas na Área 5**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

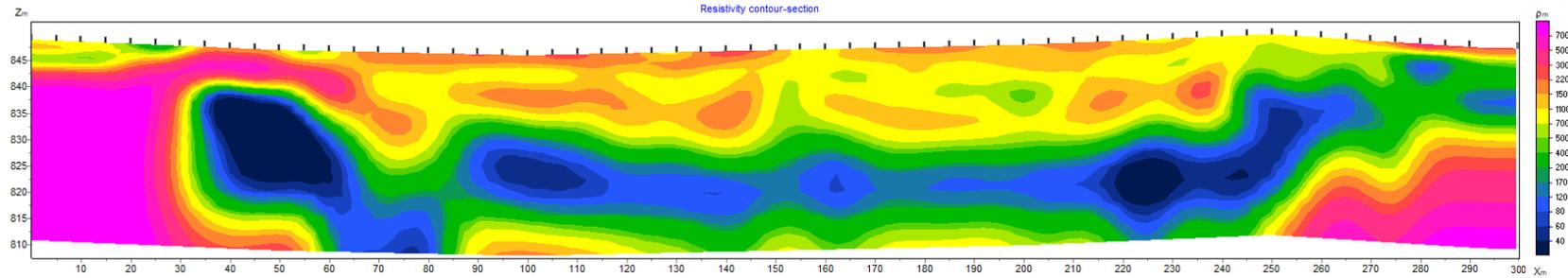
Figura 5-12: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 5

AREA 05 - L01

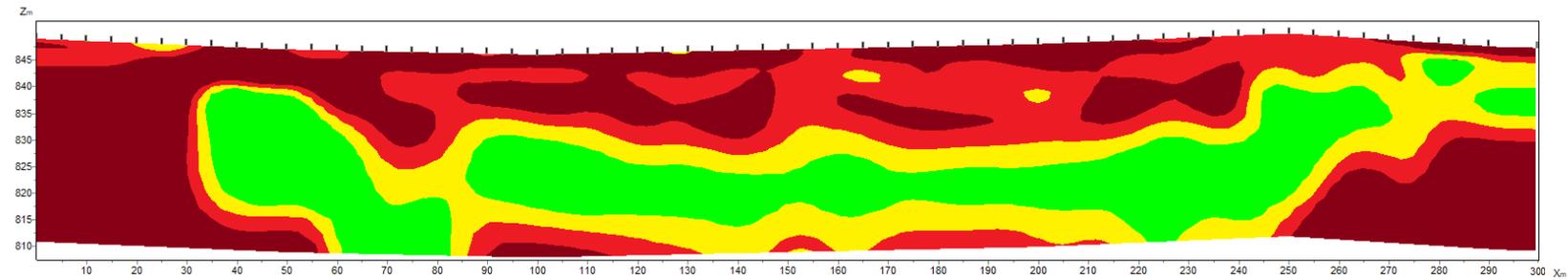
707944 / 7167810

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

708232 / 7167729



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

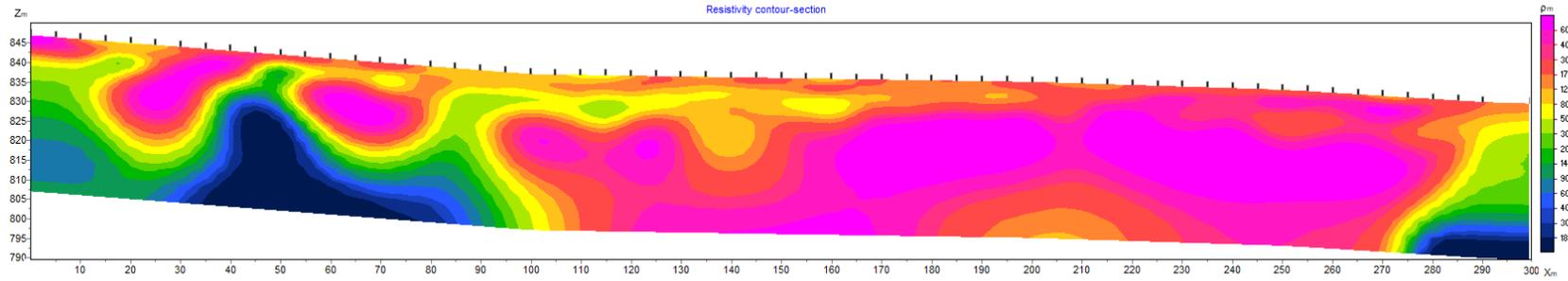
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L02

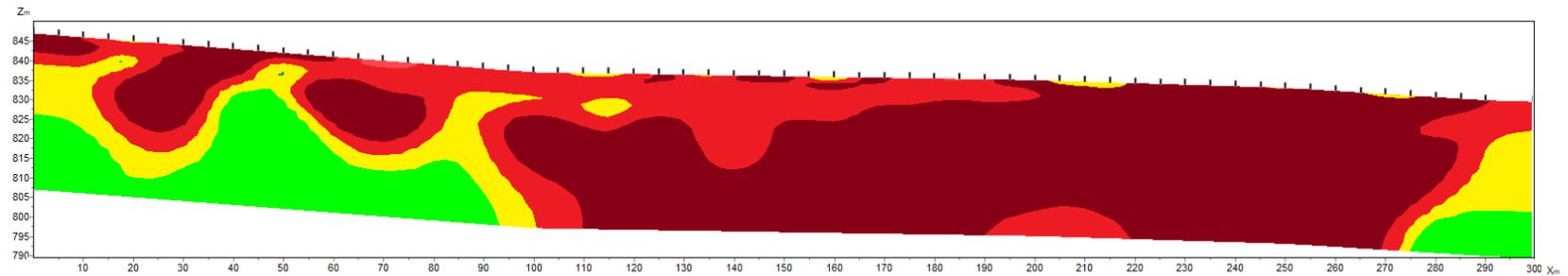
708232 / 7167729

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

708528 / 7167731



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



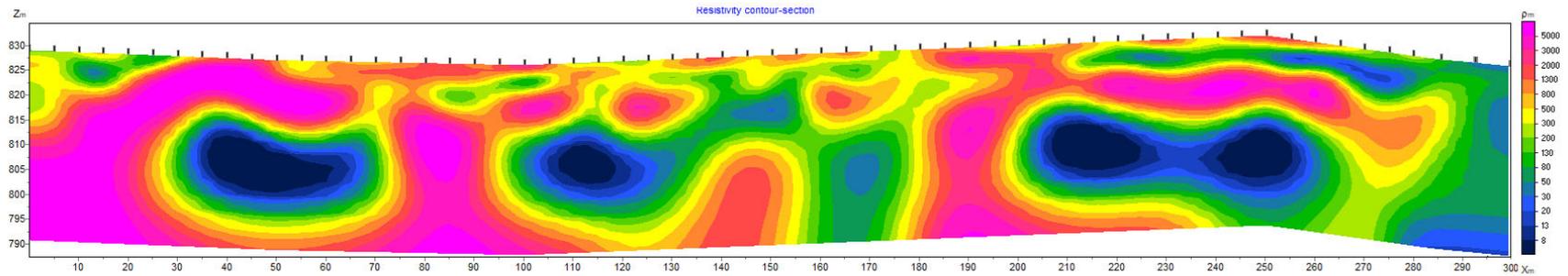
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L03

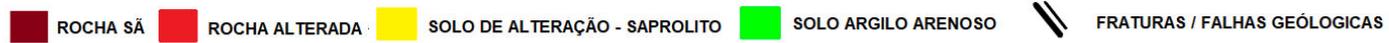
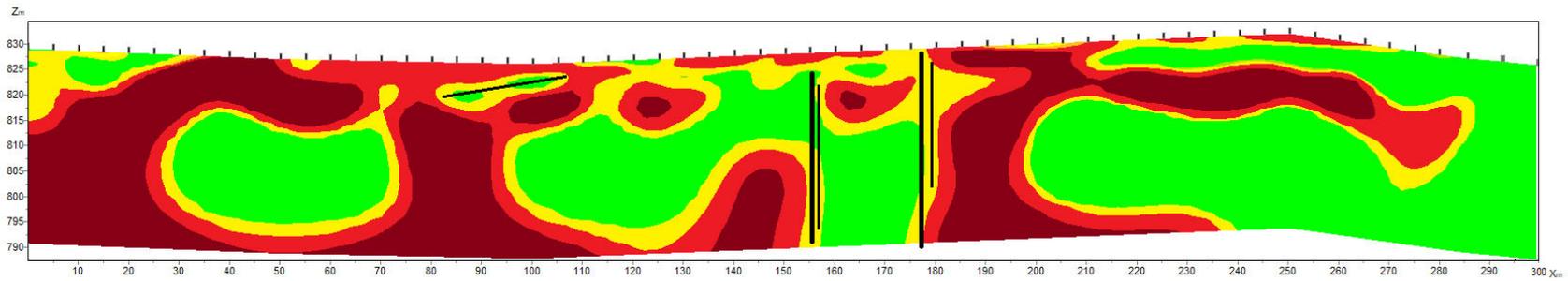
708528 / 7167731

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

708826 / 7167696



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



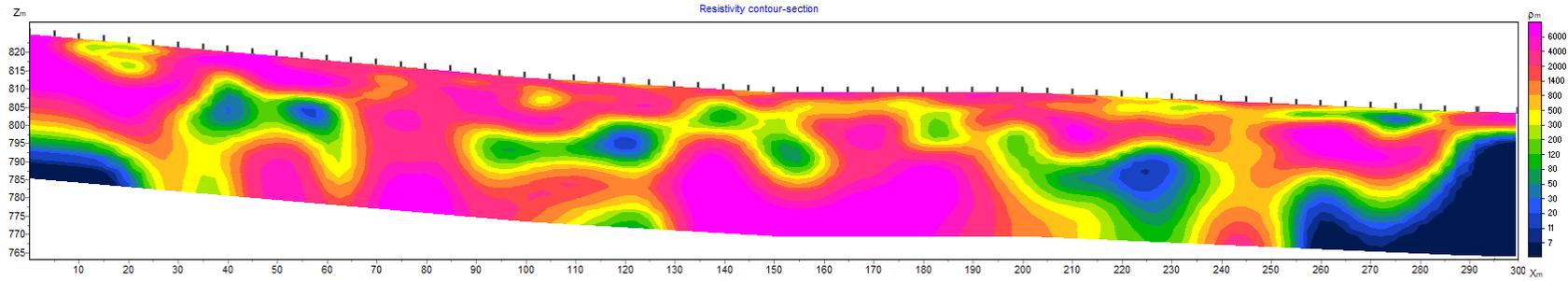
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L04

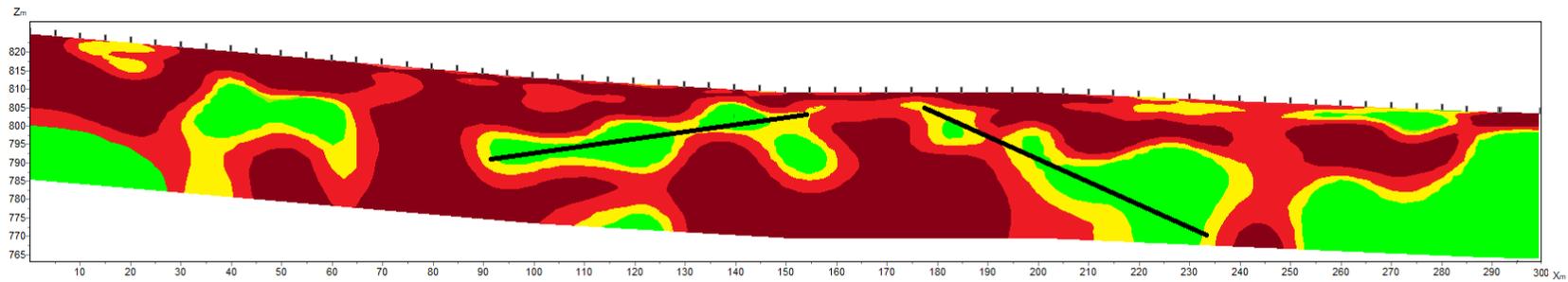
708826 / 7167696

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

709120 / 7167657



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



- ROCHA SÃ
- ROCHA ALTERADA
- SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
- SOLO ARGILO ARENOSO
- // FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

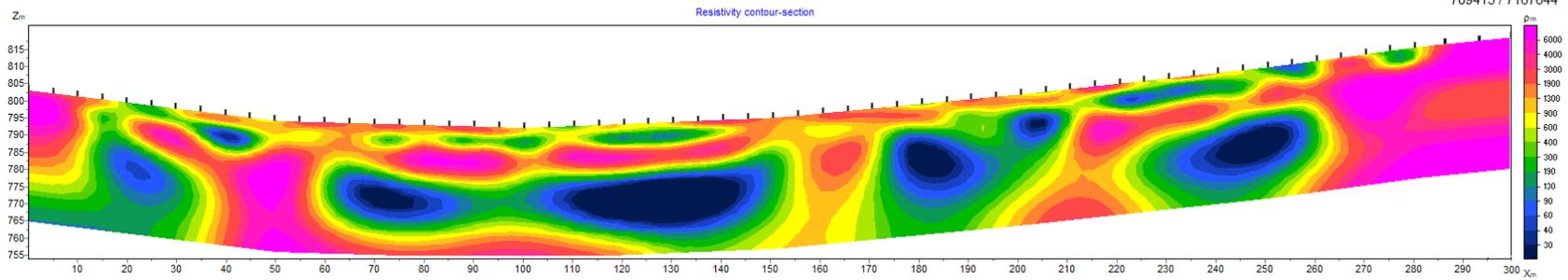
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L05

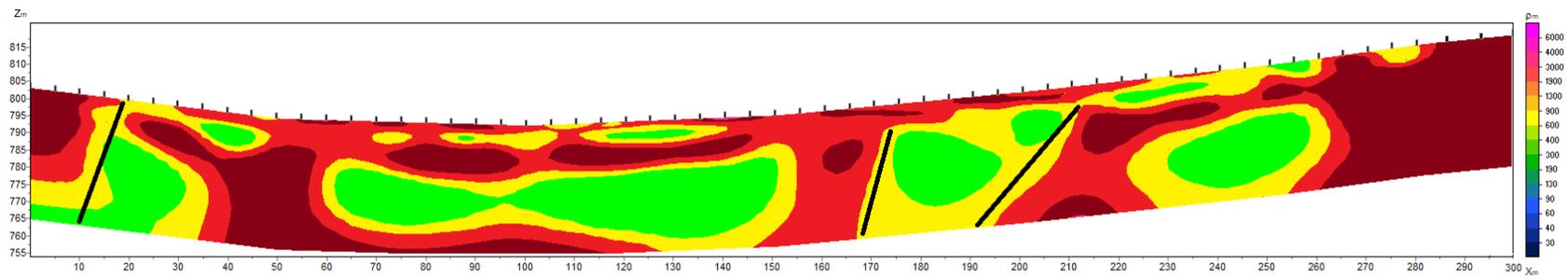
709120 / 7167657

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

709415 / 7167644



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

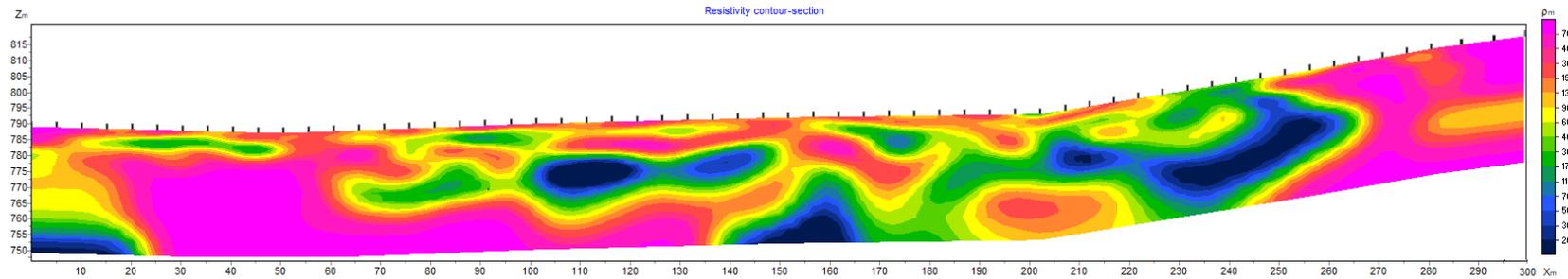
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L06 Emboque

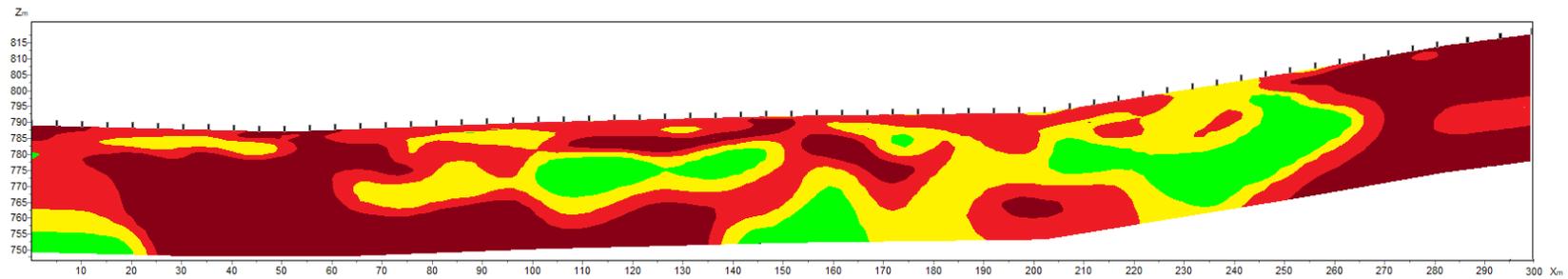
709219 / 7167822

SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

709274 / 7167543



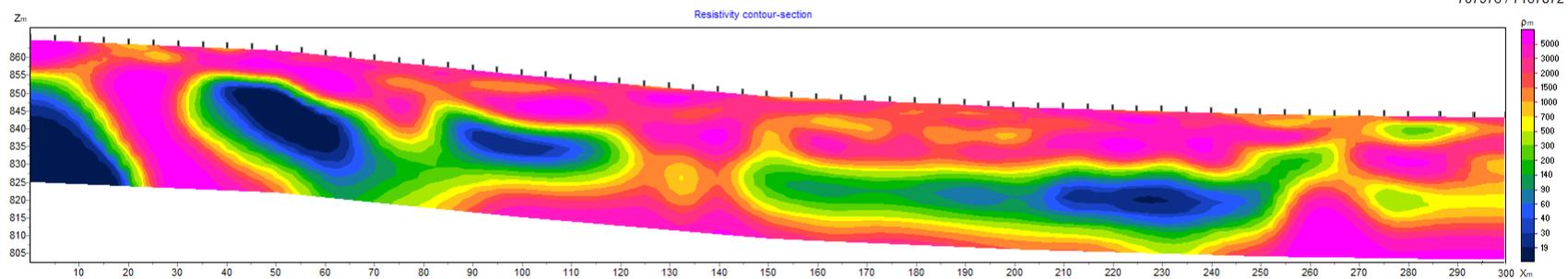
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



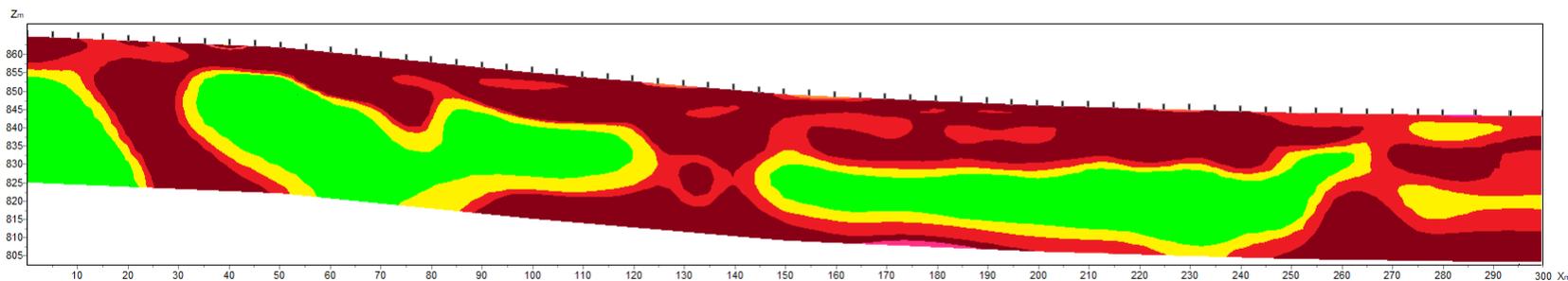
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 05 - L07 Emboque

708114 / 7167608 SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO 707976 / 7167872



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



- ROCHA Sã
- ROCHA ALTERADA
- SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
- SOLO ARGILO ARENOSO
- // FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

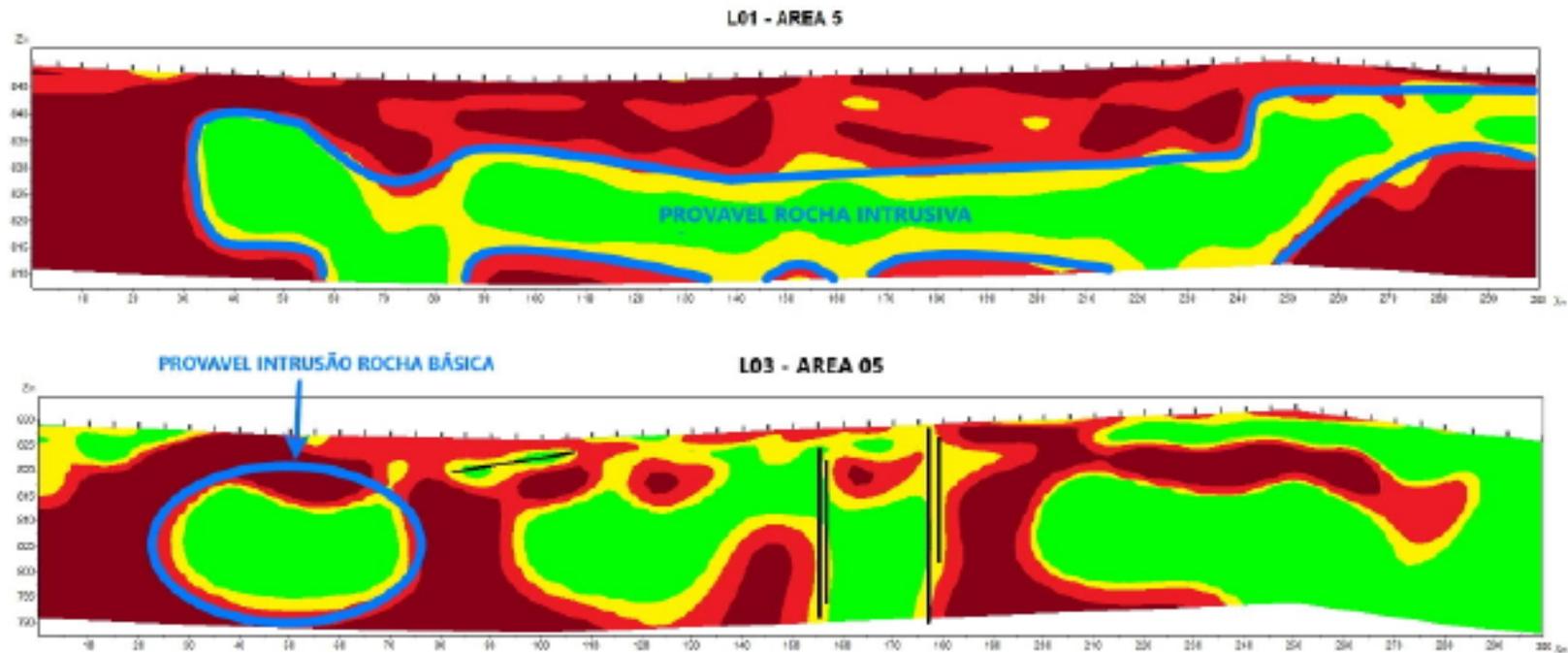
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A Área 5 está inserida em um contexto geológico de gnáissicas (Complexo Gnáissico Migmatítico), com ocorrências de intrusão de rochas básicas (diabásio) e zonas de fraturas. Nas seções geofísicas adquiridas da área, as rochas sã e alterada apresentam feições alongadas e arredondadas de baixa resistividade, estas classificadas como solo de alteração e solo argilo arenoso. Os solos argilosos arenosos apresentam características de baixa resistividades, similares a rochas básicas intrusivas (diabásios), que são compostos por minerais de composição ferro-magnésiano, que quando submetidos a correntes elétricas respondem com baixa resistividade por serem materiais condutivos, característica similar a dos solos argilo arenosos saturados. A indicação destas zonas em específico como rochas básicas em detrimento a outras zonas de ocorrência de solos argilo arenosos se deve principalmente à forma da geometria de contraste (alongadas e arredondadas) entre as rochas sã e alterada.

Recomenda-se nestas zonas cautela na projeção do desmonte, pois podem se caracterizar com zonas de alta resistência devido à similaridade das resistividades entre a rochas básicas de intrusão e solos argilo arenosos saturados.

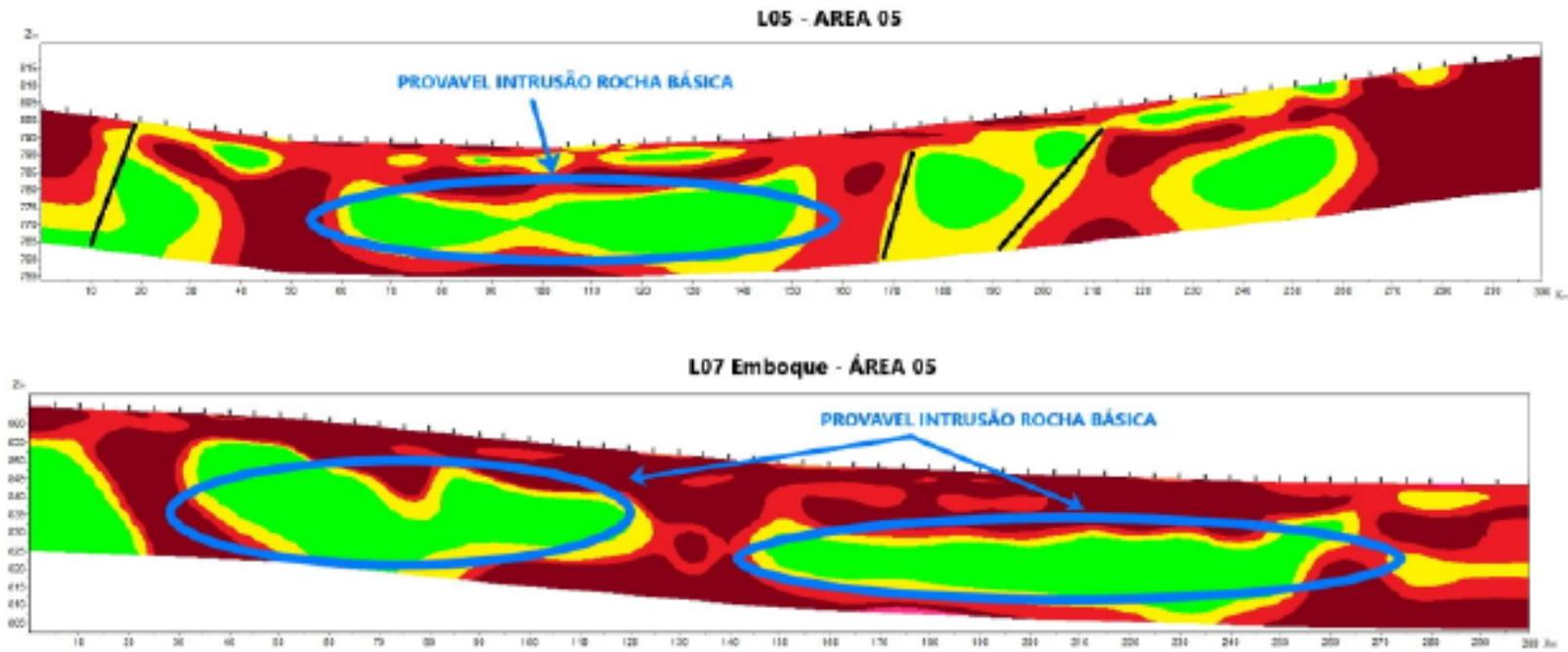
Nas seções L03, L04 e L05 foram interpretadas zonas de possíveis falhas e fraturas geológicas. Estas podem estar associadas a zonas de tensões estruturais das rochas e/ou intrusões de rochas básicas associadas.

Figura 5-13: Possíveis Zonas de Intrusão de Rochas Básicas



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-14: Possíveis Zonas de Intrusão de Rochas Básicas



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

- Área 6

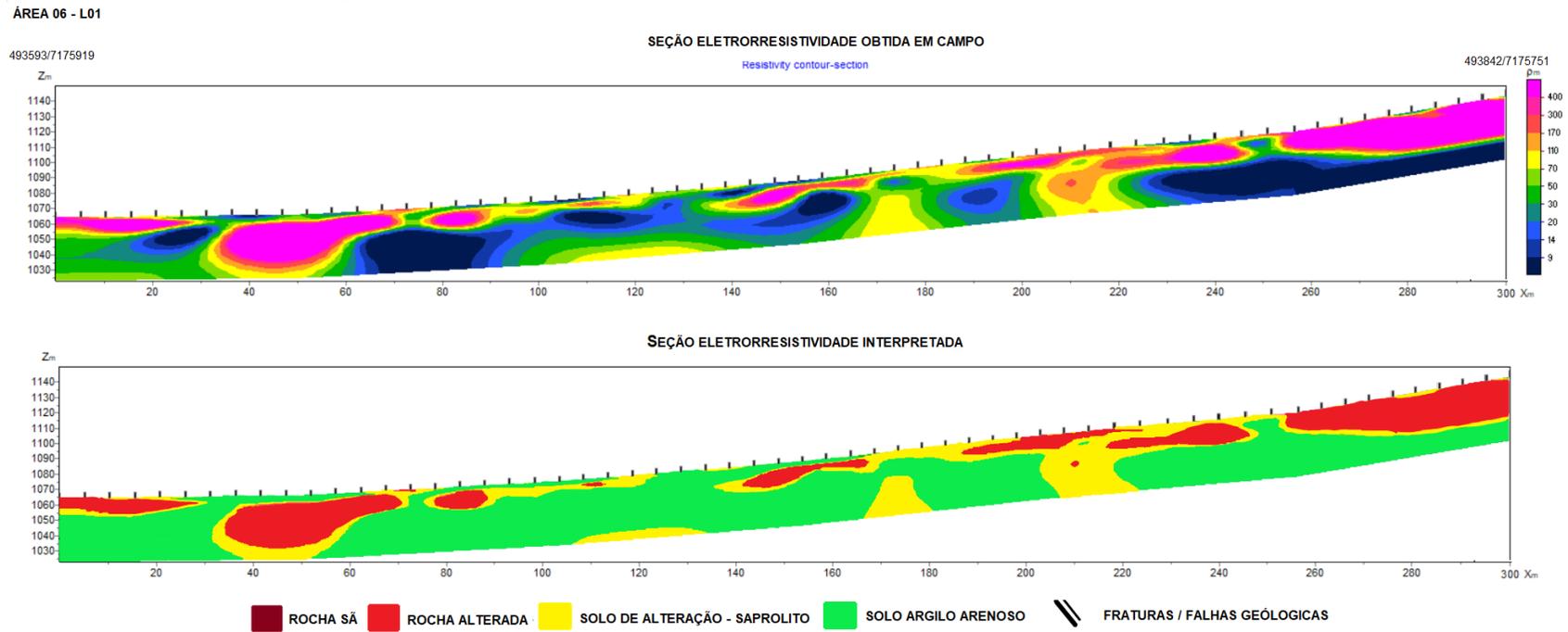
A seguir são apresentados os resultados obtidos para a Área 6.

**Figura 5-15: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 6**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-16: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 6



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

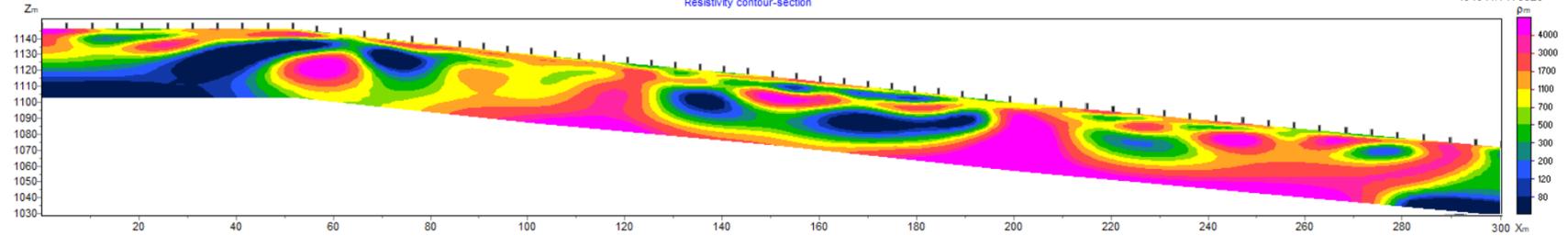
ÁREA 06 - L03

493842/7175751

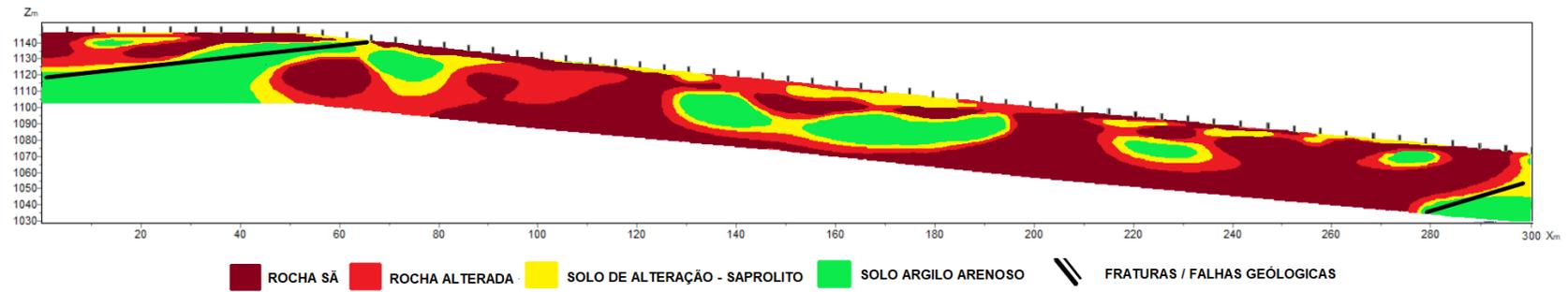
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

494041/7175526

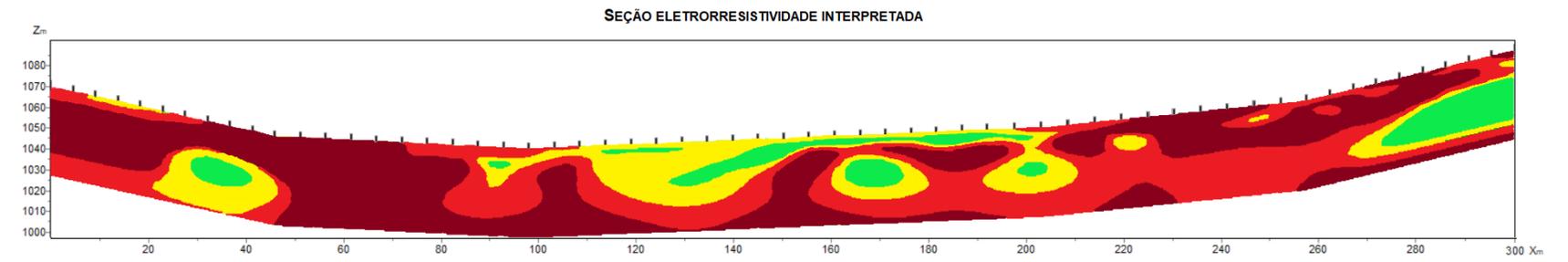
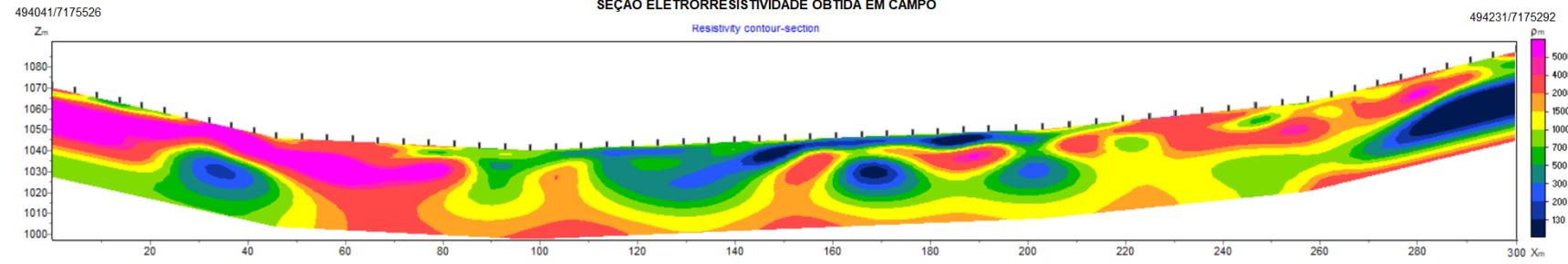


SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

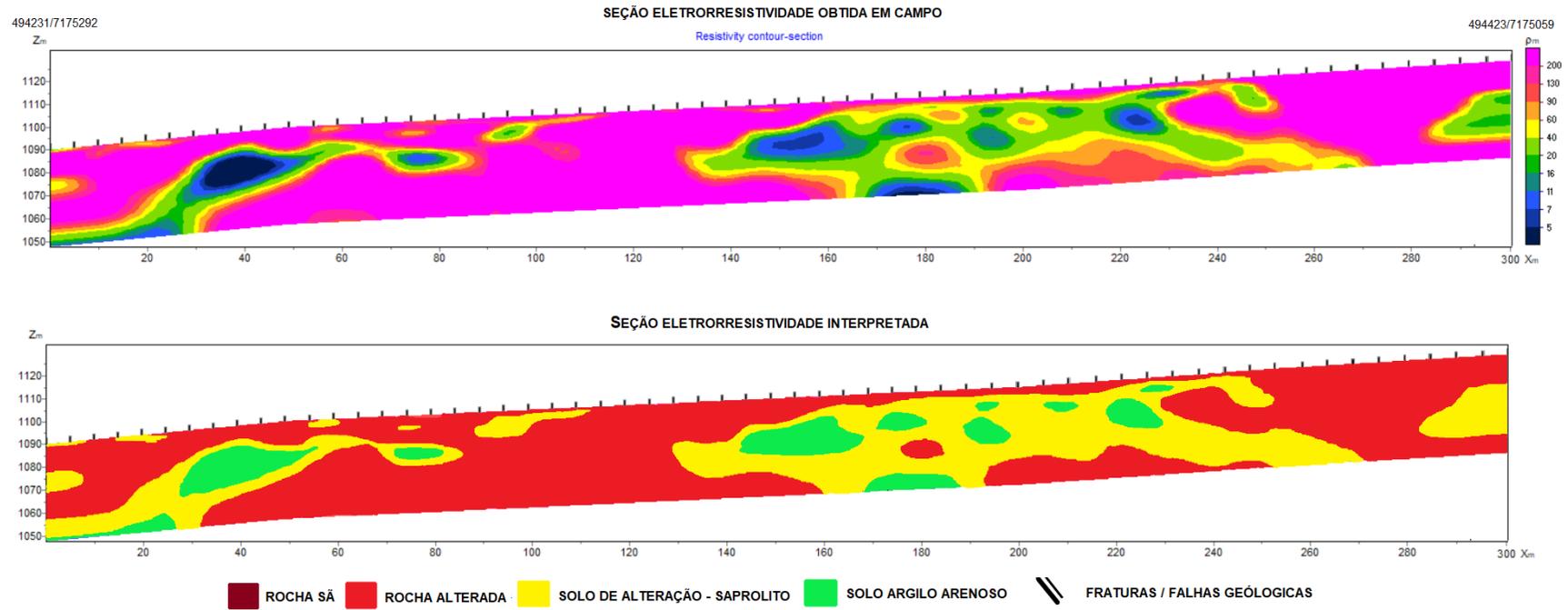
ÁREA 06 - L04



- ROCHA SÃ
- ROCHA ALTERADA
- SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
- SOLO ARGILO ARENOSO
- // FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 06 - L05



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

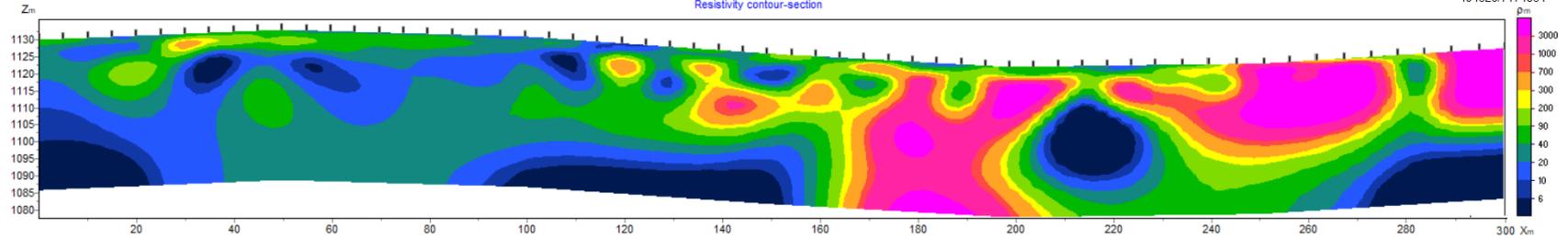
ÁREA 06 - L06

494423/7175059

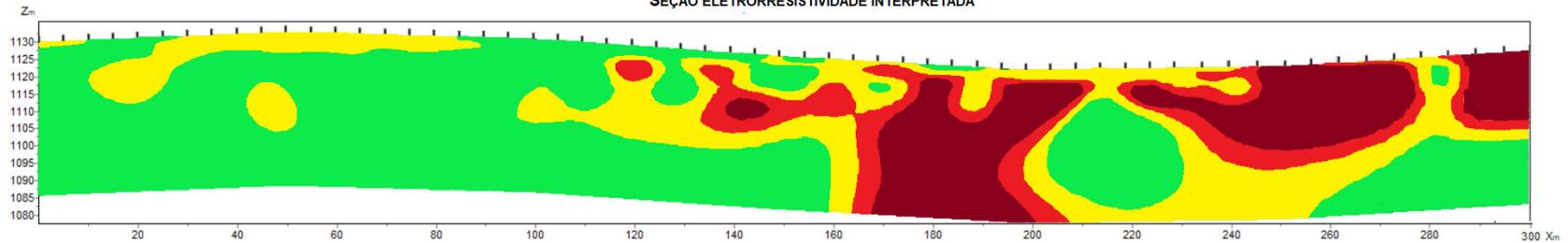
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

494620/7174834



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÁ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

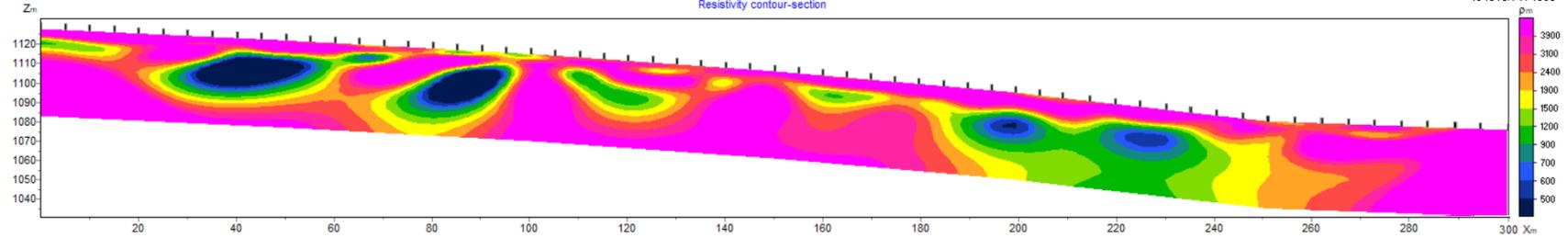
ÁREA 06 - L07

494620/7174834

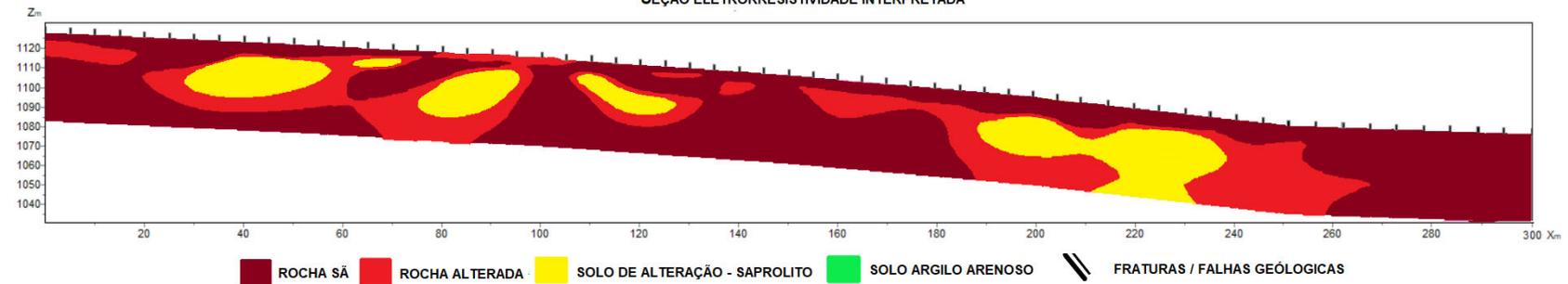
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

494815/7174608



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

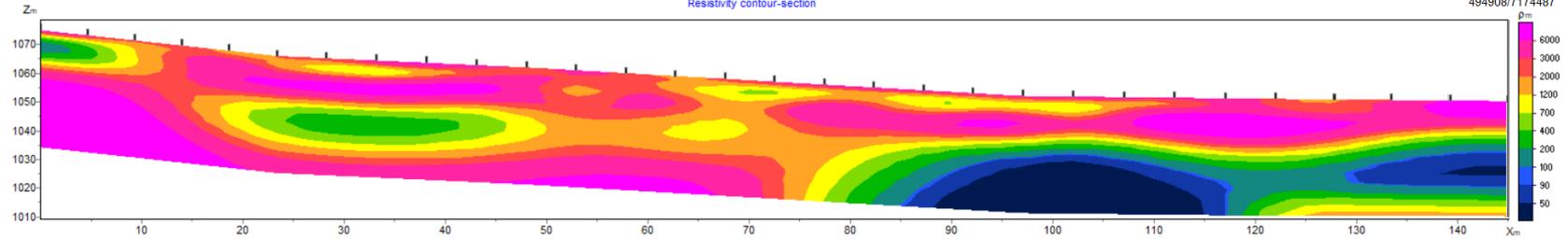
ÁREA 06 - L09

494815/7174608

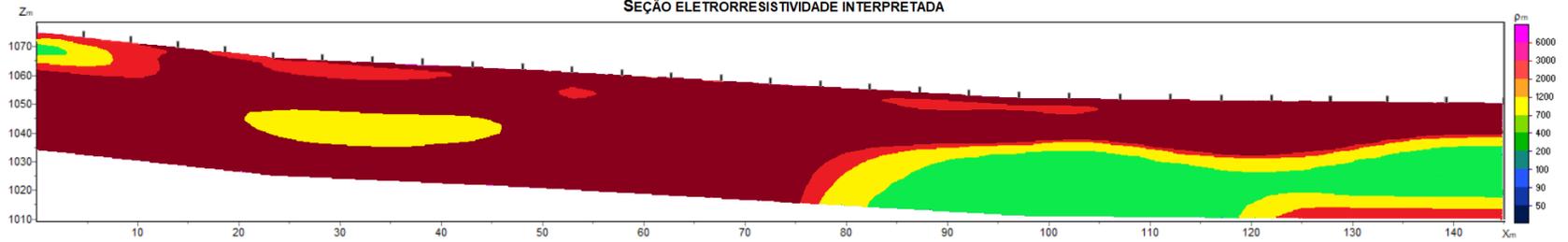
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

494908/7174487



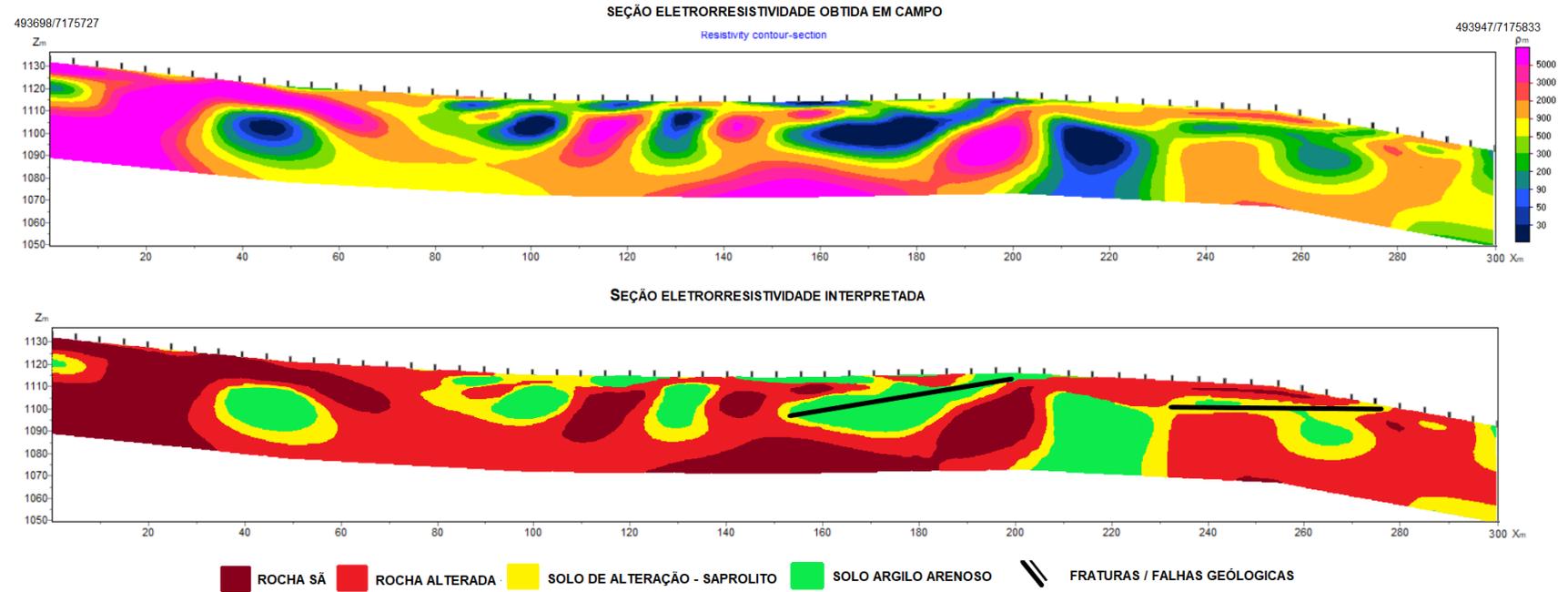
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 06 - L02 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

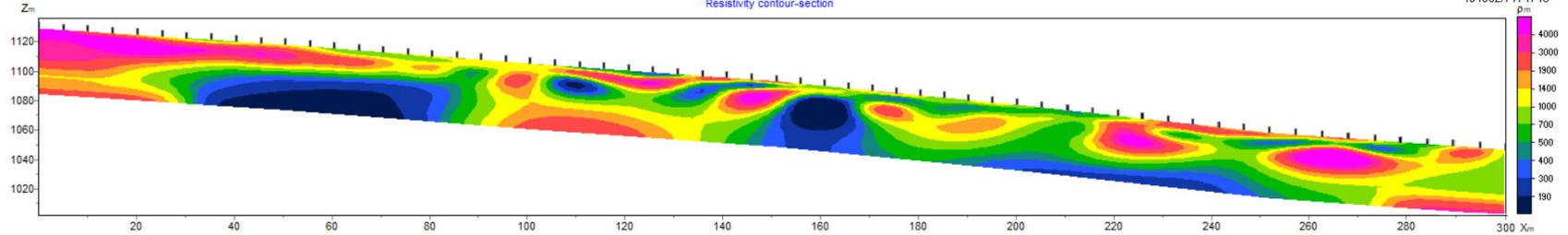
ÁREA 06 - L08 Emboque

494674/7174548

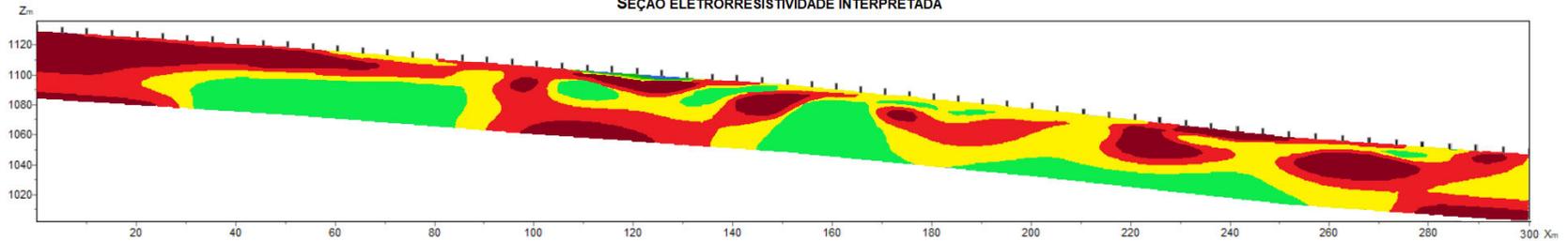
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

494902/7174743



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA Sã
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A geologia da Área 6 é composta por rochas vulcânicas como basaltos e andesitos, com estruturas maciços e tubular, fraturamentos verticais a sub-horizontais e descontinuidades atectônicas dos maciços rochosos. Podem ocorrer zonas de basalto vesicular e rochas sedimentares arenosas intercaladas a rochas vulcânicas.

As seções geofísicas da Área 6 apresentam maiores zonas de fratura nas seções L02-Emboque e L03, sendo este faturamento observado também em afloramentos nas áreas. Feições mais alteradas ocorrem nas seções L04, L07 e L09, preenchidas por materiais arenosos (saprólitos) e por material argilo arenoso. Descontinuidades no maciço ocorrem nas seções L05, L06 e L08-Emboque, estas feições podem estar associadas a zonas de maior faturamento e/ou ocorrência de rochas sedimentares nestas descontinuidades.

- **Área 7**

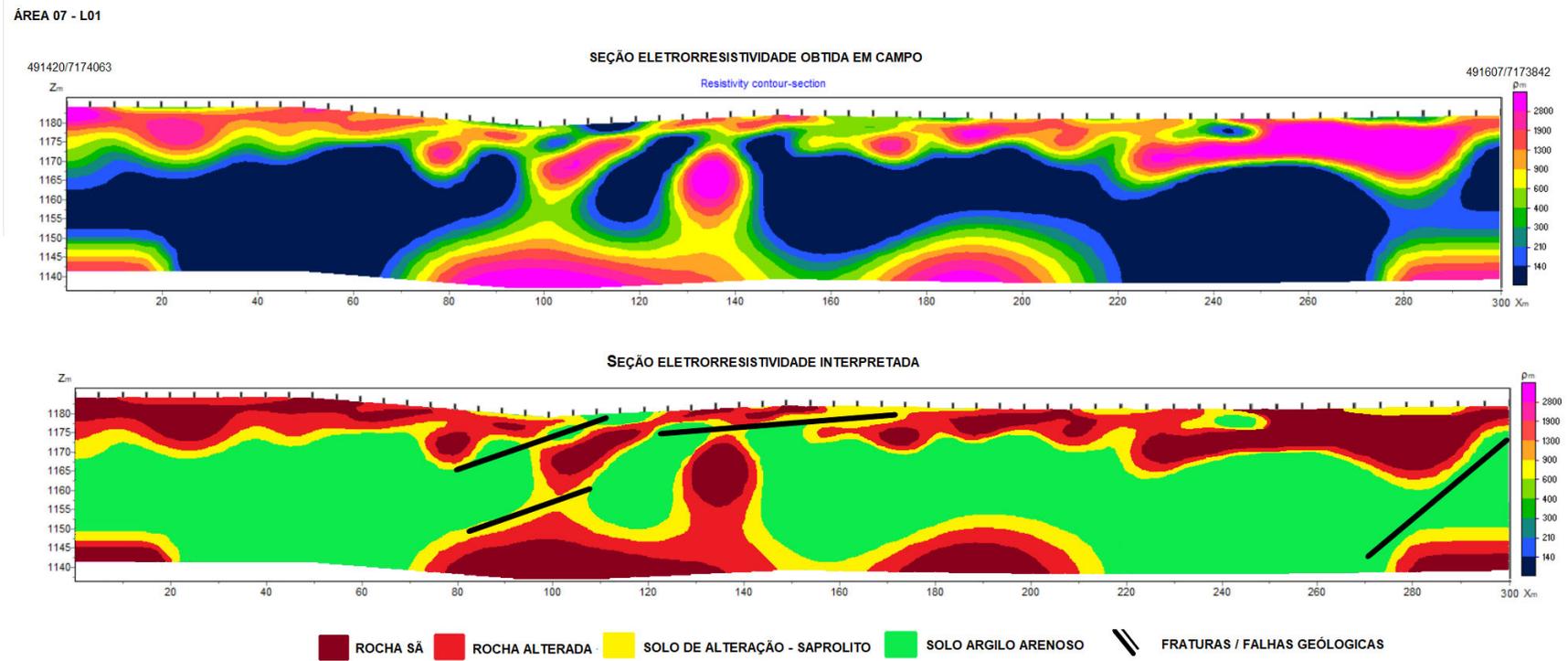
A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a Área 7.

**Figura 5-17: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 7**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-18: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 7



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

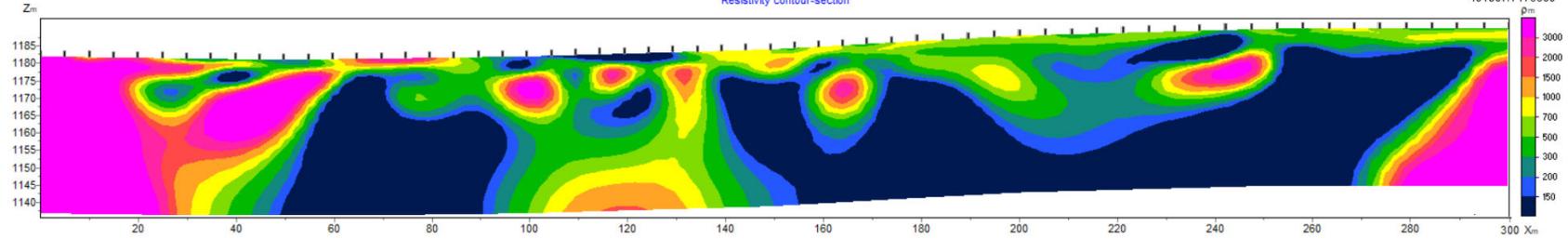
ÁREA 07 - L02

491607/7173842

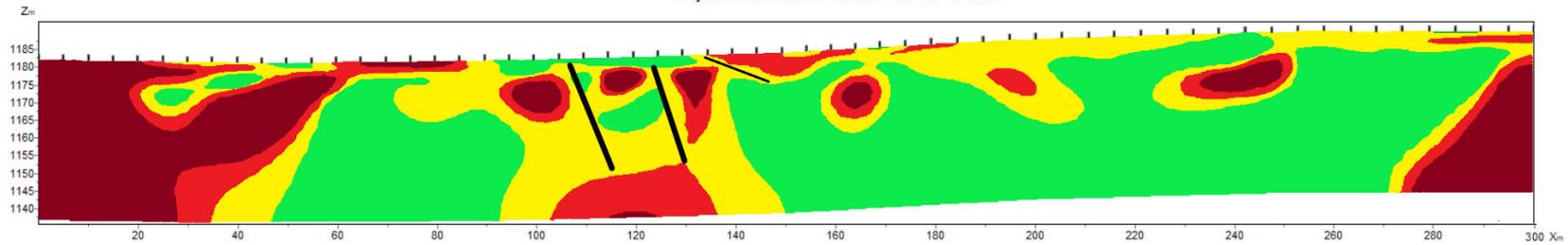
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

491807/7173609



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

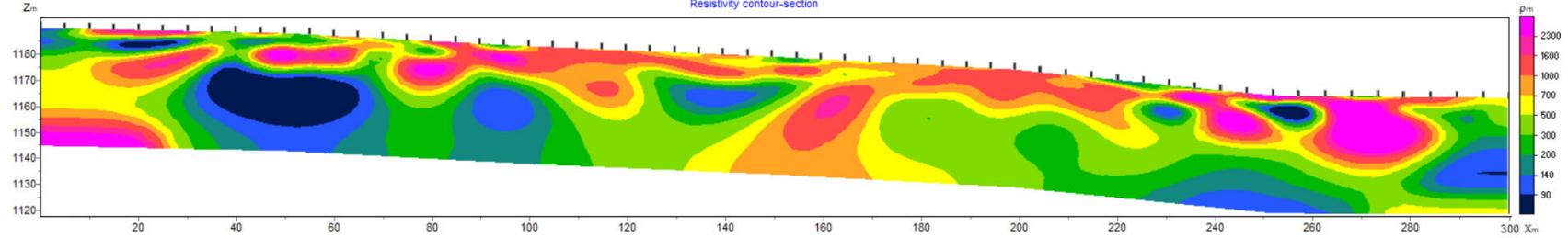
ÁREA 07 - L03

491807/7173609

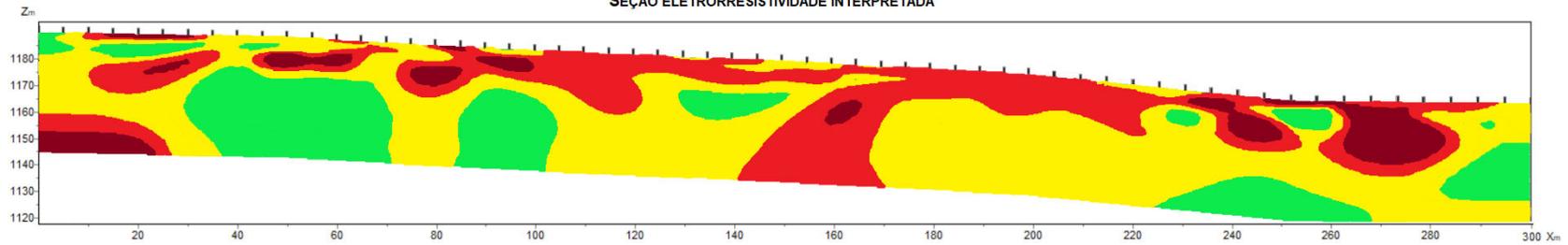
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

492073/7173467



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

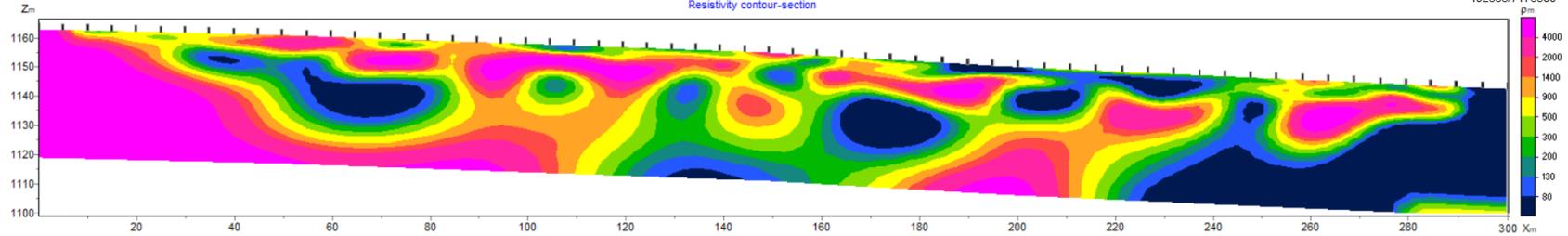
ÁREA 07 - L04

492073/7173467

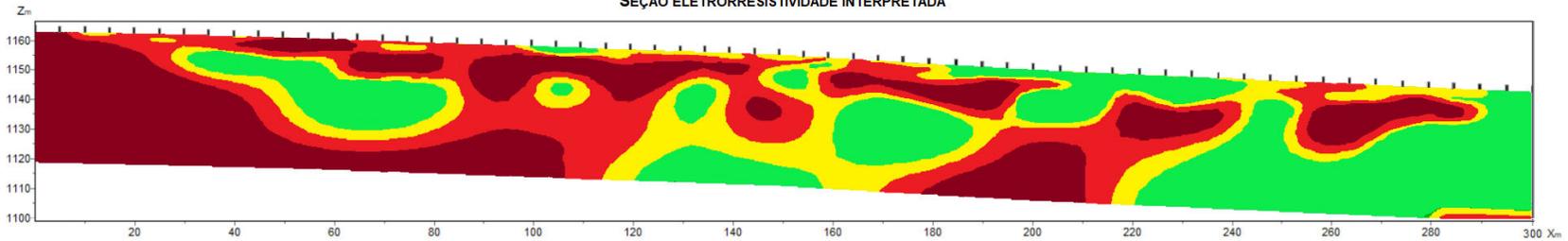
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

492363/7173500



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

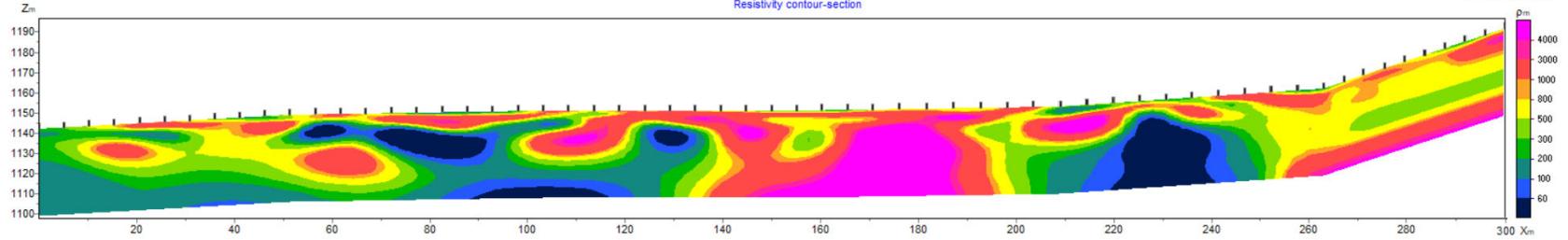
ÁREA 07 - L05

492363/7173500

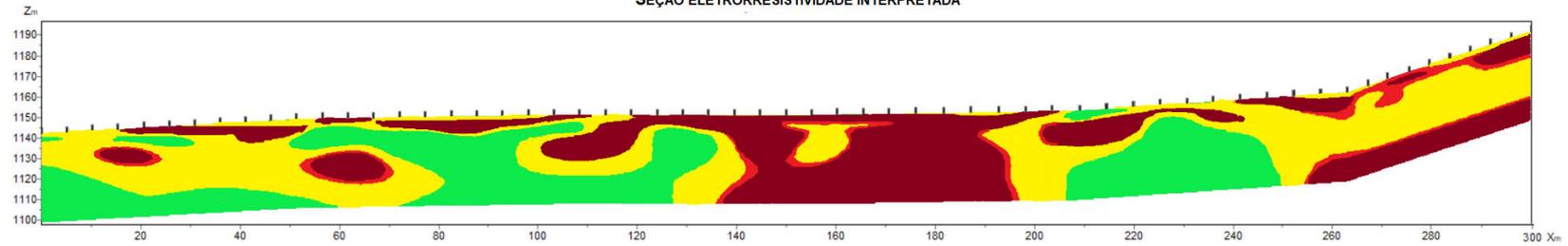
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

492628/7173650



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

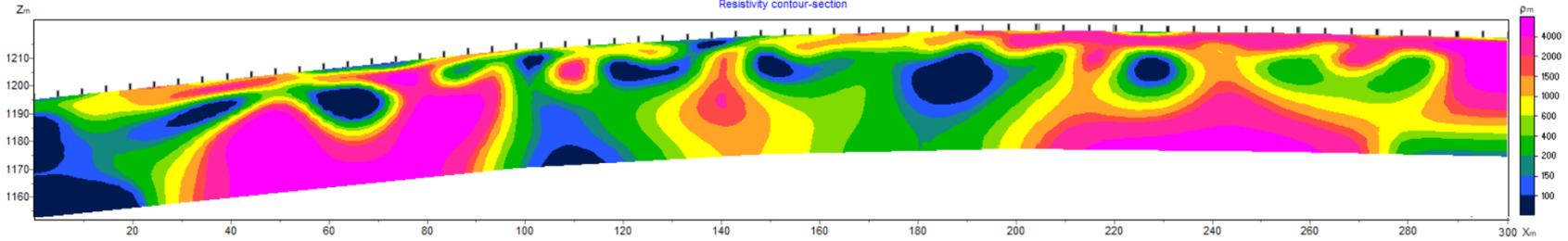
ÁREA 07 - L06

492828/7173850

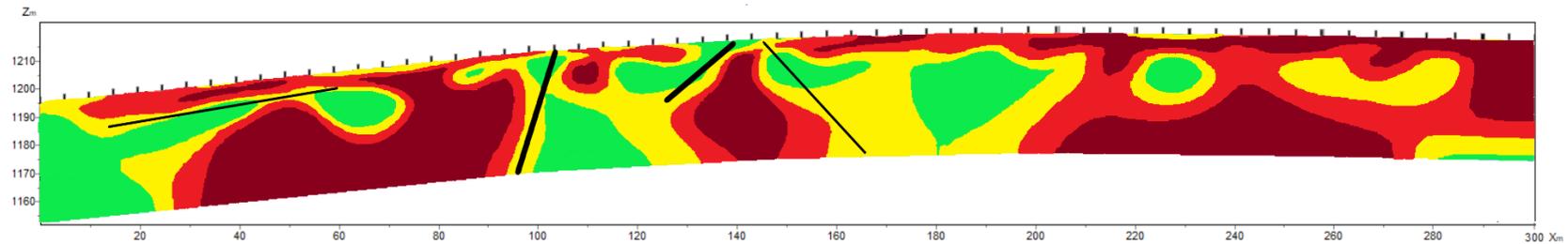
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

492881/7173819



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÁ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

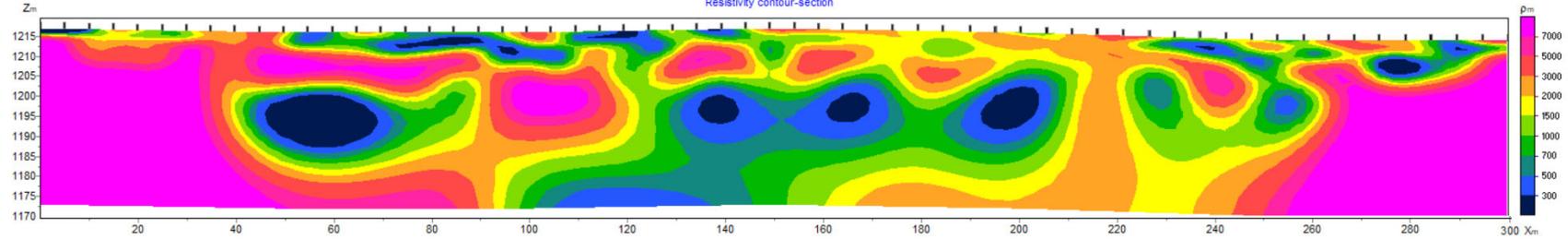
ÁREA 07 - L07

492881/7173819

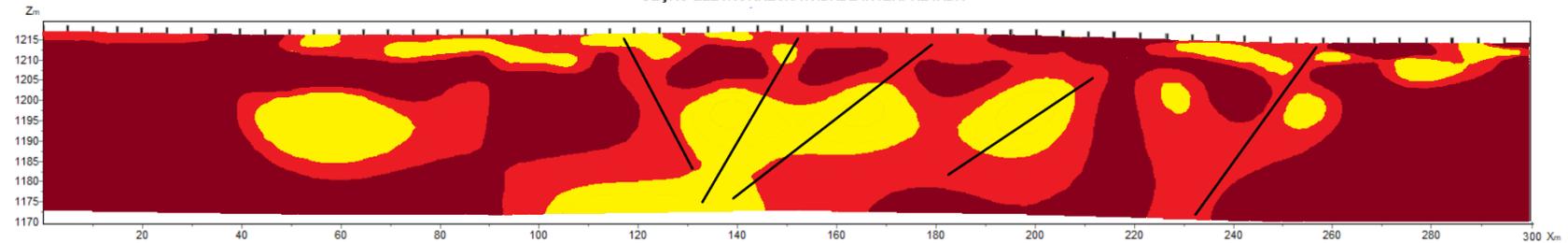
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

493043/7174073



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

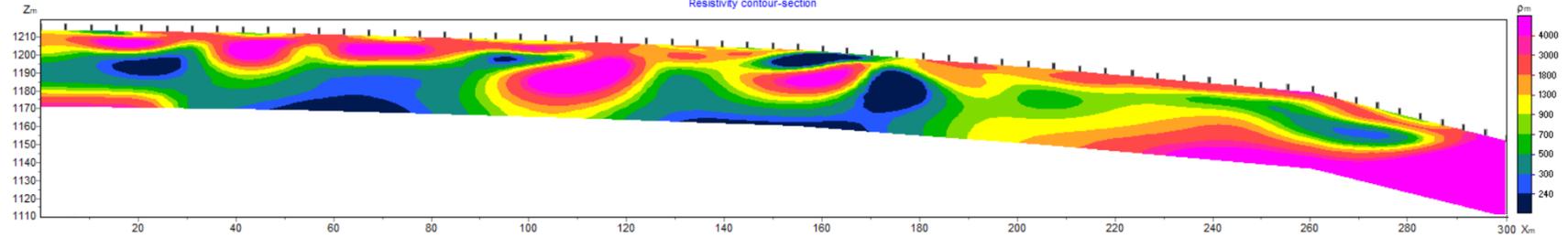
ÁREA 07 - L08

493043/7174073

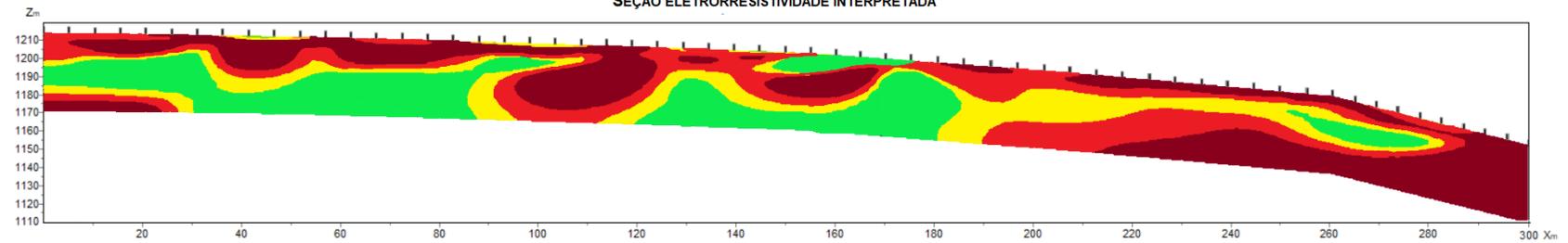
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

493090/7174369



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

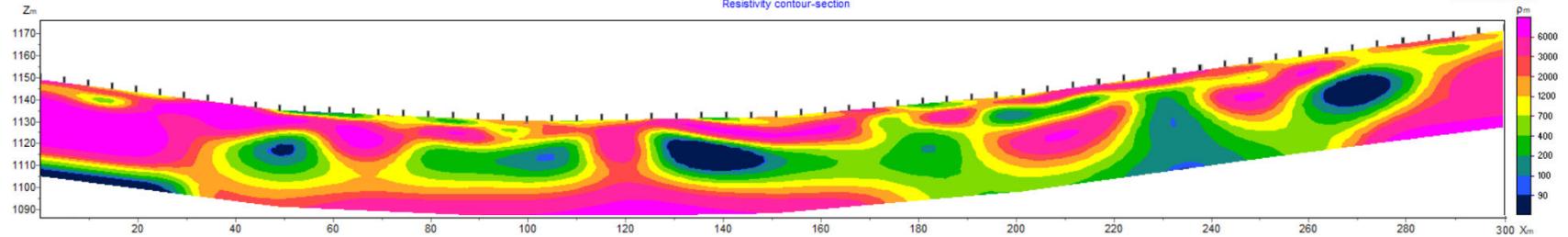
ÁREA 07 - L09

493090/7174369

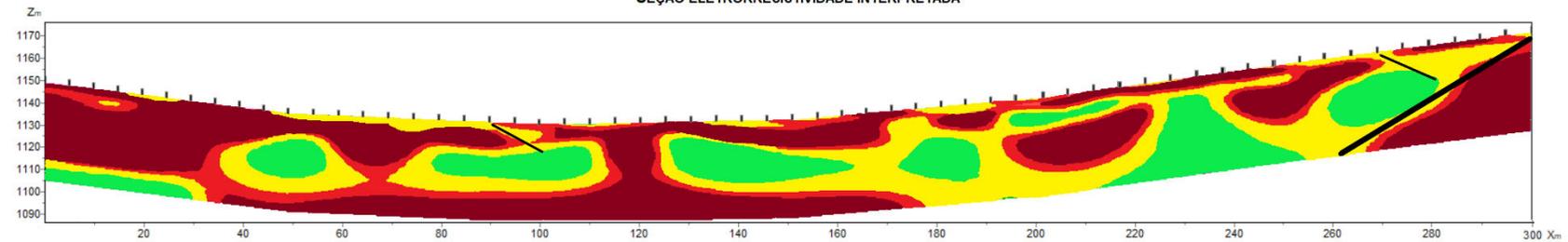
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

493174/7174653



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

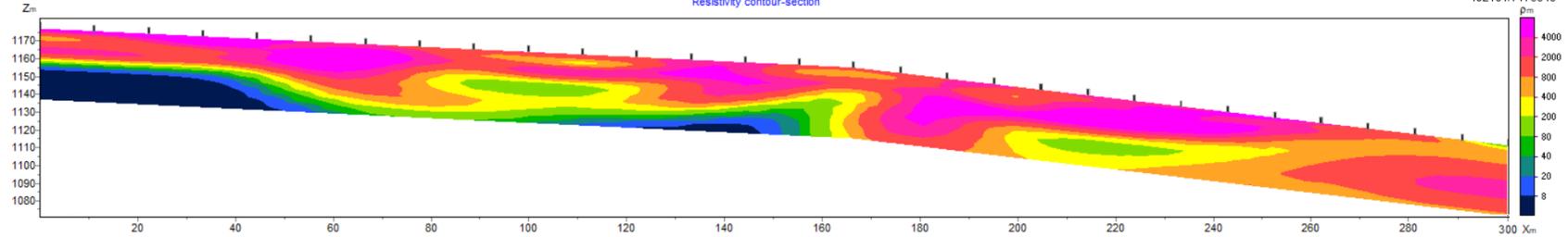
ÁREA 07 - L10 Emboque

492096/7173346

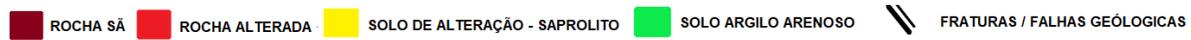
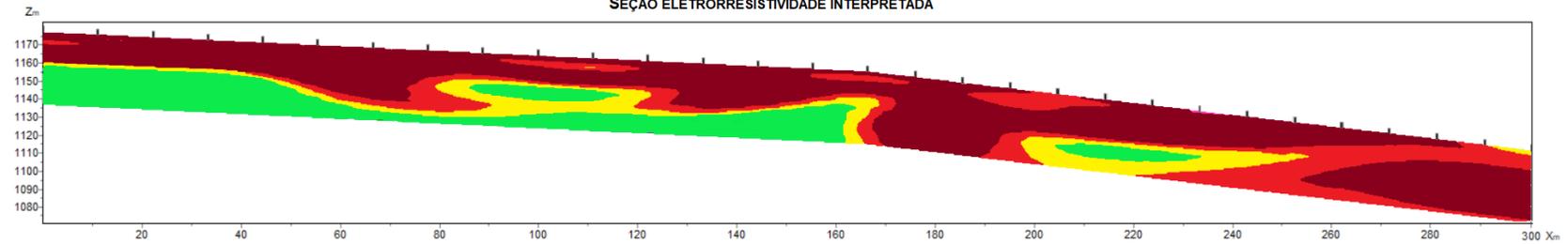
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

492101/7173646

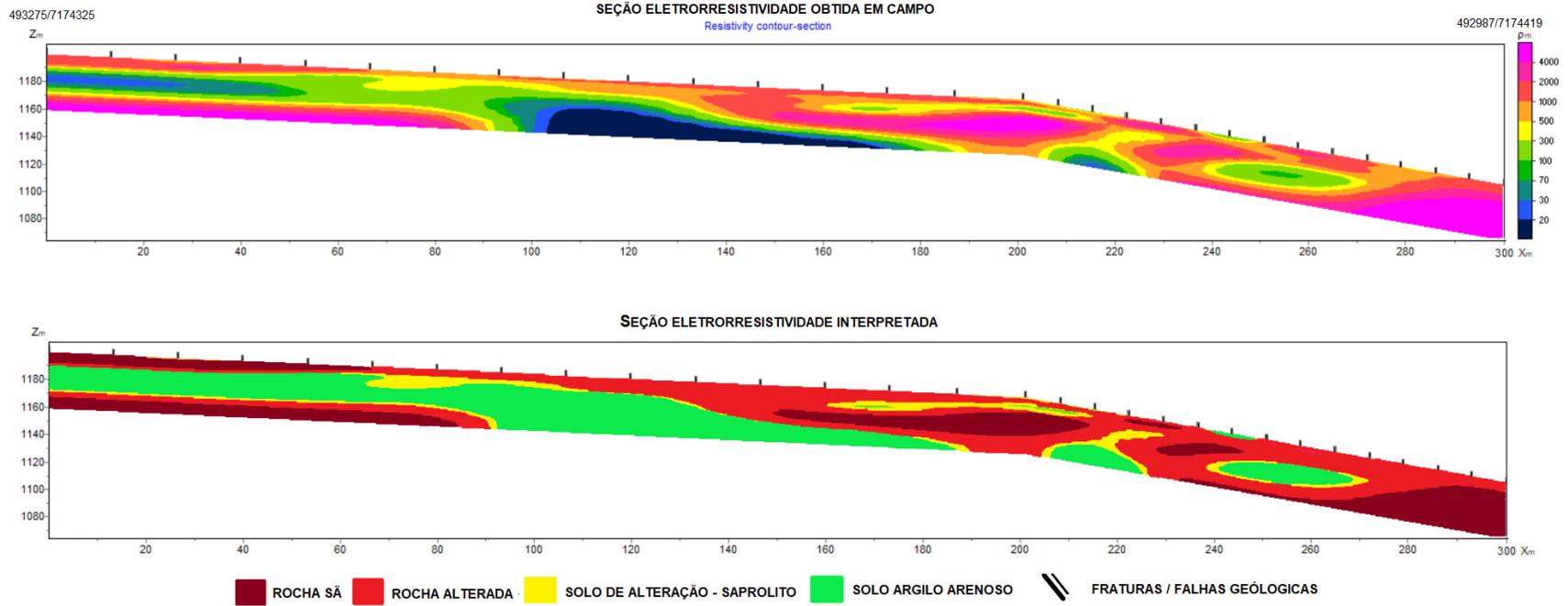


SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 09 - L11 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

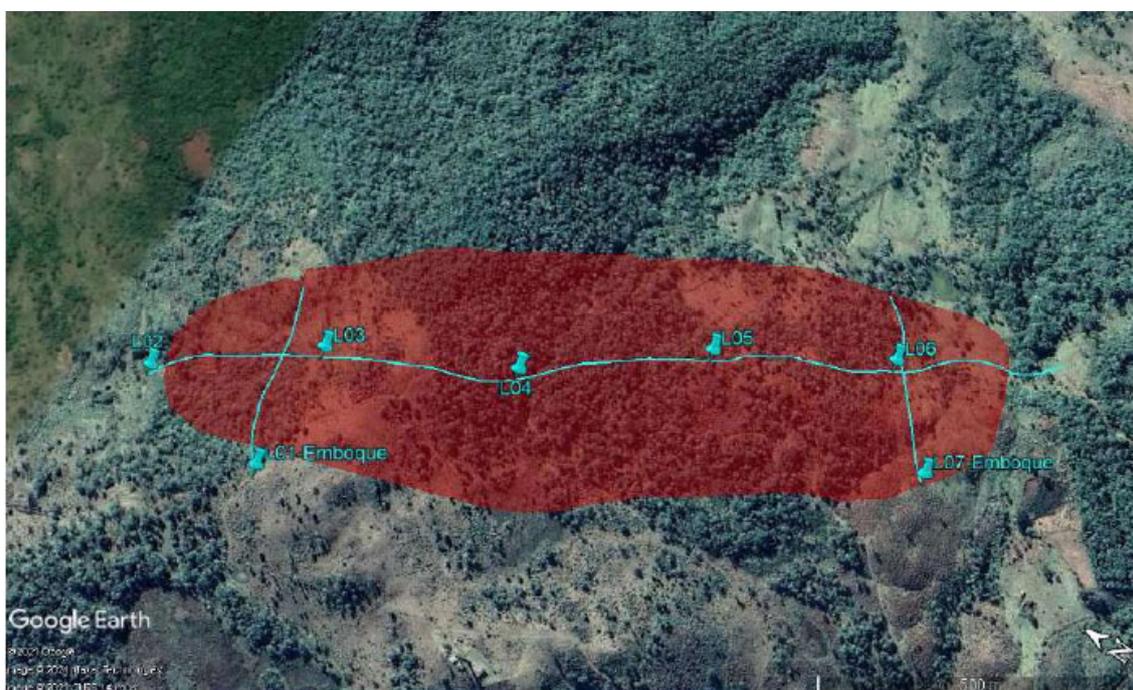
A geologia da Área 7 é composta por rochas vulcânicas (basaltos) e intercalações de rochas sedimentares (arenitos), em uma área de contato entre rochas cristalinas vulcânicas e formações sedimentares. As seções geofísicas L01, L02, L05, L06 e L09 apresentam intercalações de sedimentos argilo arenosos e solos de alteração (saprólitos) ao longo do maciço rochoso, e com ocorrências de zonas de fraturas sub-horizontais a verticais ao longo das seções.

Descontinuidade dos maciços rochosos foi interpretada na seção L03 e inserções clásticas arenosas nas seções L04, L08, L10-Emboque e L11-Emboque. Na seção L07 ocorre intenso fraturamento ao longo do maciço rochoso.

- Área 8

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a Área 8.

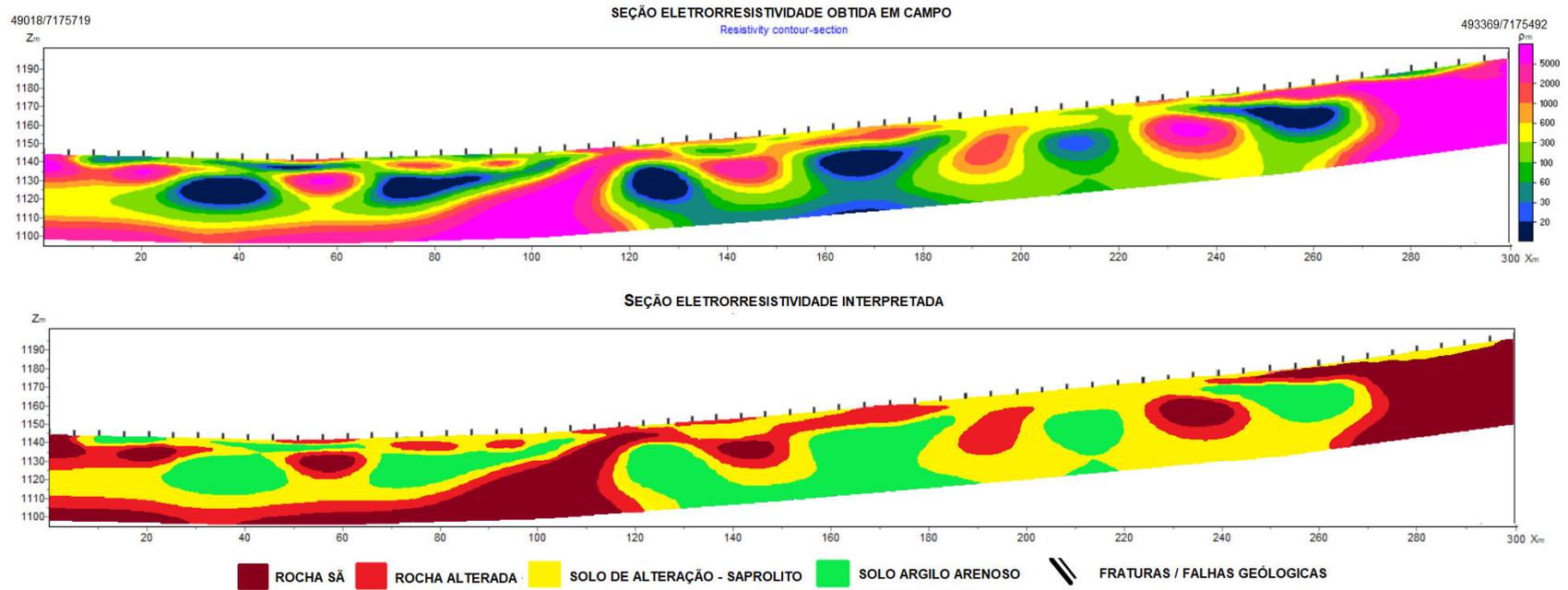
**Figura 5-19: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 8**



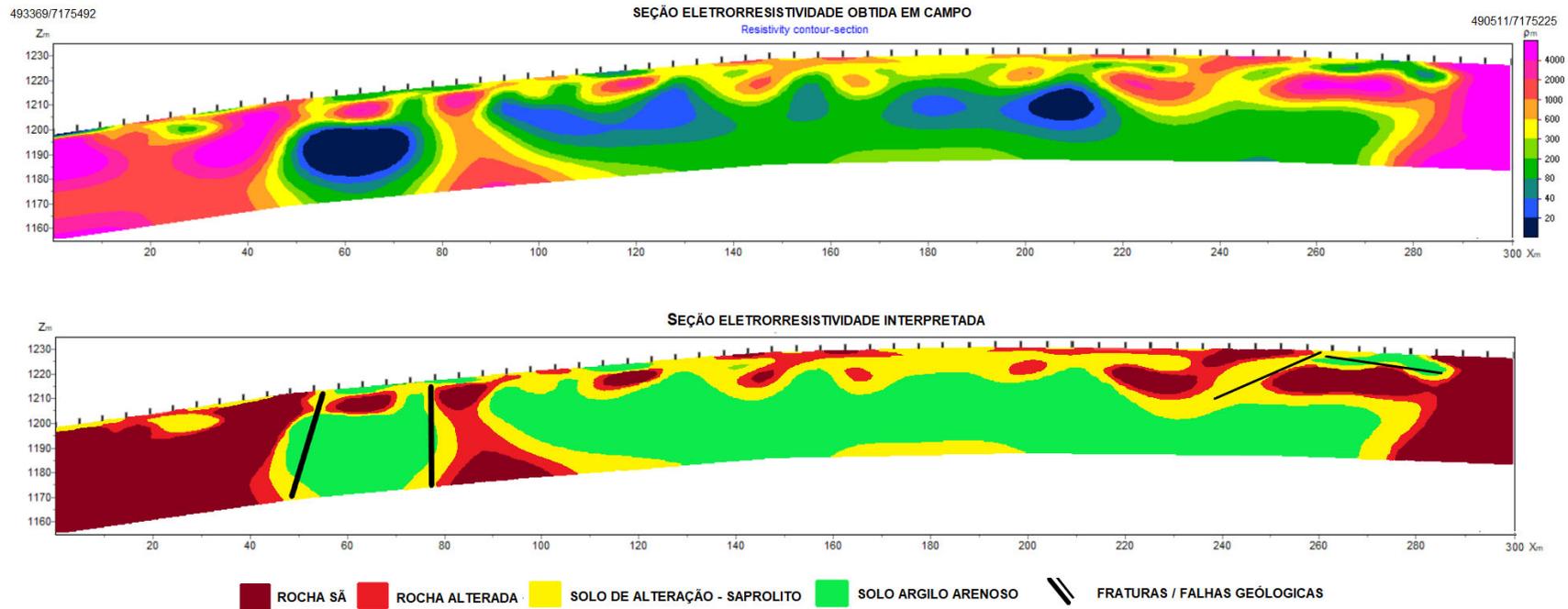
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

Figura 5-20: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 8

ÁREA 08 - L02

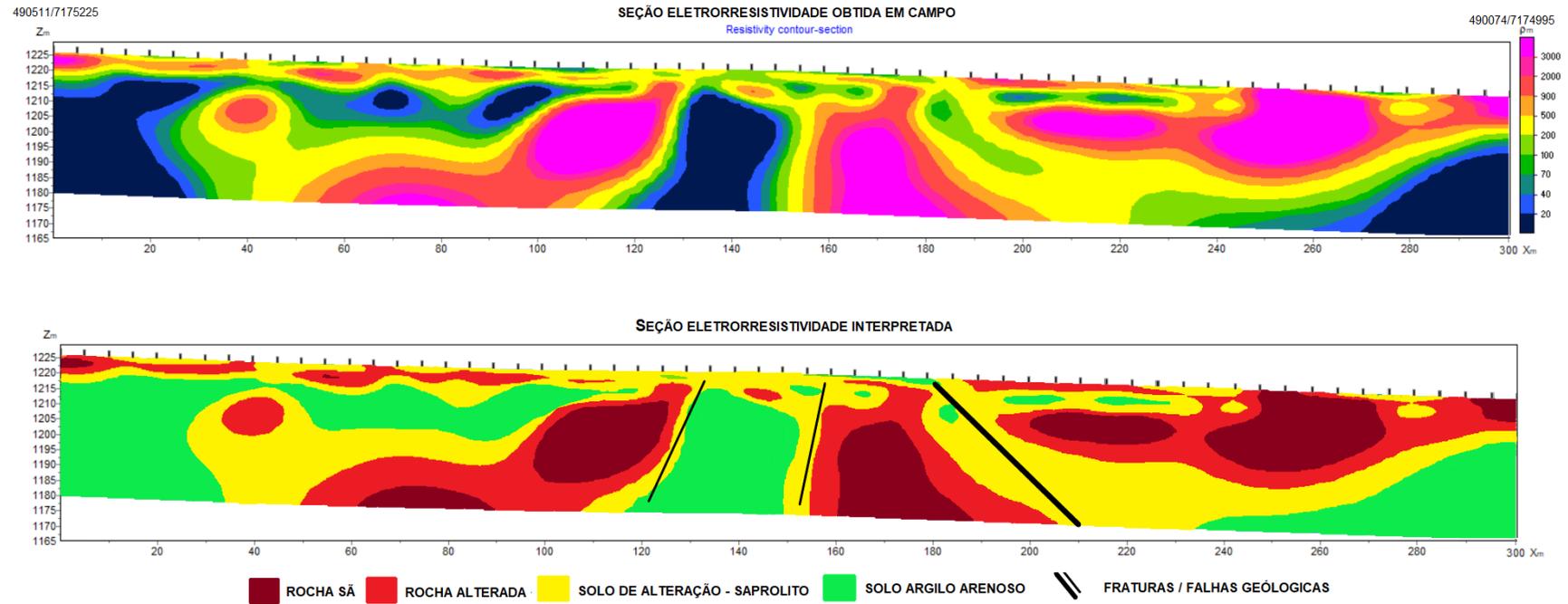


Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).



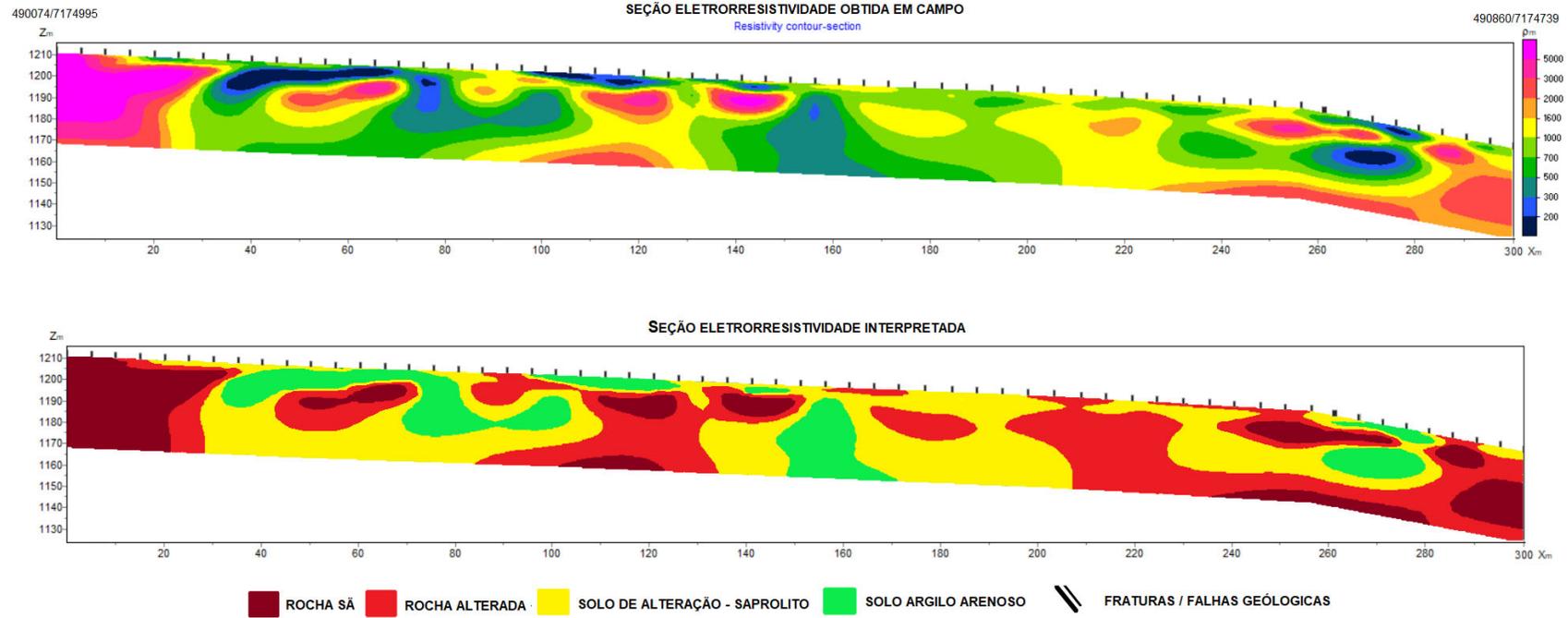
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 08 - L04



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 08 - L06



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

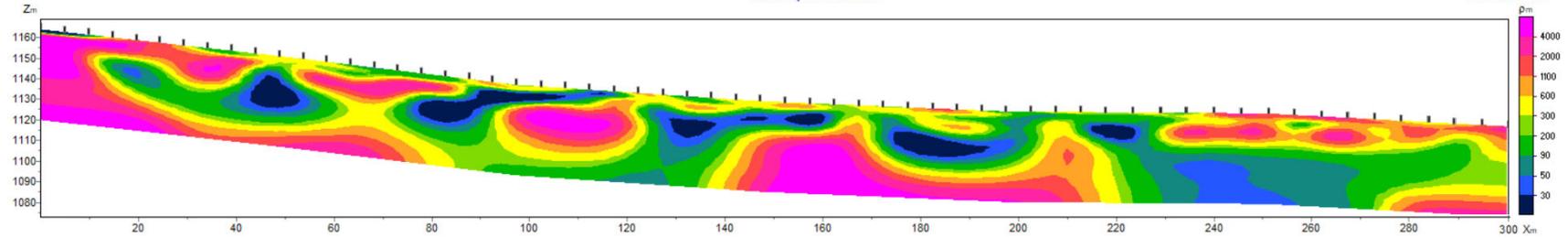
ÁREA 08 - L06

490860/7174739

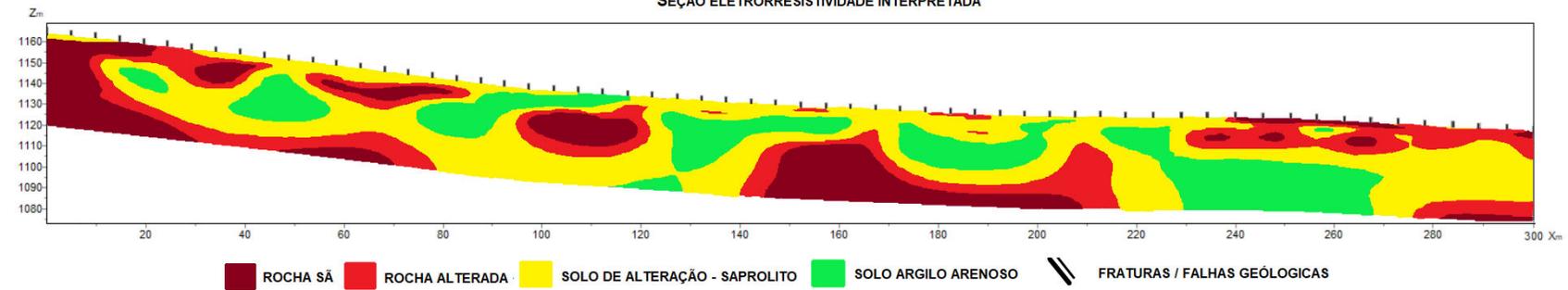
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

491034/7174500

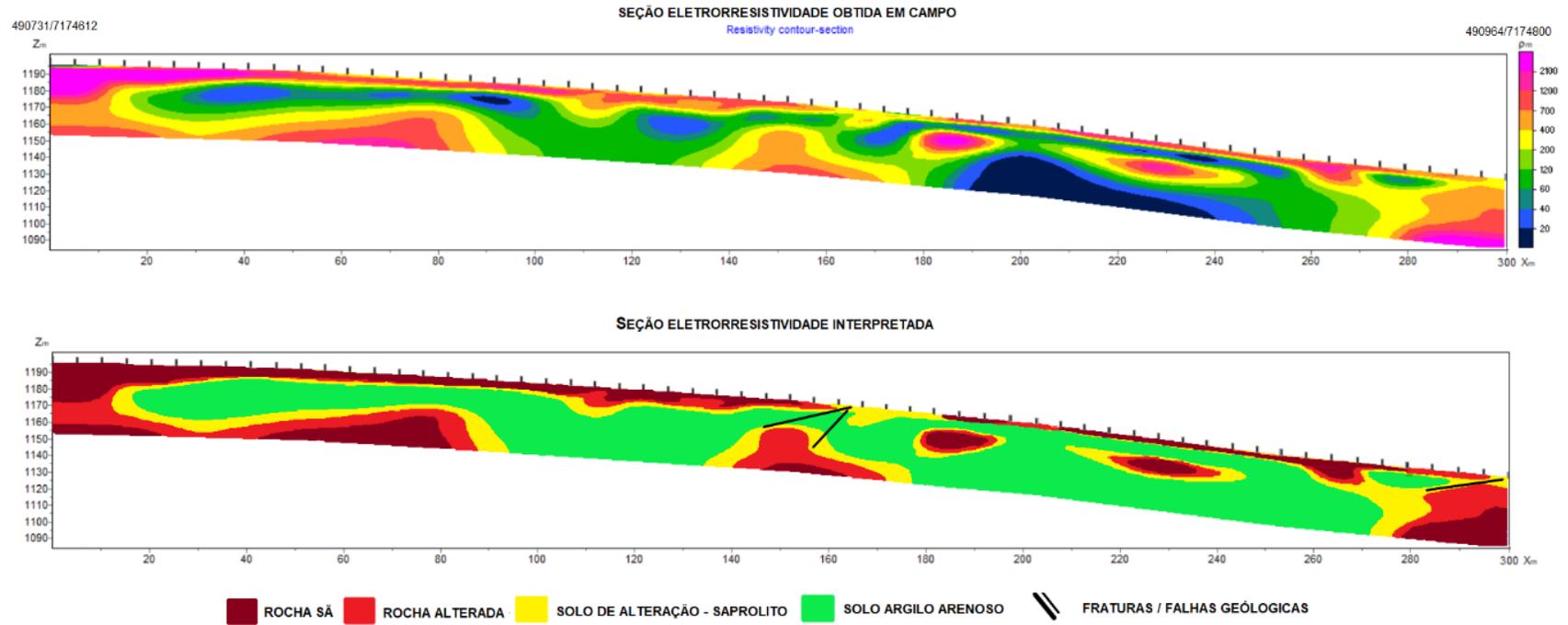


SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



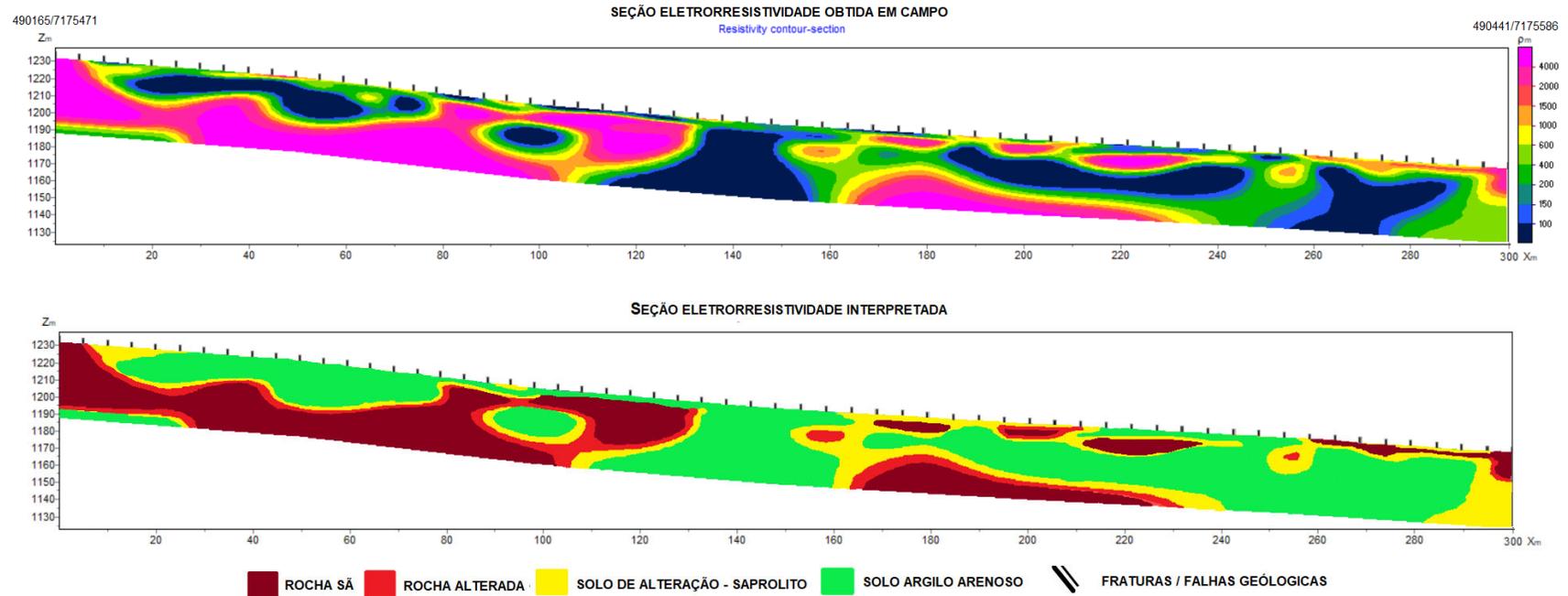
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 08 - L07 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 08 - L01 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

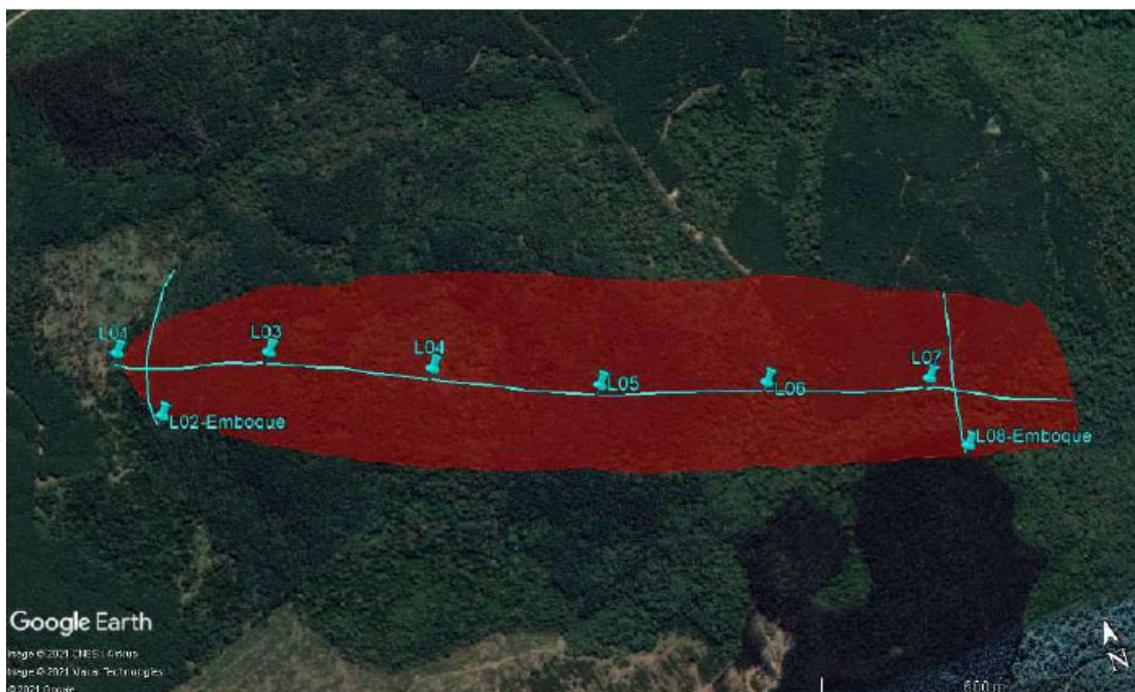
A Área 8 está inserida em uma região de contato entre formações de rochas vulcânicas (basaltos, andesitos e riolitos), e formações sedimentares (arenitos e siltitos). As seções geofísicas L01, L02, L05 e L06 apresentam intercalações e descontinuidades dos maciços rochosos vulcânicos com as rochas sedimentares (possível correlação com solos de alteração), e zonas de maior alteração das rochas vulcânicas, estas representadas pelos solos argilo arenosos. Os fraturamentos verticais e sub-horizontais possíveis de interpretação foram identificados nas seções L03, L04 e L07.

Em observações de campo, as formações rochosas apresentam forma estrutural tabular, e com intenso faturamento ao longo dos maciços rochosos expostos. Recomenda-se cautela no desmonte em regiões identificadas com rocha sã e alterada, que podem apresentar padrão de comportamento estrutural das formações rochosas.

- Área 9

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a Área 9.

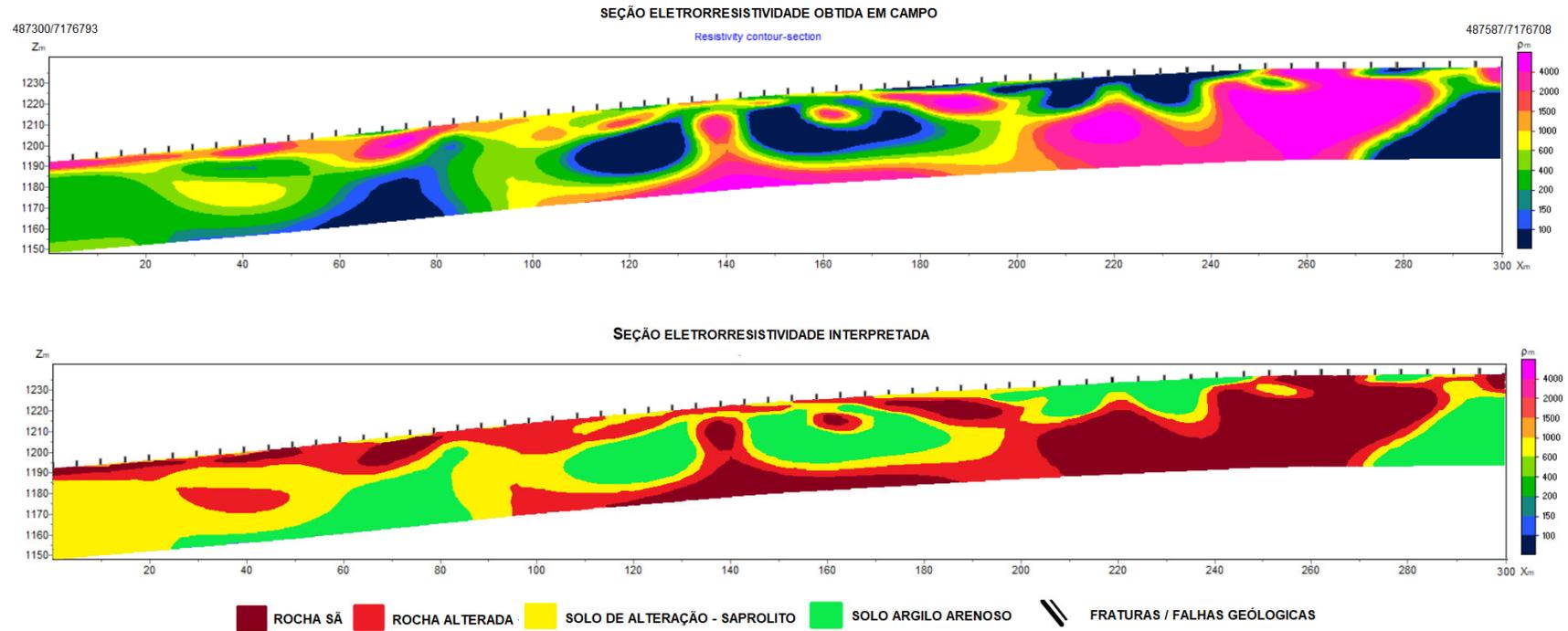
**Figura 5-21: Localização das Seções de Eletrorresistividade Executadas na Área 9**



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

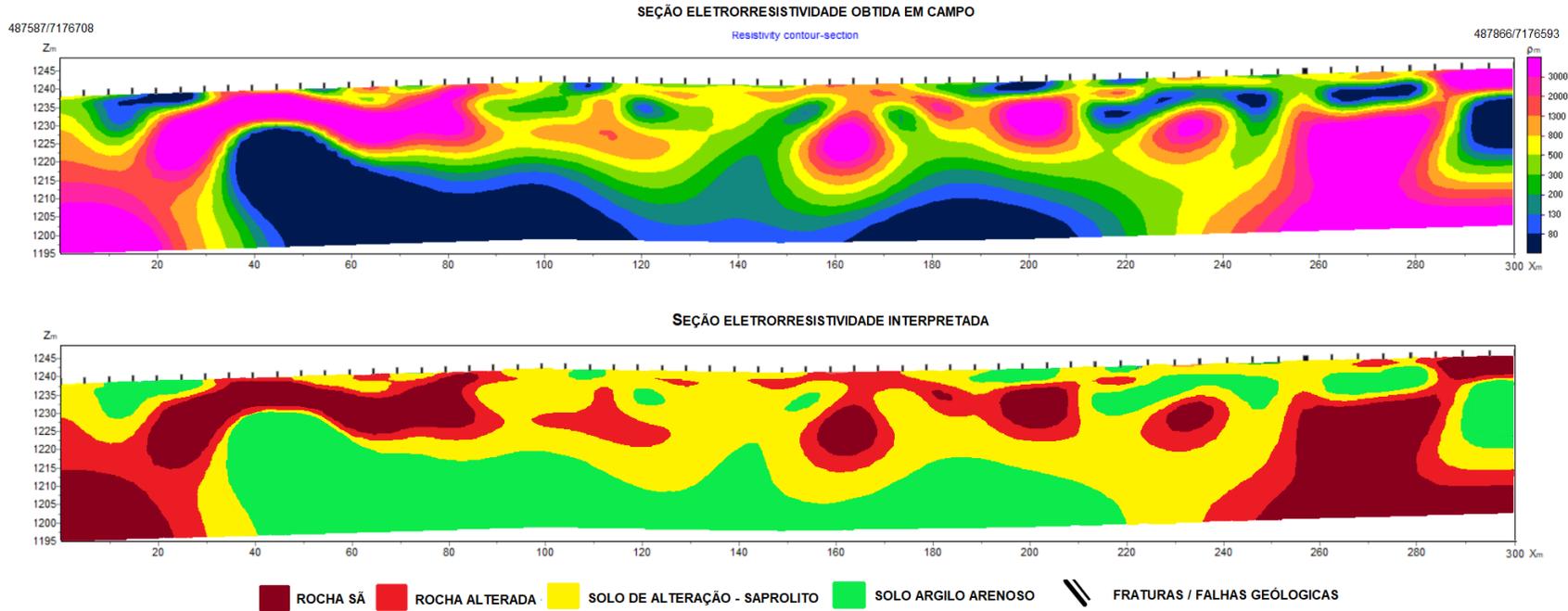
Figura 5-22: Seções de Caminhamento Elétrico e Modelos Geolétricos – Área 9

ÁREA 09 - L01



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 09 - L03



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

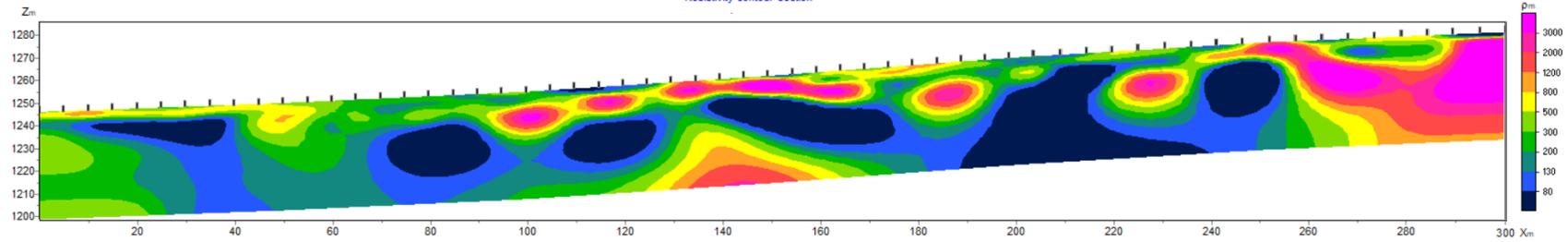
ÁREA 09 - L04

487866/7176593

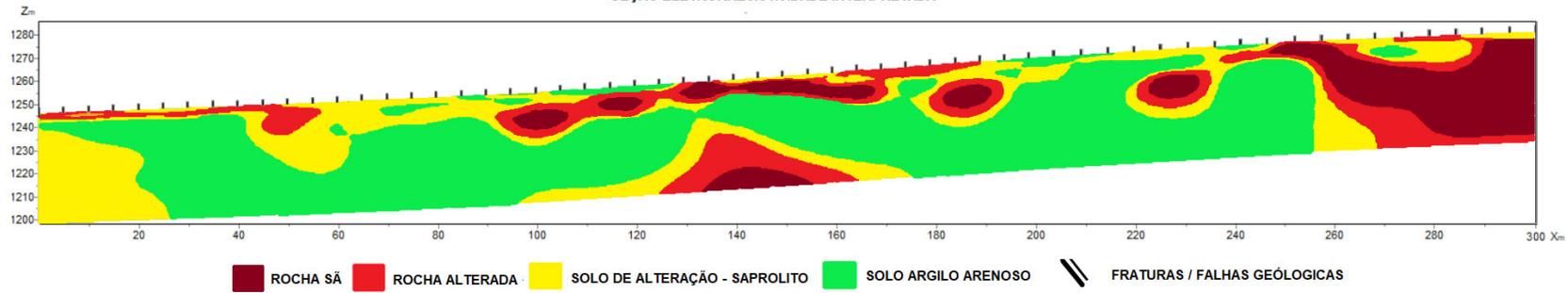
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

488148/7176477



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

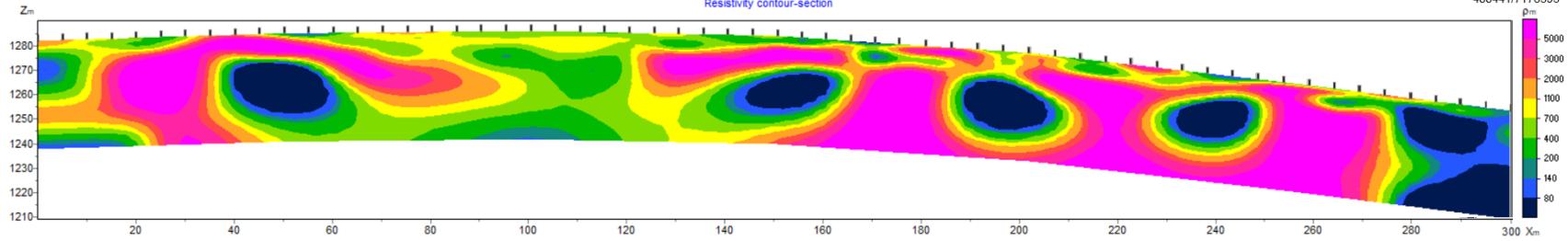
ÁREA 09 - L05

488148/176477

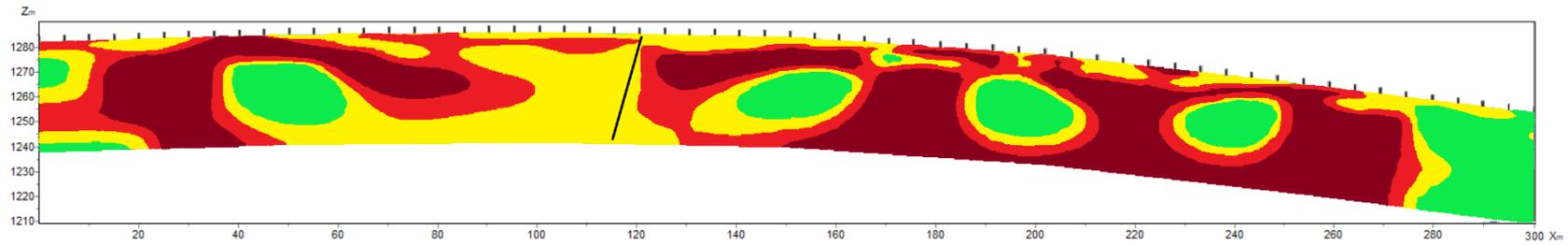
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

488441/176393



SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÁ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

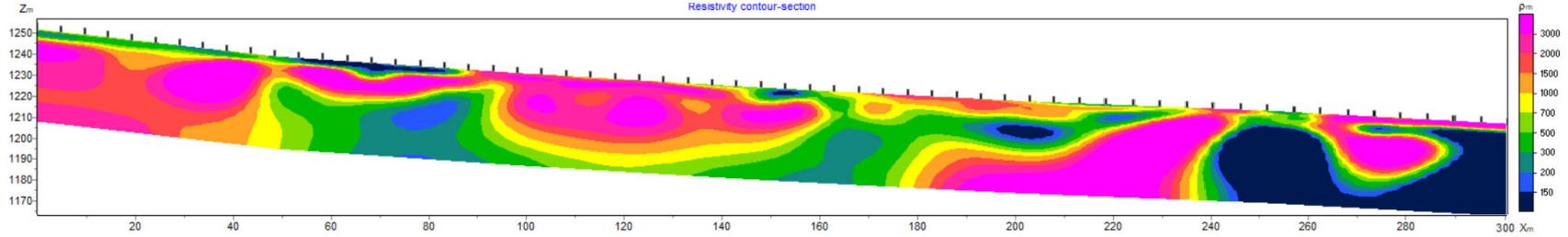
ÁREA 09 - L06

488441/7176393

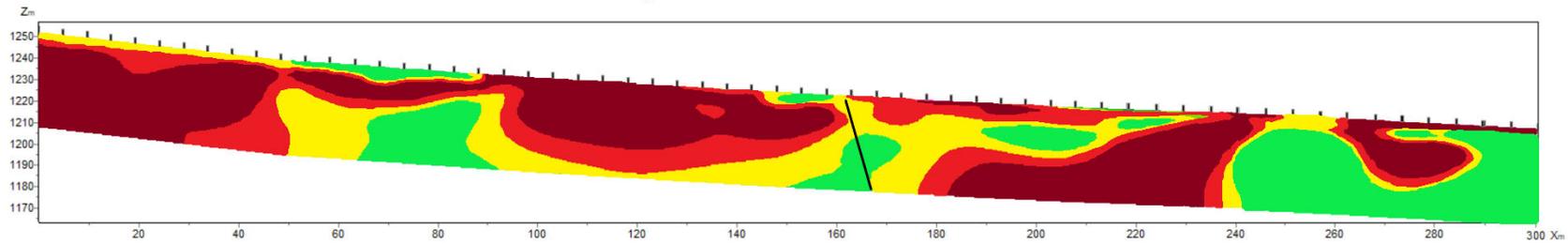
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE OBTIDA EM CAMPO

Resistivity contour-section

488740/7176309



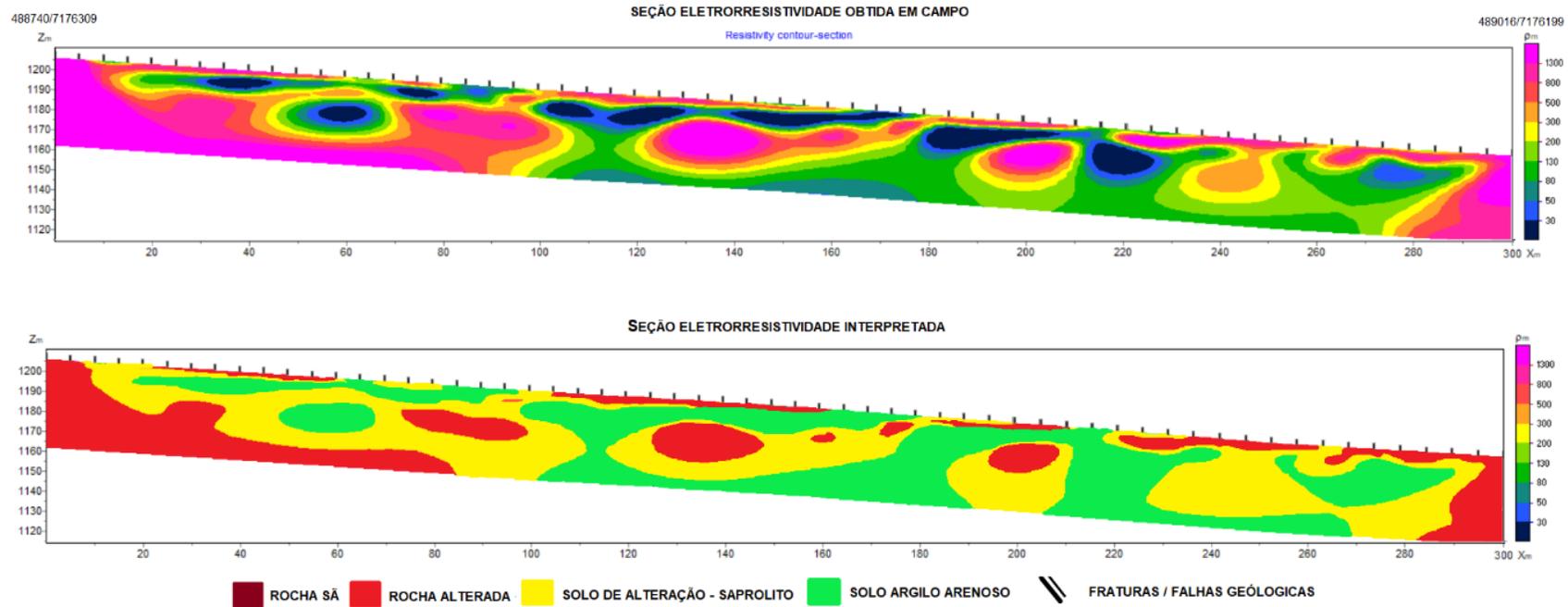
SEÇÃO ELETRORRESISTIVIDADE INTERPRETADA



ROCHA SÃ
  ROCHA ALTERADA
  SOLO DE ALTERAÇÃO - SAPROLITO
  SOLO ARGILO ARENOSO
  FRATURAS / FALHAS GEOLÓGICAS

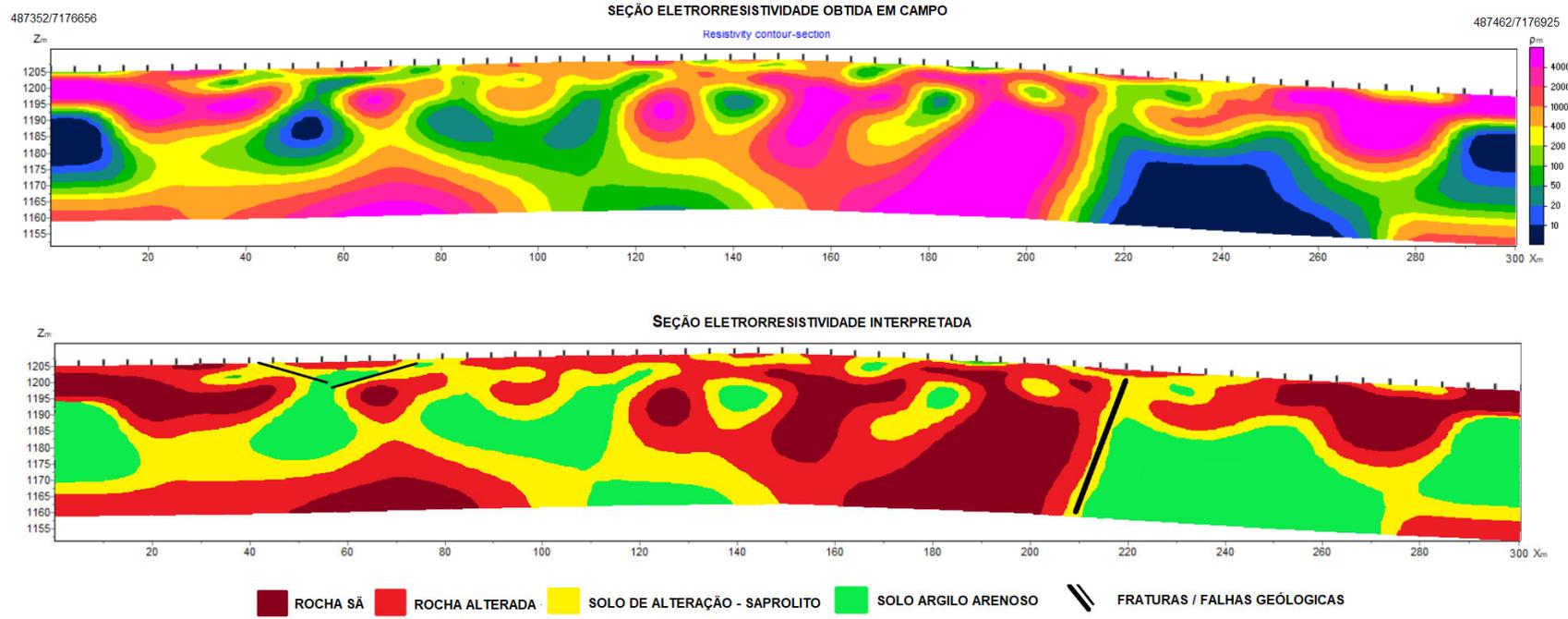
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 09 - L07



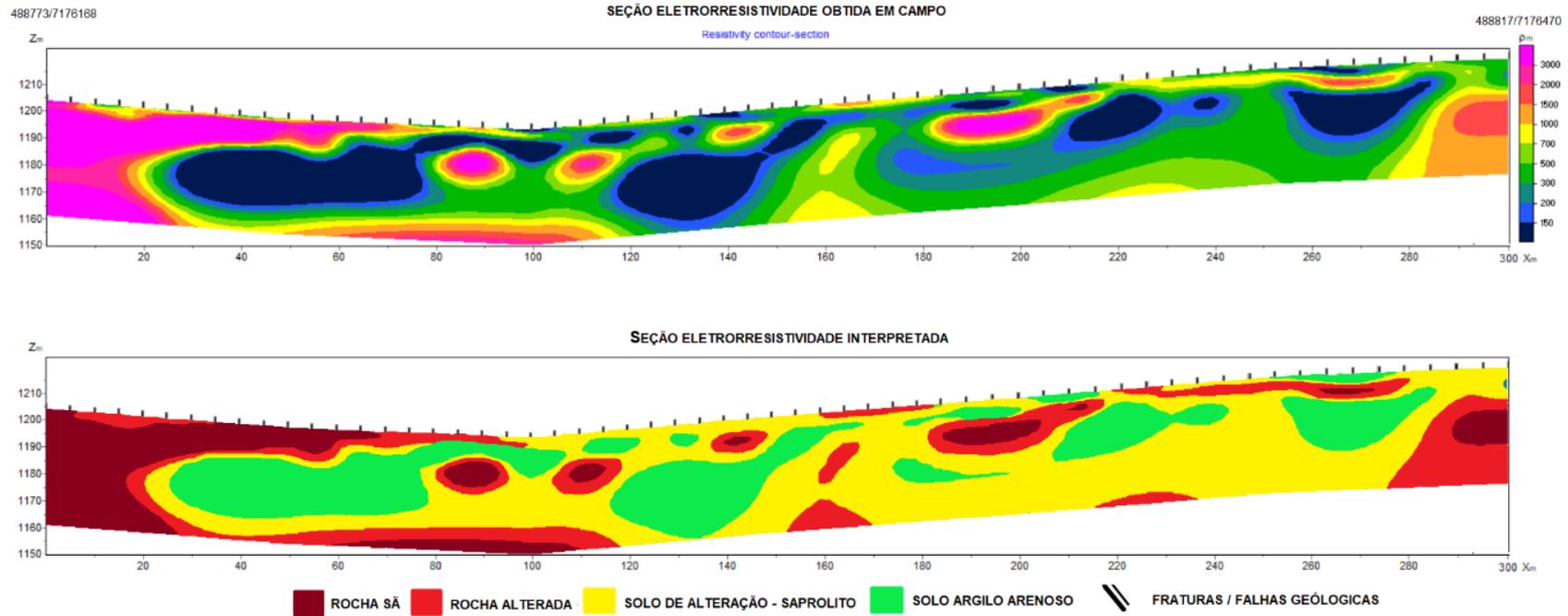
Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 09 - L02 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

ÁREA 09 - L08 Emboque



Fonte: Consórcio TPF-Sener (2021).

A geologia local da Área 9 está inserida em formações rochosas vulcânicas, com ocorrência de basaltos e andesitos com estrutura maciça. Nas seções geofísicas obtidas e interpretadas L01, L02 e L03 apresentam-se inserções de zonas de alteração no maciço rochoso, sendo estas zonas de alteração correlacionadas a formações de solos argilo arenosos e solos de alteração saprolíticos. Nas seções L04, L07 e L08 ocorrem maior descontinuidade dos maciços rochosos e maior faturamento nas seções L04, L05 e L06.

Ressalta-se que a interpretação aqui apresentada, e que se refere ao atual conhecimento do local e baseada em um método indireto de avaliação de subsuperfície, pode ser modificada caso se obtenham novos dados a partir de sondagens ou outras investigações que venham a ser realizadas na área de interesse e até mesmo de novo levantamento geofísico de detalhamento neste local, para melhor avaliação e definição do substrato geológico dos perfis realizados.

Desta forma, recomenda-se cautela em eventuais atividades de escavação nos locais indicados das seções geofísicas, para que se evitem danos materiais, bem como aos trabalhadores envolvidos, devido a análise e interpretação realizada através de um método indireto.

#### **5.1.4.3 Produção de Sedimentos no Trecho V**

A produção de sedimentos é resultado da interação entre a disponibilidade de material fragmentário, e a capacidade de erosão e transporte a partir de fluxos hídricos ou processos gravitacionais. Escoamentos velozes e turbulentos têm maior potencial de carrear sedimentos finos e grossos, cujo transporte das partículas sólidas torna-se mais seletivo proporcionalmente à diminuição da velocidade do escoamento. Em ambientes litorâneos, a temática da produção de sedimentos ganha notória importância, visto que o assoreamento de rios, baías ou canais de navegação e as obras de dragagem estão diretamente associados às dinâmicas do processo de erosão, transporte e deposição nas bacias hidrográficas.

Dentre os fatores que condicionam a produção de sedimentos, há um complexo de interações. Destacam-se, no ambiente serrano, a dinâmica climática e hidrológica, as características geomorfológicas (em interação com a geologia e pedologia) e as variações

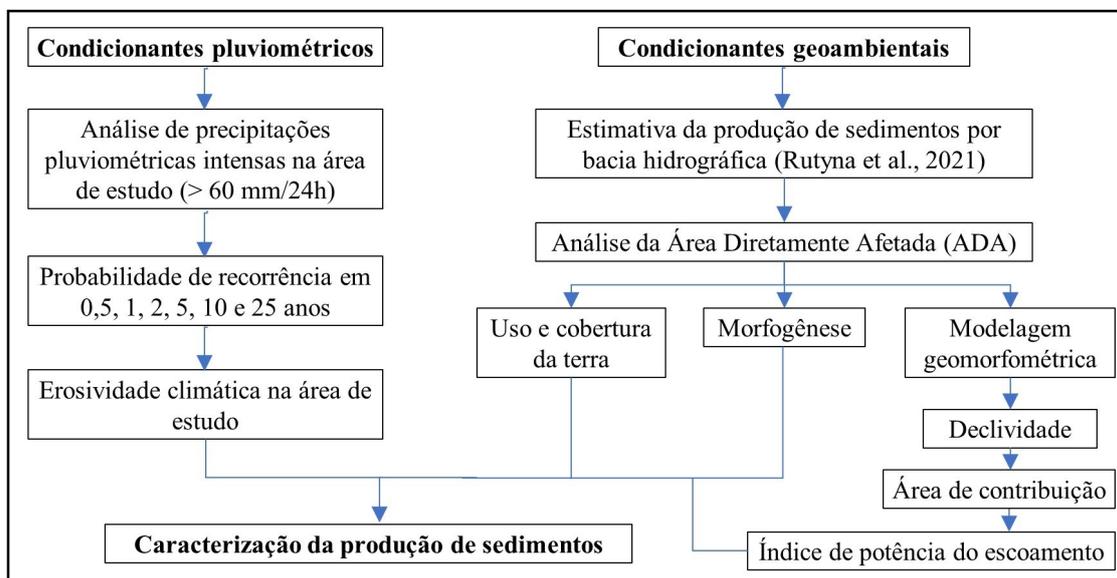
de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas. No estado do Paraná, a amplitude altimétrica que supera 1800 metros entre a Serra do Mar e a Planície Litorânea, e a precipitação pluviométrica média anual superior a 2000 mm (VANHONI & MENDONÇA, 2008), dispõem extensas áreas fontes de sedimentos e também de aporte sedimentar. O assoreamento das baías de Paranaguá e Antonina (PAULA, 2010), assim, emerge como problemática central às análises de impactos.

Salienta-se que há uma estreita interface entre a produção de sedimentos e os eventos pluviométricos intensos que deflagram processos de movimentos de massa e de remobilização de depósitos colúvio-aluvionares. Além dos fatores espaciais, sejam eles comportamentos médios ou critérios determinísticos, os eventos extremos (variabilidade temporal) devem ser enfatizados nas análises sobre produção de sedimentos. Em março de 2011, a porção leste do Trecho V foi atingida por um conjunto de escorregamentos cujo material desprendido foi transportado pelos vales na forma de corridas de detritos (SILVEIRA et al., 2013b; 2014). Cita-se, como exemplo, que o rio Jacaré foi assoreado integralmente nos trechos montante e médio da planície, com um pacote sedimentar de 50 centímetros de material pobremente selecionado em decorrência do aporte desse único evento (PAZ & PAULA, 2021).

#### **5.1.4.3.1 Metodologia**

A caracterização da produção de sedimentos foi realizada a partir de duas etapas principais, detalhadas no fluxograma metodológico da Figura 5-23. Objetivou-se contemplar aspectos têmporo-espaciais vinculados aos fatores preponderantes, que condicionam a dinâmica sedimentológica na área de estudo.

**Figura 5-23: Fluxograma Metodológico Simplificado**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

#### 5.1.4.3.1.1 Condicionantes Pluviométricos

Considerando a importância das chuvas para a produção de sedimentos na área de estudo, as primeiras análises enfatizaram a variabilidade temporal e espacial de eventos pluviométricos intensos (superiores a 60 mm/24h) que têm maior potencial para a deflagração de processos que incrementam a erosão e o transporte de sedimentos.

Foram utilizados os dados de quatro estações pluviométricas, conforme características descritas na Tabela 5-41. A escolha das estações objetivou abranger os distintos compartimentos geomorfológicos da área de estudo, contemplando áreas próximas aos divisores da Serra do Mar (estação 2548041), às Rampas de Pré-Serra (estações 2548038 e 2548049) e à Planície Litorânea (estação 83844).

**Tabela 5-41: Estações Pluviométricas Utilizadas para os Cálculos de Período de Retorno e Probabilidade de Recorrência Pluviométrica**

| Estações pluviométricas |                     |           |           |          |                            |
|-------------------------|---------------------|-----------|-----------|----------|----------------------------|
| Código                  | Nome                | Município | Registros | Operador | Fonte                      |
| 2548041                 | Mananciais da Serra | Piraquara | 1916-2019 | IAT-PR   | Agência Nacional das Águas |
| 2548038                 | Morretes            | Morretes  | 1966-2015 | IAPAR    |                            |
| 2548049                 | Colônia Santa Cruz  | Paranaguá | 1974-2019 | IAT-PR   |                            |
| 83844                   | Paranaguá           | Paranaguá | 1925-2021 | IAT-PR   | INMET                      |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

O cálculo de frequência ( $F$ ), tempo de retorno ( $Tr$ ) e probabilidade de recorrência (distribuição binomial) das chuvas ( $Pr$ ), a partir das séries históricas, seguiu a proposta apresentada por Collischonn e Dornelles (2013). A frequência, com valores de zero a um, foi calculada pelo método de Weibull (ou Kimball) conforme Equação 8. O tempo de retorno (Equação 9) é o inverso da frequência e define o intervalo médio de tempo, em anos, que decorre entre duas ocorrências subsequentes de chuvas iguais ou superiores aos valores pluviométricos considerados. A probabilidade de recorrência (Equação 10), por sua vez, mensura a possibilidade de ocorrer pelo menos uma chuva com o volume considerado ao longo de determinado período de tempo. Para essa última análise, foram calculadas as probabilidades para recorrência em 0,5, 1, 2, 5, 10 e 25 anos.

$$F (\text{frequência}) = \frac{m}{n + 1} \quad \text{Equação 8}$$

$$Tr (\text{tempo de retorno}) = \left( \frac{n + 1}{m} \right) / 365 \quad \text{Equação 9}$$

$$Pr (\text{probabilidade de recorrência}) = (1 - (1 - F)^{(t \cdot 365)}) * 100 \quad \text{Equação 10}$$

Onde  $m$  é a ordem do registro pluviométrico,  $n$  é o número de dias com registros na série histórica e  $t$  é o número de anos a ser calculada a probabilidade de recorrência.

A erosividade climática foi calculada a partir de uma metodologia utilizada no programa Corine (1992) da União Europeia, para avaliar os riscos de erosão de solos. O índice resulta da combinação entre o índice de Fournier-Arnoldus, que mensura a agressividade climática (Equação 11), e o índice ombrotérmico de Bagnouls-Gausson, calculado a partir do balanço de umidade mensal (Equação 12). Para os processamentos foram utilizados os dados climáticos do acervo WorldClim (FICK & HIJMANS, 2017), que consistem

num conjunto de dados matriciais de precipitação e temperatura com resolução espacial de um quilômetro.

$$\text{Índice de FournierArnoldus} = \sum (p^2_i / P) \quad \text{Equação 11}$$

Onde  $\sum$  é o somatório dos meses (janeiro a dezembro),  $p_i$  é a precipitação total do mês  $i$  (em milímetros) e  $P$  é a média anual da precipitação total (em milímetros).

$$\text{Índice de BagnoulsGaussen} = \sum (2t_i - p_i) \cdot k_i \quad \text{Equação 12}$$

Onde  $t_i$  é a temperatura média do mês  $i$  (em °C),  $p_i$  é a precipitação total do mês  $i$  (em milímetros) e  $k_i$  é a proporção do mês  $i$  em que  $2t_i - p_i > 0$ .

#### 5.1.4.3.1.2 Condicionantes Geoambientais

A segunda etapa metodológica do estudo, enfatizou as estimativas da produção de sedimentos a partir de fatores geoambientais. Utilizou-se como referência quantitativa o estudo publicado por Rutyna et al. (2021), que mensurou a produção anual e as taxas de sedimentação em 43 unidades hidrográficas que compõem o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Os critérios adotados pelos autores incluíram “o grau de coesão das unidades geológicas, textura e profundidade das unidades pedológicas, índices morfométricos (declividade e forma das vertentes), pluviosidade e cobertura vegetal e uso da terra para o ano de 2017” (RUTYNA et al., 2021, p. 680). Foram adotadas as mesmas bacias hidrográficas para as análises e quantificações.

Para a análise da ADA do empreendimento, inicialmente foi realizada uma comparação do uso e cobertura da terra atual, com um cenário superestimado de supressão integral da vegetação em estágio médio ou avançado. Estimou-se, em função da área, qual poderia ser o incremento máximo de produção de sedimentos, após a implantação da Nova Ferroeste no Trecho V.

A ADA também foi analisada a partir de um mapeamento morfogenético, publicado por Silveira (2019) e Silveira e Silveira (2019). As classes de morfogênese são importantes

para a compreensão da dinâmica sedimentar a partir das formas de erosão ou denudação e ao predomínio de processos atuantes que estão associados à produção de sedimentos.

A morfogênese denudacional contempla os processos de vertente e, no contexto da Serra do Mar, os setores degradacionais têm maior suscetibilidade a processos gravitacionais (como os deslizamentos), e os setores agradacionais contemplam os depósitos coluvionares. A morfogênese fluvial está associada às características dos vales e ação dos rios, dividindo-se em degradacionais (vales encaixados e alta declividade, com predomínio erosivo) e agradacionais (quando há perda de energia, a partir de rupturas de declive, e há predomínio de deposição do material aluvionar). A morfogênese fluviomarina, por sua vez, abrange a Planície Litorânea, formada nos últimos ciclos transgressivo/regressivos do Quaternário. As áreas agradacionais correspondem, principalmente, às planícies de inundação confinadas, aos depósitos sedimentares circundantes à região serrana e às depressões intercordões, que constituem áreas alagadas em depressões rasas, estreitas e alongadas (ANGULO, 2004).

A modelagem geomorfométrica, por fim, objetivou analisar a energia do relevo e o potencial do fluxo hídrico nas bacias hidrográficas, como fatores de produção de sedimentos. O Modelo Digital do Terreno (MDT) foi interpolado a partir de dados vetoriais (pontos cotados, curvas de nível e hidrografia) de uma base cartográfica na escala 1:25.000 do Programa Pró-Atlântica, para toda a bacia litorânea, com a aplicação do algoritmo *Topo to Raster* (ArcGIS) e opção *enforcement* habilitada para salientar as feições hídricas. A resolução da célula MDT foi definida em 10x10 metros.

A partir do MDT foram calculados, no ArcGIS, três atributos geomorfométricos:

- i) Declividade, que mensura a inclinação das vertentes (em porcentagem e em graus), empregando-se as variáveis direcionais de Horn (1981);
- ii) Área de contribuição, que representa a conectividade da rede de drenagem. Esse atributo computa o fluxo acumulado de células (multiplicado pela área), a montante, com base nas direções resultantes das diferenças de elevação. Para esse atributo, foi utilizado o método D-Infinito, de Tarboton (1997), que busca distribuir proporcionalmente o fluxo numa janela 3x3 células;

iii) Índice de potência do escoamento (IPE), utilizado para mensurar a erosão potencial do fluxo, cujo cálculo deriva da multiplicação entre a área de contribuição ( $A_c$ ) e a tangente da declividade ( $\tan\beta$ ), conforme Equação 3 já apresentada anteriormente.

A partir desse conjunto de informações foi realizada a caracterização da produção de sedimentos na área de estudo, evidenciando as áreas de maior potencial na ADA em relação às estimativas (toneladas/ano) para as bacias hidrográficas.

#### **5.1.4.3.2 Caracterização da Produção de Sedimentos**

Apresenta-se, a seguir, os resultados da análise de produção de sedimentos no Trecho V.

##### **5.1.4.3.2.1 Probabilidade de Recorrência Pluviométrica e Erosividade Climática**

Os resultados dos cálculos de probabilidade de recorrência pluviométrica, tempo de retorno e erosividade climática evidenciaram que a frequência de chuvas intensas e extremas aumenta gradativamente de oeste (divisores da Serra do Mar) para leste (Planície Litorânea) no Trecho V que compreende a área de estudo. Destaca-se que a análise sobre a variabilidade temporal de chuvas intensas é tão importante quando a média pluviométrica, uma vez que resultem em maiores volumes de sedimentos erodidos, transportados e depositados. A Tabela 5-42 apresenta os valores resultantes em quatro estações pluviométricas, distribuídas em setores representativos da área de estudo.

A recorrência de chuvas intensas pode deflagrar um número maior de movimentos de massa, como deslizamentos e corridas de detritos, ou remobilizar depósitos alúvio-coluvionares e outros depósitos sedimentares. Eventos como esses, episódicos, são responsáveis pelo aporte sedimentar em grande quantidade num curto período de tempo. Muitas estimativas de produção de sedimentos normalmente não consideram essa variável, pois são embasadas em modelos estáticos e comportamentos médios das variáveis climáticas.

**Tabela 5-42: Resultados dos Cálculos de Probabilidade de Recorrência e Tempo de Retorno de Precipitações Pluviométricas Intensas e Extremas**

| Precipitação Pluviométrica | Probabilidade de Recorrência (Pr) e Tempo de Retorno (Tr) |                             |           |                            |           |                             |           |                           |           |
|----------------------------|---|-----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
|                            | Período da Pr (em anos)                                   | Estação 2548041 (Piraquara) |           | Estação 2548038 (Morretes) |           | Estação 2548049 (Paranaguá) |           | Estação 83844 (Paranaguá) |           |
|                            |   | Pr (%)                      | Tr (anos) | Pr (%)                     | Tr (anos) | Pr (%)                      | Tr (anos) | Pr (%)                    | Tr (anos) |
| 200 mm/24h                 | P0,5  | 0,49                        | 102,44    | 2,02                       | 24,47     | 3,12                        | 17,01     | 2,96                      | 16,67     |
|                            | P1  | 0,97                        |           | 4,00                       |           | 5,86                        |           | 5,82                      |           |
|                            | P2  | 1,93                        |           | 7,85                       |           | 11,91                       |           | 11,31                     |           |
|                            | P5  | 4,76                        |           | 18,48                      |           | 26,89                       |           | 25,92                     |           |
|                            | P10   | 9,30                        |           | 33,55                      |           | 46,22                       |           | 45,12                     |           |
|                            | P25   | 21,66                       |           | 64,00                      |           | 79,53                       |           | 77,68                     |           |
| 180 mm/24h                 | P0,5  | 1,93                        | 25,61     | 2,21                       | 18,79     | 3,47                        | 14,18     | 4,11                      | 11,91     |
|                            | P1  | 3,83                        |           | 4,52                       |           | 6,81                        |           | 8,06                      |           |
|                            | P2  | 7,51                        |           | 10,05                      |           | 13,16                       |           | 15,46                     |           |
|                            | P5  | 17,74                       |           | 23,75                      |           | 29,72                       |           | 34,29                     |           |
|                            | P10   | 32,33                       |           | 41,77                      |           | 50,61                       |           | 56,83                     |           |
|                            | P25   | 62,33                       |           | 73,69                      |           | 82,85                       |           | 87,75                     |           |
| 160 mm/24h                 | P0,5  | 2,89                        | 17,07     | 3,02                       | 16,31     | 11,09                       | 4,25      | 6,39                      | 7,58      |
|                            | P1  | 5,69                        |           | 5,95                       |           | 20,96                       |           | 12,37                     |           |
|                            | P2  | 11,06                       |           | 11,54                      |           | 37,52                       |           | 23,20                     |           |
|                            | P5  | 25,39                       |           | 26,40                      |           | 69,14                       |           | 48,32                     |           |
|                            | P10   | 44,33                       |           | 45,83                      |           | 90,48                       |           | 73,29                     |           |
|                            | P25   | 76,88                       |           | 78,40                      |           | 99,72                       |           | 96,31                     |           |
| 140 mm/24h                 | P0,5  | 4,30                        | 11,38     | 4,00                       | 12,24     | 17,15                       | 2,66      | 12,37                     | 3,79      |
|                            | P1  | 8,41                        |           | 7,85                       |           | 31,36                       |           | 23,21                     |           |
|                            | P2  | 16,12                       |           | 15,08                      |           | 52,89                       |           | 41,03                     |           |
|                            | P5  | 35,55                       |           | 33,55                      |           | 84,77                       |           | 73,29                     |           |
|                            | P10   | 58,47                       |           | 55,84                      |           | 97,68                       |           | 92,87                     |           |
|                            | P25   | 88,88                       |           | 87,04                      |           | 99,99                       |           | 99,86                     |           |
| 120 mm/24h                 | P0,5  | 7,51                        | 6,40      | 5,95                       | 8,16      | 30,56                       | 1,37      | 21,82                     | 2,03      |
|                            | P1  | 14,46                       |           | 11,54                      |           | 51,79                       |           | 38,88                     |           |
|                            | P2  | 26,84                       |           | 21,75                      |           | 76,75                       |           | 62,64                     |           |
|                            | P5  | 54,21                       |           | 45,83                      |           | 97,39                       |           | 91,47                     |           |
|                            | P10   | 79,03                       |           | 70,66                      |           | 99,93                       |           | 99,27                     |           |
|                            | P25   | 97,99                       |           | 95,34                      |           | 100,00                      |           | 100,00                    |           |
| 100 mm/24h                 | P0,5  | 13,63                       | 3,53      | 19,32                      | 2,33      | 41,81                       | 0,92      | 37,03                     | 1,08      |
|                            | P1  | 25,40                       |           | 34,91                      |           | 66,14                       |           | 60,35                     |           |
|                            | P2  | 44,34                       |           | 57,63                      |           | 88,54                       |           | 84,28                     |           |
|                            | P5  | 76,89                       |           | 88,31                      |           | 99,56                       |           | 99,02                     |           |
|                            | P10   | 94,66                       |           | 98,63                      |           | 100,00                      |           | 99,99                     |           |
|                            | P25   | 99,93                       |           | 100,00                     |           | 100,00                      |           | 100,00                    |           |
| 80 mm/24h                  | P0,5  | 38,60                       | 1,10      | 44,76                      | 0,84      | 67,76                       | 0,44      | 58,44                     | 0,57      |
|                            | P1  | 62,30                       |           | 69,49                      |           | 89,61                       |           | 82,73                     |           |
|                            | P2  | 85,80                       |           | 90,69                      |           | 98,92                       |           | 97,02                     |           |

| Precipitação<br>Pluviométrica | Probabilidade de Recorrência (Pr) e Tempo de Retorno (Tr) |                                   |              |                                  |              |                                   |              |                              |              |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|                               | Período da<br>Pr (em<br>anos)                             | Estação<br>2548041<br>(Piraquara) |              | Estação<br>2548038<br>(Morretes) |              | Estação<br>2548049<br>(Paranaguá) |              | Estação 83844<br>(Paranaguá) |              |
|                               |   | Pr (%)                            | Tr<br>(anos) | Pr (%)                           | Tr<br>(anos) | Pr (%)                            | Tr<br>(anos) | Pr (%)                       | Tr<br>(anos) |
|                               | <b>P5</b>   | 99,20                             |              | 99,74                            |              | 100,00                            |              | 99,98                        |              |
|                               | <b>P10</b>  | 99,90                             |              | 100,00                           |              | 100,00                            |              | 100,00                       |              |
|                               | <b>P25</b>  | 100,00                            |              | 100,00                           |              | 100,00                            |              | 100,00                       |              |
| <b>60 mm/24h</b>              | <b>P0,5</b>   | 70,30                             | 0,41         | 81,23                            | 0,30         | 88,91                             | 0,23         | 88,61                        | 0,23         |
|                               | <b>P1</b>   | 91,10                             |              | 96,48                            |              | 98,77                             |              | 98,70                        |              |
|                               | <b>P2</b>   | 99,20                             |              | 99,88                            |              | 99,98                             |              | 99,98                        |              |
|                               | <b>P5</b>   | 99,90                             |              | 100,00                           |              | 100,00                            |              | 100,00                       |              |
|                               | <b>P10</b>  | 100,00                            |              | 100,00                           |              | 100,00                            |              | 100,00                       |              |
|                               | <b>P25</b>  | 100,00                            |              | 100,00                           |              | 100,00                            |              | 100,00                       |              |

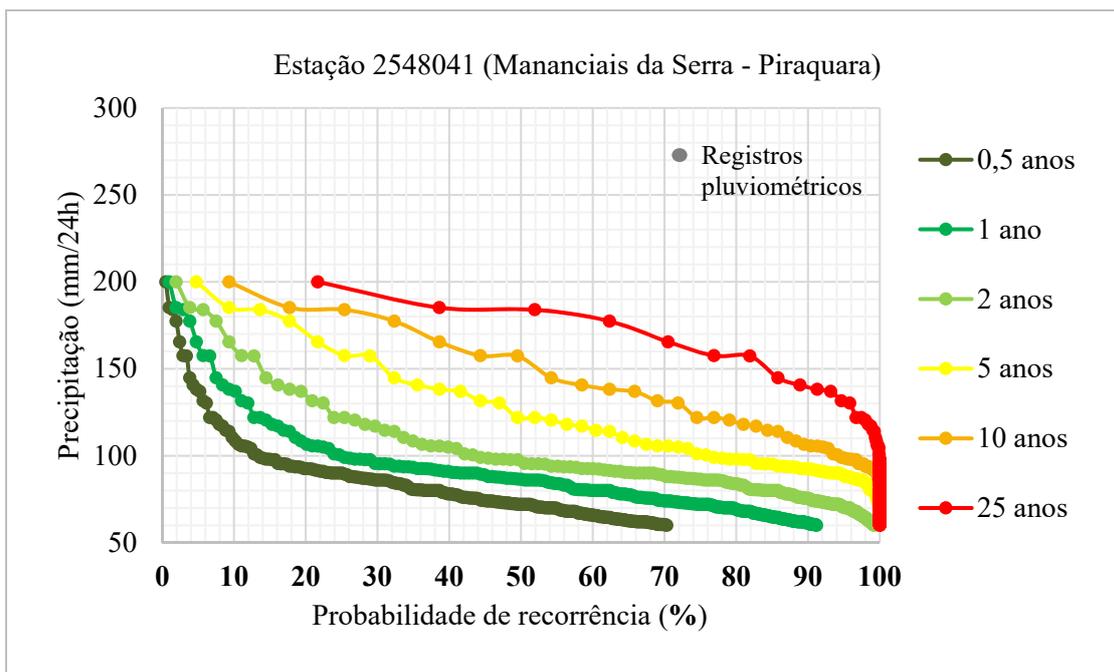
Fonte: Elaborado pela Fipe.

A probabilidade média de recorrência pluviométrica anual de toda a área de estudo foi de 82,2% (60 mm/24h), 16,4% (120mm/24h) e 3% (180 mm/24h). Ou seja, essas são as probabilidades de que haja pelo menos uma chuva anual com os volumes pluviométricos indicados. A média de recorrência pluviométrica decenal, por sua vez, foi calculada em 100% (60 mm/24h), 87,2% (120mm/24h) e 45,3% (180 mm/24h). Pelo fato das estações no município de Paranaguá terem indicado os maiores valores de probabilidade em todos os volumes de chuvas considerados, as bacias hidrográficas do rio Jacareí e do rio Ribeirão são as que apresentam maior frequência de eventos pluviométricos intensos.

Os movimentos de massa ocorridos em ambas as bacias, no dia 11/03/2011, tiveram registro de 282,2 mm/24h na estação 2548049, de Morretes, e 241,8 mm/24h na estação 2548049, de Paranaguá. Cita-se, como exemplo, que os registros de deslizamentos, corridas de detritos e enxurradas da Coordenadoria de Defesa Civil do Paraná entre 2000 e 2020, tiveram chuvas deflagradoras com variação entre 26,1 mm/24h e 295,8 mm/24h e média de 105,1 mm/24h, em Paranaguá. Em Morretes, a variação das chuvas deflagradoras de desastres hidrogeomorfológicos foi de 28 mm/24h a 282,6 mm/24h, enquanto a média foi de 96,8 mm/24h. Os registros de desastres da Defesa Civil, foram relacionados aos dados pluviométricos das estações utilizadas no presente estudo.

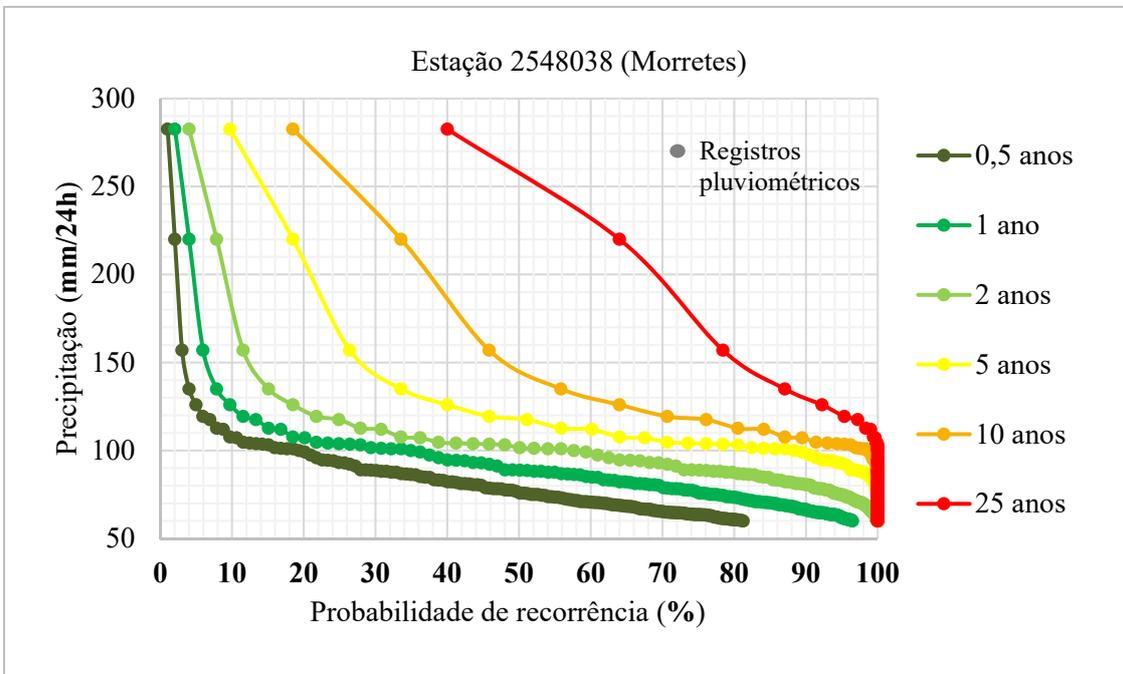
As curvas de probabilidade de recorrência das chuvas intensas, variando de seis meses até 25 anos, constam representadas no Gráfico 5-58 (estação 2548041), Gráfico 5-59 (estação 2548038), Gráfico 5-60 (estação 2548049) e Gráfico 5-61 (estação 83844).

**Gráfico 5-58: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548041 (Piraquara)**



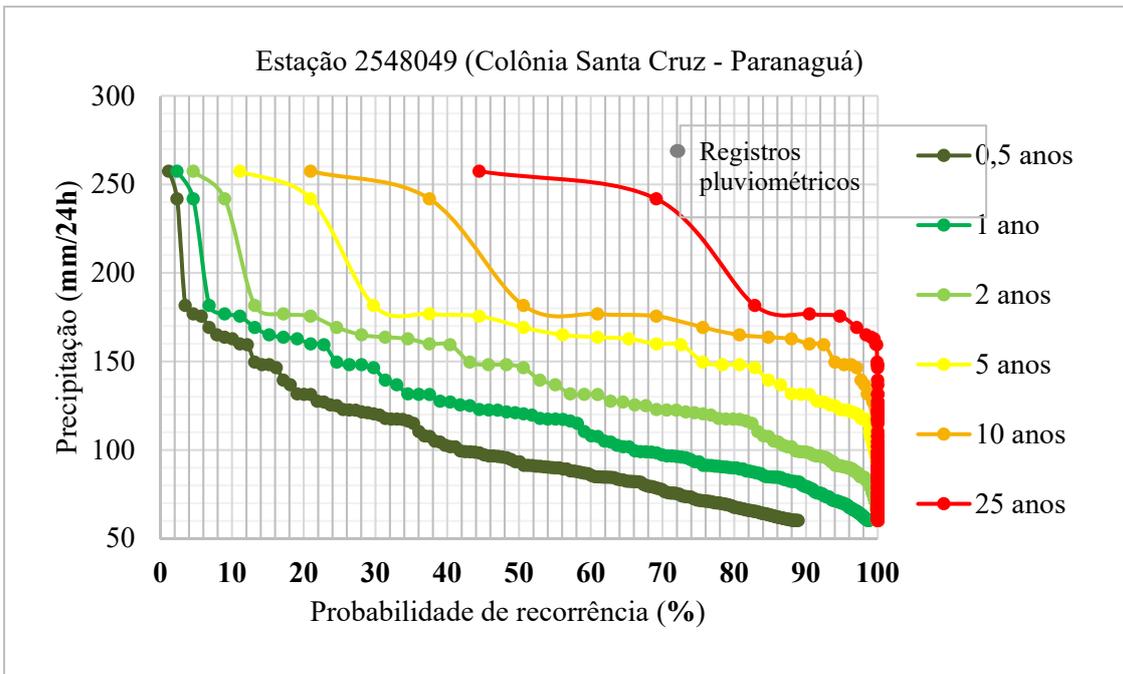
Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-59: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548038 (Morretes)**



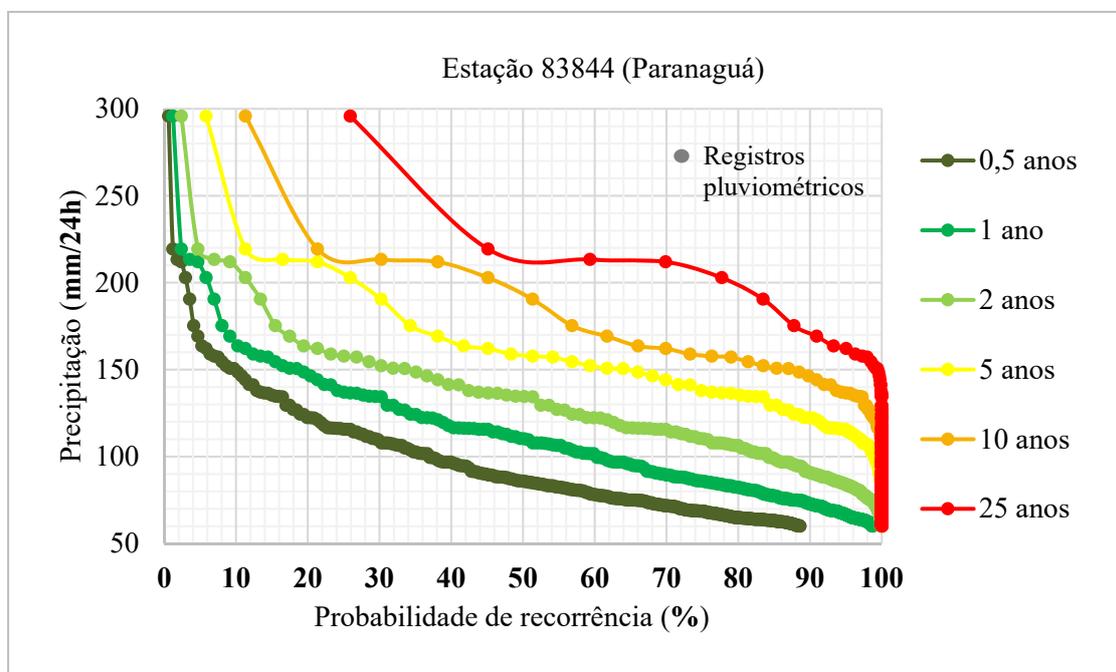
Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-60: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 2548049 (Paranaguá)**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

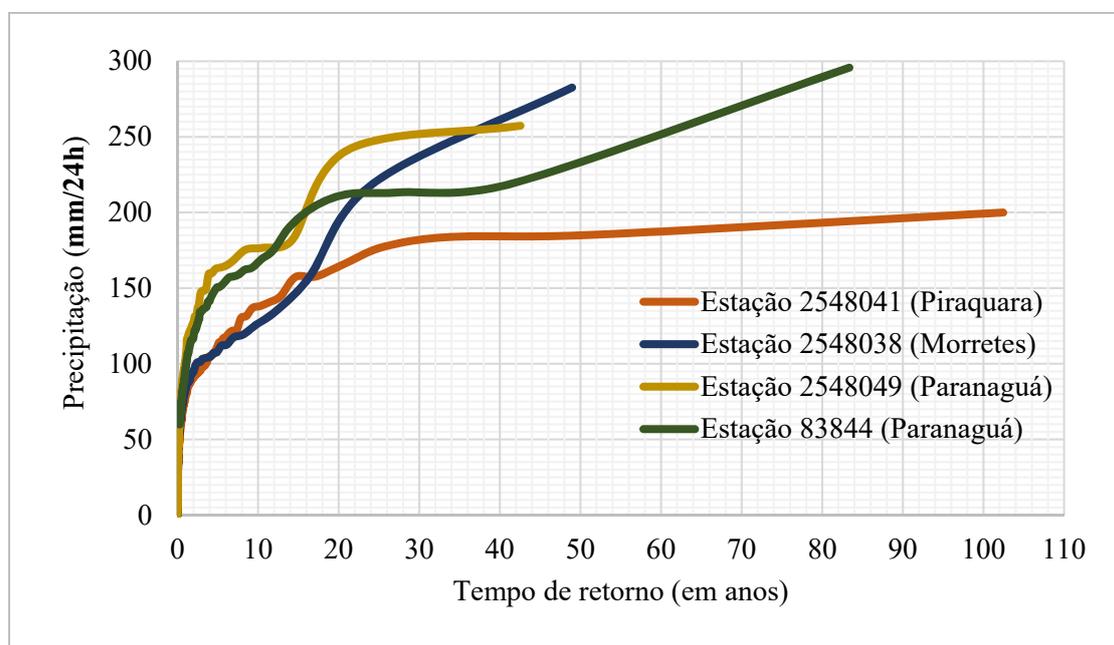
**Gráfico 5-61: Probabilidade de Recorrência de Chuvas Intensas na Estação 83844 (Paranaguá)**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

O cálculo do tempo de retorno das chuvas evidenciou que as duas estações localizadas nos sopés das elevações da Serra do Mar (2548038 e 2548049), e estação da Planície Litorânea (83844) têm curvas que caracterizam menor tempo para o volume de chuva esperado de registros pluviométricos extremos. A estação Piraquara (2548041), que representa o contexto hidrogeomorfológico do extremo oeste do Trecho V, foi caracterizada com os menores intervalos de tempo esperados de chuvas extremas. Os resultados denotam que se determinada porção na área de estudo tiver condicionantes semelhantes (tais como os litotipos, classes de solo, declividade, uso do solo e média pluviométrica), a probabilidade de recorrência e o tempo de retorno são determinantes para quantificar a produção de sedimentos a médio e a longo prazo.

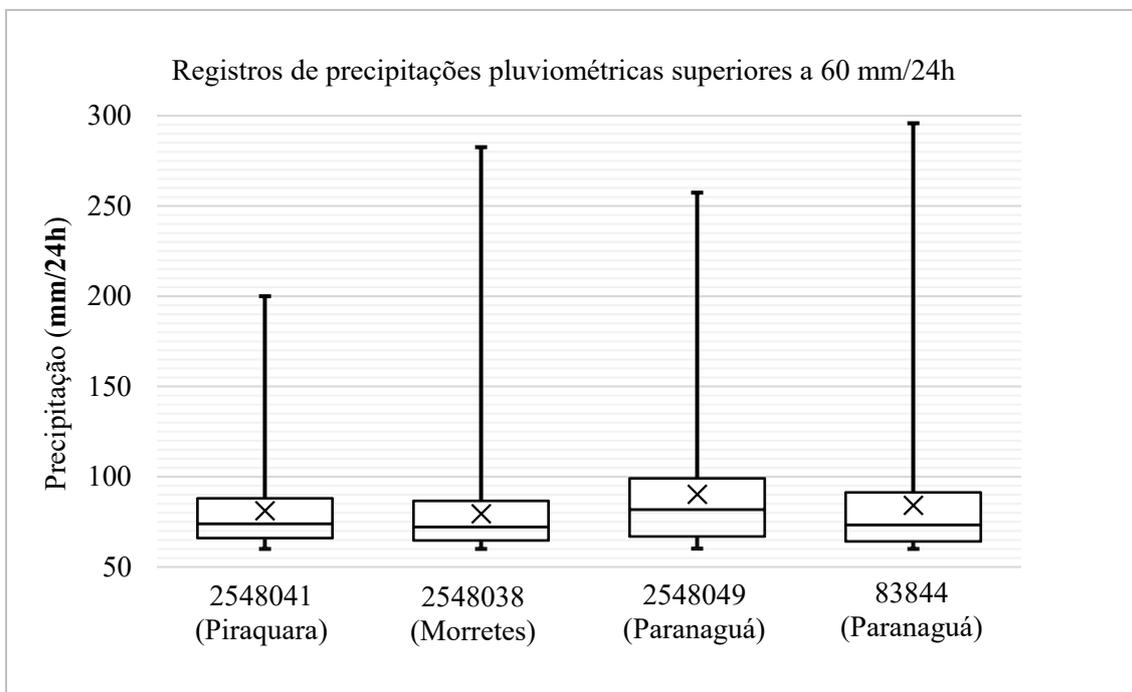
**Gráfico 5-62: Tempo de Retorno das Chuvas na Área de Estudo**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

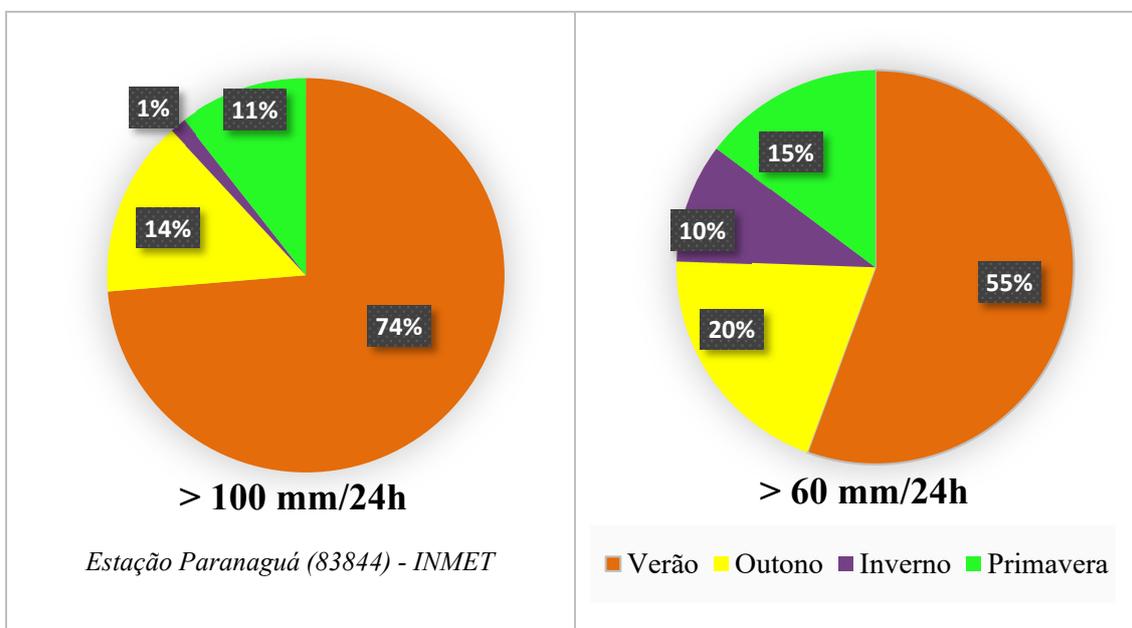
De acordo com a Defesa Civil do Paraná, entre 2000 e 2020 foram registrados 36 desastres hidrogeomorfológicos em Paranaguá, e 26 em Morretes (sem considerar os desastres meteorológicos, como tempestades). Nos últimos 10 anos, ambos os municípios tiveram média superior a dois registros de desastre hidrogeomorfológico por ano. A partir do impacto desses eventos na dinâmica sedimentar regional, faz-se fundamental considerá-los no âmbito têmporo-espacial. Nesse sentido, o diagrama de extremos e quartis (Gráfico 5-63) evidencia a distribuição das precipitações intensas, e o Gráfico 5-64 traz a quantificação da sazonalidade das chuvas superiores a 60 mm/24h.

**Gráfico 5-63: Registros de Chuvas Intensas na Área de Estudo**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-64: Sazonalidade de Chuvas Intensas na Estação 83844 (Paranaguá)**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Além da pluviosidade como fator preponderante à deflagração de processos que incrementam a produção de sedimentos, a sazonalidade é outro aspecto importante a ser

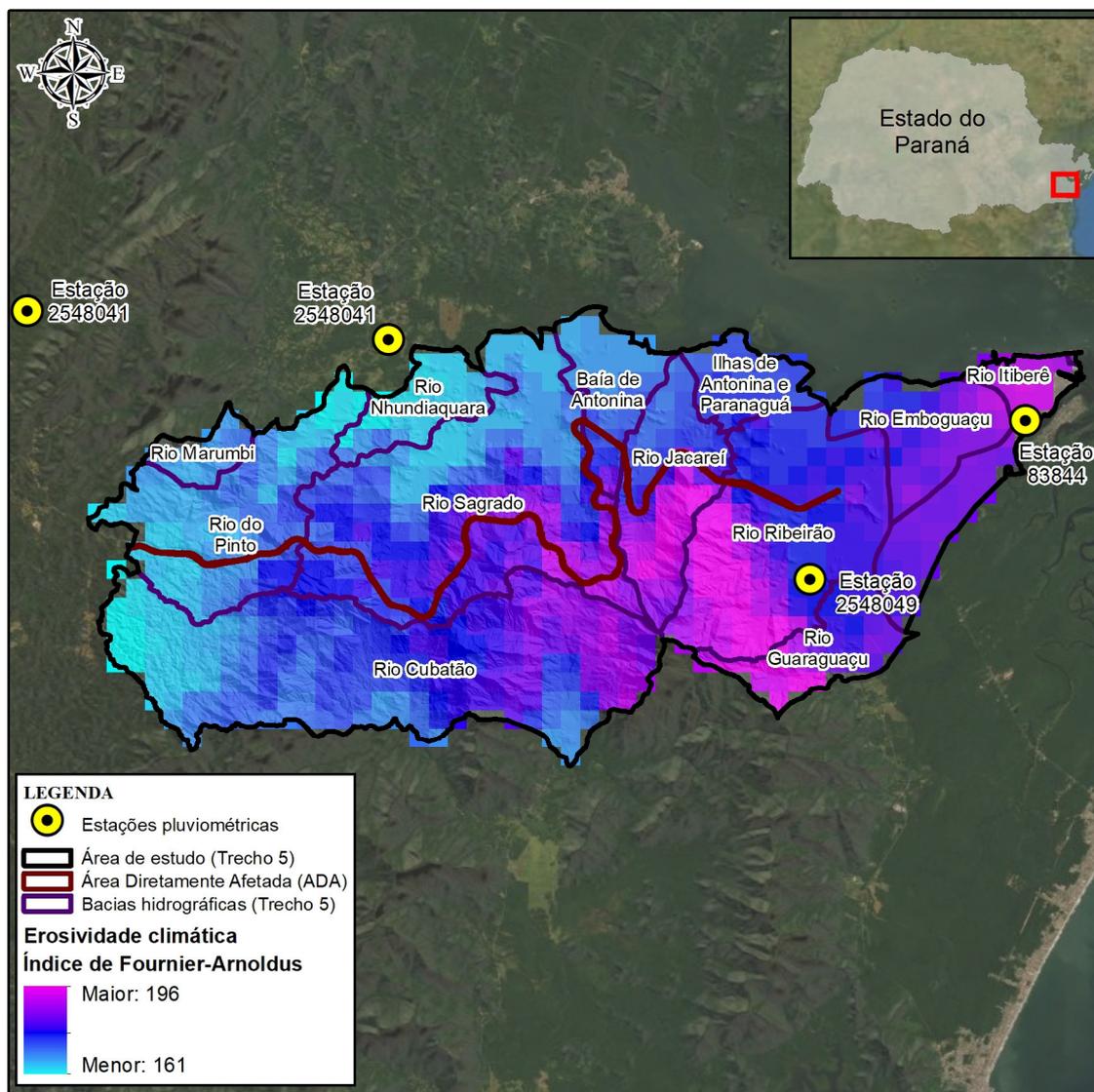
contemplado para fins de planejamento. Tem-se, a partir dos resultados, que quanto mais extremo é o acumulado pluviométrico, maior é a tendência de ocorrência no verão e menor no inverno. Ainda que as chuvas não deflagrem processos de movimentos de massa, enxurradas e inundações, o fluxo hídrico intenso nas bacias hidrográficas acelera os processos erosivos, a capacidade de transporte e, como consequência, a produção de sedimentos depositados nas planícies fluviais ou nas baías.

Quanto aos resultados da erosividade climática (Figura 5-24), destaca-se inicialmente que a área de estudo foi contemplada integralmente pela maior classe de umidade, do Índice de Bagnouls-Gaussen, e de agressividade climática, do Índice de Fournier-Arnoldus. A erosividade climática, assim, foi definida como muito alta. Combinada a outros fatores de predisposição à erosão, os resultados reforçam que a produção de sedimentos demanda atenção em todo o Trecho V. As vertentes da bacia litorânea têm um processo de denudação muito superior às vertentes do planalto. Um estudo publicado por Salgado et al. (2014), por datação geocronológica (concentração de  $^{10}\text{Be}$ ), estimou que a denudação a leste dos divisores serranos é de 26 m/Ma (metros por milhão de ano) e nas vertentes a oeste é de 11,1 m/Ma.

Numa análise mais detalhada, contemplando a área de estudo total e individualizando a ADA, a Tabela 5-43 apresenta a erosividade climática por bacia hidrográfica. No contexto geral, novamente as bacias hidrográficas dos rios Jacareí e Ribeirão tiveram os valores que indicam maior potencial erosivo. Na ADA, a bacia do rio Sagrado obteve o maior valor de agressividade climática. Isso se deve à posição da Nova Ferroeste nas bacias hidrográficas, já que na bacia do rio Sagrado o empreendimento perpassará uma porção mais elevada.

Na bacia do rio Jacareí o empreendimento bordeia os terços médios das vertentes, já na transição para a planície, que confere outro padrão de agressividade climática. A porção a montante, no entanto, apresenta os maiores valores de toda a área de estudo. Assim, as análises sobre as áreas a montante da ADA na bacia hidrográfica são determinantes, uma vez que essas são as porções de maior produção de sedimentos. Os resultados espacializados são apresentados na Figura 5-24, com destaque para as áreas de maior erosividade na porção leste da área de estudo – sobretudo a Serra da Prata.

Figura 5-24: Erosividade Climática da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Tabela 5-43: Resultados do Cálculo de Erosividade Climática

| Bacia Hidrográfica | Erosividade Climática      |                             |      |              |      |      |              |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|------|--------------|------|------|--------------|
|                    | Índice de Bagnouls-Gaussen | Índice de Fournier-Arnoldus |      |              |      |      |              |
|                    |                            | Área de Estudo              |      |              | ADA  |      |              |
|                    |                            | Máx.                        | Mín. | Média        | Máx. | Mín. | Média        |
| Rio do Pinto       | 0 (úmido)                  | 162                         | 178  | <b>169</b>   | 166  | 175  | <b>168,8</b> |
| Rio Sagrado        | 0 (úmido)                  | 166                         | 189  | <b>176</b>   | 169  | 189  | <b>181,2</b> |
| Baía de Antonina   | 0 (úmido)                  | 168                         | 185  | <b>171,8</b> | 174  | 185  | <b>175,1</b> |
| Rio Jacareí        | 0 (úmido)                  | 171                         | 195  | <b>181,9</b> | 175  | 186  | <b>178,8</b> |

| Bacia Hidrográfica            | Erosividade Climática      |                             |      |              |      |      |              |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------|--------------|------|------|--------------|
|                               | Índice de Bagnouls-Gaussen | Índice de Fournier-Arnoldus |      |              |      |      |              |
|                               |                            | Área de Estudo              |      |              | ADA  |      |              |
|                               |                            | Máx.                        | Mín. | Média        | Máx. | Mín. | Média        |
| Rio Ribeirão                  | 0 (úmido)                  | 176                         | 196  | <b>182,7</b> | 177  | 180  | <b>178,3</b> |
| Rio Marumbi                   | 0 (úmido)                  | 168                         | 172  | <b>169,2</b> | -    | -    | -            |
| Rio Nhundiaquara              | 0 (úmido)                  | 164                         | 172  | <b>166,6</b> | -    | -    | -            |
| Rio Cubatão                   | 0 (úmido)                  | 161                         | 188  | <b>175,3</b> | -    | -    | -            |
| Ilhas de Antonina e Paranaguá | 0 (úmido)                  | 173                         | 178  | <b>175</b>   | -    | -    | -            |
| Rio Emboguaçu                 | 0 (úmido)                  | 175                         | 188  | <b>181,2</b> | -    | -    | -            |
| Rio Itiberê                   | 0 (úmido)                  | 179                         | 191  | <b>184</b>   | -    | -    | -            |
| Rio Guaraguaçu                | 0 (úmido)                  | 178                         | 194  | <b>184,7</b> | -    | -    | -            |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

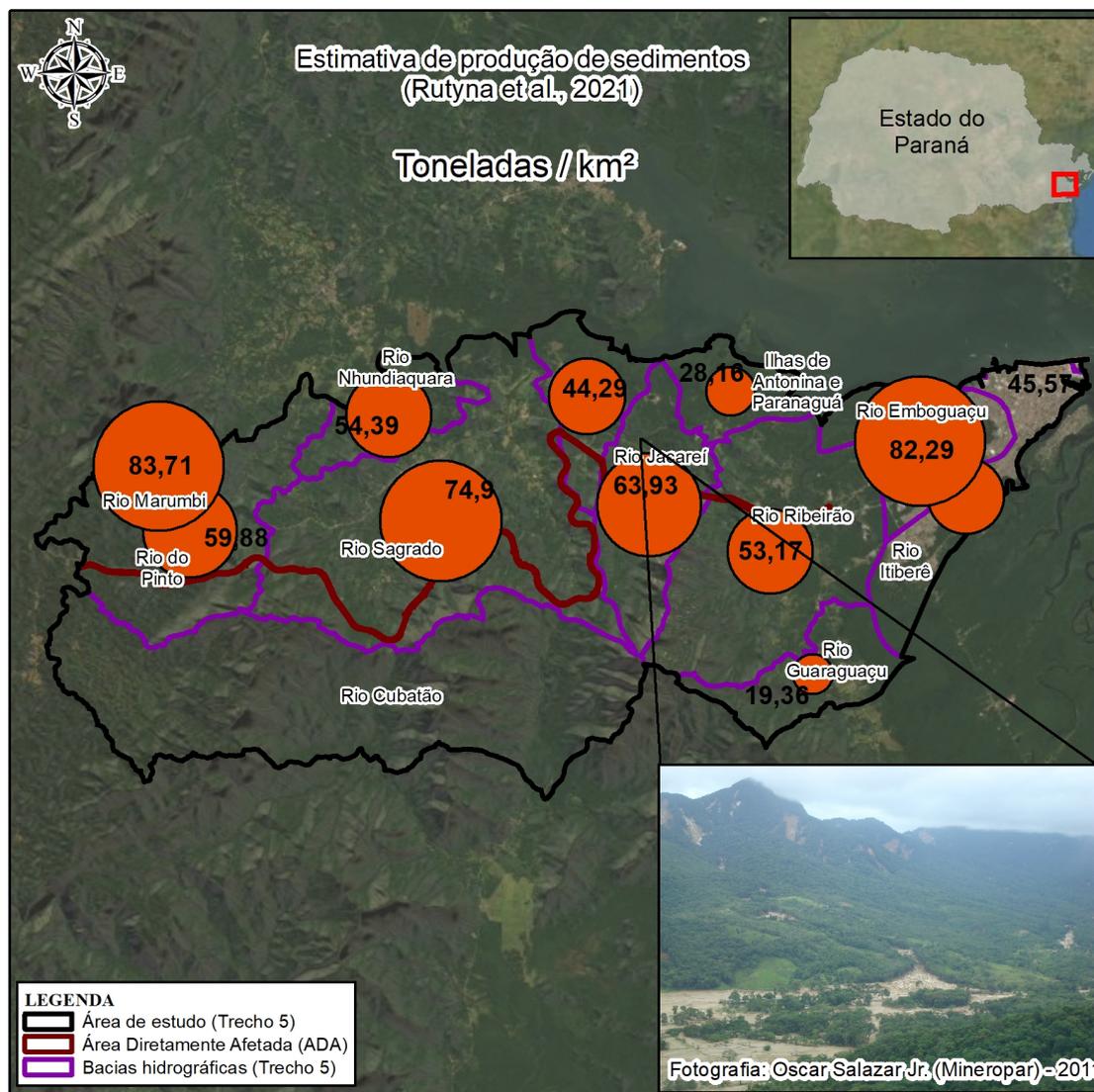
#### 5.1.4.3.2.2 Estimativa da Produção de Sedimentos

As estimativas de produção anual de sedimentos, publicada por Rutyna et al. (2021), denotam o grande aporte sedimentar que potencializa os assoreamentos nos corpos hídricos e, de modo mais direto, as baías de Paranaguá e Antonina. Ainda que tenham sido considerados vários parâmetros, numa análise multicritério, ressalta-se que essa foi uma modelagem que resultou em valores médios de taxas de produção. A recorrência de eventos pluviométricos intensos (5.1.4.3.2.1), dessa maneira, complementa a abordagem têmporo-espacial. Todas as análises, elaboração de cenários e modelagens realizadas no presente estudo foram comparadas às quantidades mensuradas pelo referido trabalho.

Ao relativizar os valores por unidade de área (km<sup>2</sup>), conforme ilustrado pela Figura 5-25, tem-se que a média de produção de sedimentos nas bacias hidrográficas vinculadas à ADA é de 59,23 toneladas por km<sup>2</sup> anualmente. Nas bacias de toda a área de estudo, a média foi de 55,42 t/km<sup>2</sup>/ano. Comparativamente, destaca-se que a média estimada para todas as bacias que compõem o Complexo Estuarino de Paranaguá, de acordo com Rutyna et al. (2021), foi de 47,31 t/km<sup>2</sup>/ano. O Trecho V, portanto, produz mais sedimentos do que outras porções da bacia hidrográfica litorânea.

Deve-se salientar que as bacias hidrográficas do rio Jacareí e do rio Ribeirão apresentam muitas áreas instáveis sob a perspectiva da erosão, em função dos movimentos de massa de março de 2011, e são áreas com um grande estoque sedimentar que podem incrementar as taxas de produção. Os materiais inconsolidados, como os depósitos psamíticos e pefíticos, têm maior potencial de remobilização. Na ADA, essas porções de transição do terço médio para o terço inferior das vertentes contemplam os depósitos sedimentares quaternários de colúvios e leques aluviais, conforme exemplificado na Figura 5-25. Outro ponto de atenção é a bacia hidrográfica do rio Sagrado, que possui os mesmos condicionantes e suscetibilidade para a deflagração de movimentos de massa e, além disso, teve um aumento na ocupação e nas edificações instaladas nos últimos anos.

Figura 5-25: Estimativa da Produção de Sedimentos



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Em relação ao uso e cobertura da terra, foi elaborado um cenário superestimado de produção de sedimentos, a partir da supressão integral da vegetação em estágio médio ou avançado na ADA. Ou seja, os valores resultantes representam os valores máximos de aumento na produção de sedimentos, atribuindo peso máximo à exposição do solo aos agentes erosivos. Considerou-se que as áreas que atualmente possuem edificações, gramíneas, áreas agricultáveis, solo exposto ou vegetação em estado inicial não teriam variações significativas (em relação ao uso e cobertura da terra) de taxas de produção de

sedimentos após a implantação do empreendimento, pois tais características já foram contempladas pela estimativa de Rutyna et al. (2021).

A quantificação dos resultados consta indicada na Tabela 5-44. A bacia hidrográfica do rio Sagrado apresenta maior porcentagem de vegetação em estágio médio ou avançado, com 97,3%, e nesse cenário superestimado a produção de sedimentos poderia ter um incremento de 188,9 toneladas por ano (total). Isso dependeria da combinação com outros fatores, como declividade, solos, posição da vertente e os eventos pluviométricos, mas os valores dimensionam a proporcionalidade das alterações na ADA. O valor máximo de sedimentos produzidos e transportados da ADA a jusante, nesse cenário, seria de 304,56 (total) toneladas por ano. A vegetação arbórea atenua a erosão por salpicamento (característica durante as obras) e, conseqüentemente, os sedimentos carreados para os rios.

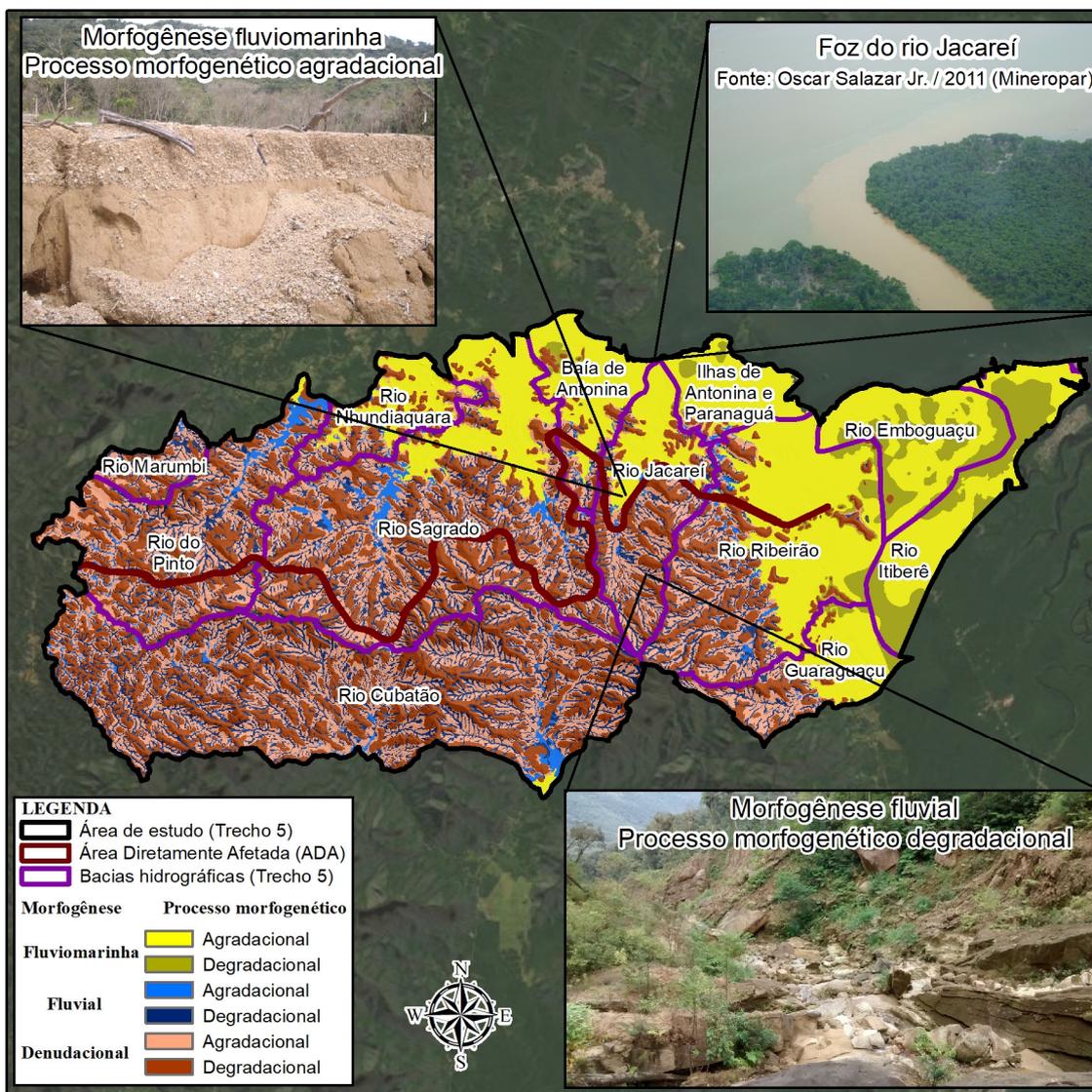
**Tabela 5-44: Vegetação na ADA em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas**

| Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021) |                         |                   |                                    | Vegetação em Estágio Médio ou Avançado na ADA |       | Cenário de Supressão Integral (Aumento de Produção de Sedimentos em t.a <sup>-1</sup> ) |
|---|-------------------------|-------------------|------------------------------------|---|-------|---|
| Bacia Hidrográfica  | Área (km <sup>2</sup> ) | t.a <sup>-1</sup> | t.km <sup>2</sup> .a <sup>-1</sup> | Área (km <sup>2</sup> )                       | %     |   |
| Rio do Pinto  | 87,58                   | <b>5.227,23</b>   | <b>59,88</b>                       | 0,69  | 85,09 | 41,42   |
| Rio Sagrado   | 135                     | <b>10.055,75</b>  | <b>74,9</b>                        | 2,54  | 97,37 | 188,97  |
| Baía de Antonina  | 34,4                    | <b>1.489,25</b>   | <b>44,29</b>                       | 0,23  | 84,80 | 9,81  |
| Rio Jacareí   | 40,42                   | <b>2.578,57</b>   | <b>63,93</b>                       | 0,65  | 78,02 | 41,64   |
| Rio Ribeirão  | 87,87                   | <b>4.653,11</b>   | <b>53,17</b>                       | 0,43  | 58,13 | 22,72   |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Outra importante análise para a estimativa da produção de sedimentos foi a indicação da morfogênese e dos processos morfogenéticos, ao sobrepor a área de estudo e a ADA ao mapeamento realizado Silveira e Silveira (2019), conforme a Figura 5-26. Cada compartimento apresenta características distintas à erosão, ao transporte ou à deposição. A morfogênese denudacional caracteriza as áreas fontes, a fluvial se vincula aos processos e à dinâmica hidrosedimentológica e a fluviomarinha contém o ambiente deposicional e de retrabalhamento dos sedimentos no terço inferior das bacias na área de estudo.

**Figura 5-26: Morfogênese e Processos Morfogenéticos da Área de Estudo**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Em proporção de área (Tabela 5-45), a morfogênese denudacional detém maior extensão, tanto nas bacias hidrográficas quanto na ADA, especificamente. Os processos degradacionais em morfogênese denudacional são aqueles que se concentram no terço superior das vertentes, normalmente com morfografia convexa-divergente ou convexa-retilínea, comumente associados aos movimentos gravitacionais que conferem grande quantidade de sedimentos em eventos episódicos. Nas elevações sustentadas por intrusões graníticas, o processo morfogenético degradacional foi delimitado na ruptura de curvatura e declive derivada da erosão diferencial no contato com rochas metamórficas do

Complexo Gnáissico-Migmatítico. Os referidos corpos graníticos dos topos da região serrana sustentam as elevações declivosas, com neossolos que incrementam a suscetibilidade aos deslizamentos translacionais, e que caracterizam as áreas fontes para o transporte pelas corridas de detritos.

Os processos agradacionais em morfogênese denudacional, por sua vez, são compostos principalmente de depósitos coluvionares originados pela ruptura de declive e transporte de material intemperizado, a montante pelos processos gravitacionais. Há uma mudança no perfil de curvatura das vertentes, que passa a ser predominantemente côncavo. Essas áreas demandam atenção à produção de sedimentos, pois configuram um grande pacote sedimentar superficial com granulometria variada para o transporte. Alterações do uso e cobertura da terra nesses setores, podem expor áreas que já apresentem suscetibilidade e alta capacidade de remobilização por conterem detritos inconsolidados de vertente.

A morfogênese fluvial representa a capacidade de transporte, e as áreas de maior potencial morfodinâmico para a produção de sedimentos. Os processos morfogenéticos degradacionais são caracterizados por vertentes convergentes, com alta declividade, que fazem o retrabalhamento do material erodido a partir das incisões verticais. A erosão das margens acrescenta o material sedimentar das porções denudacionais ao sistema de transporte, acelerando a produção de sedimentos com os fluxos hídricos de alta energia. A Figura 5-26 traz um exemplo de vale fechado, numa porção superior das vertentes, com disponibilidade de material de granulometria variada para transporte. Os processos agradacionais de morfogênese fluvial estão associados aos depósitos aluvionares. Destaca-se que na ADA do rio Jacareí essa classe representa 19,8%, sendo a maior entre todas as bacias hidrográficas.

**Tabela 5-45: Morfogênese em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas**

| Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021) |                         |                   |                                    | Morfogênese   | Predomínio de Processos Morfogenéticos | Proporção de Área (%) na Bacia Hidrográfica | Proporção de Área (%) na ADA |
|---|-------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------|--|---|------------------------------|
| Bacia hidrográfica  | Área (km <sup>2</sup> ) | t.a <sup>-1</sup> | t.km <sup>2</sup> .a <sup>-1</sup> |               |  |   |                              |
| Rio do Pinto  | 87,58                   | 5.227,23          | 59,88                              | Fluviomarinha | Agradacional                           | 0,74  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 0,00  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    | Fluvial       | Agradacional                           | 4,60  | 3,55                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 18,24                                       | 17,05                        |
|   |                         |                   |                                    | Denudacional  | Agradacional                           | 33,43                                       | 39,97                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 42,98                                       | 39,43                        |
| Rio Sagrado   | 135                     | 10.055,75         | 74,9                               | Fluviomarinha | Agradacional                           | 15,37                                       | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 0,02  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    | Fluvial       | Agradacional                           | 2,87  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 16,25                                       | 20,59                        |
|   |                         |                   |                                    | Denudacional  | Agradacional                           | 28,48                                       | 32,00                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 37,01                                       | 47,42                        |
| Baía de Antonina  | 34,4                    | 1.489,25          | 44,29                              | Fluviomarinha | Agradacional                           | 65,62                                       | 9,38                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 3,28  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    | Fluvial       | Agradacional                           | 0,71  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 3,38  | 3,41                         |

| Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021) |                         |                   |                                    | Morfogênese   | Predomínio de Processos Morfogenéticos | Proporção de Área (%) na Bacia Hidrográfica | Proporção de Área (%) na ADA |
|---|-------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------|--|---|------------------------------|
| Bacia hidrográfica  | Área (km <sup>2</sup> ) | t.a <sup>-1</sup> | t.km <sup>2</sup> .a <sup>-1</sup> |               |  |   |                              |
|   |                         |                   |                                    | Denudacional  | Agradacional                           | 8,74  | 17,78                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 18,28                                       | 69,43                        |
| Rio Jacareí   | 40,42                   | 2.578,57          | 63,93                              | Fluviomarinha | Agradacional                           | 26,15                                       | 2,83                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 0,15  | 0,00                         |
|   |                         |                   |                                    | Fluvial       | Agradacional                           | 2,30  | 19,87                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 12,93                                       | 14,39                        |
|   |                         |                   |                                    | Denudacional  | Agradacional                           | 25,08                                       | 29,13                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 33,38                                       | 33,78                        |
| Rio Ribeirão  | 87,87                   | 4.653,11          | 53,17                              | Fluviomarinha | Agradacional                           | 44,45                                       | 67,31                        |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 5,22  | 7,93                         |
|   |                         |                   |                                    | Fluvial       | Agradacional                           | 1,42  | 4,12                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 9,19  | 0,24                         |
|   |                         |                   |                                    | Denudacional  | Agradacional                           | 14,77                                       | 6,49                         |
|   |                         |                   |                                    |               | Degradacional                          | 24,95                                       | 13,90                        |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Na área de estudo, o material mais grosseiro transportado pelos rios e vertentes serranas se deposita na saída dos canais, formando cones de detritos, enquanto o material em suspensão pode atingir grandes extensões dos vales já na morfogênese fluviomarina, levando a formações de depósitos de sedimentos finos em expressivas áreas da planície fluviomarina. Tais feições possuem energia inferior se comparadas à morfogênese fluvial, onde a suspensão e a decantação são os principais mecanismos de transporte e deposição. Como consequência, a granulometria do material constituinte é mais fina. A evolução morfodinâmica dessas áreas depende dos processos de acreção lateral (migração do canal fluvial) e vertical (inundação do leito maior).

A Figura 5-26 contém dois exemplos, na bacia do rio Jacaré, do aporte sedimentar derivado do evento de março de 2011. Na planície fluviomarina, o depósito superou 50 cm de espessura, assoreando os canais e resultando num grande volume de sedimentos finos que atingiram a baía. Há, portanto, um estoque sedimentar potencial.

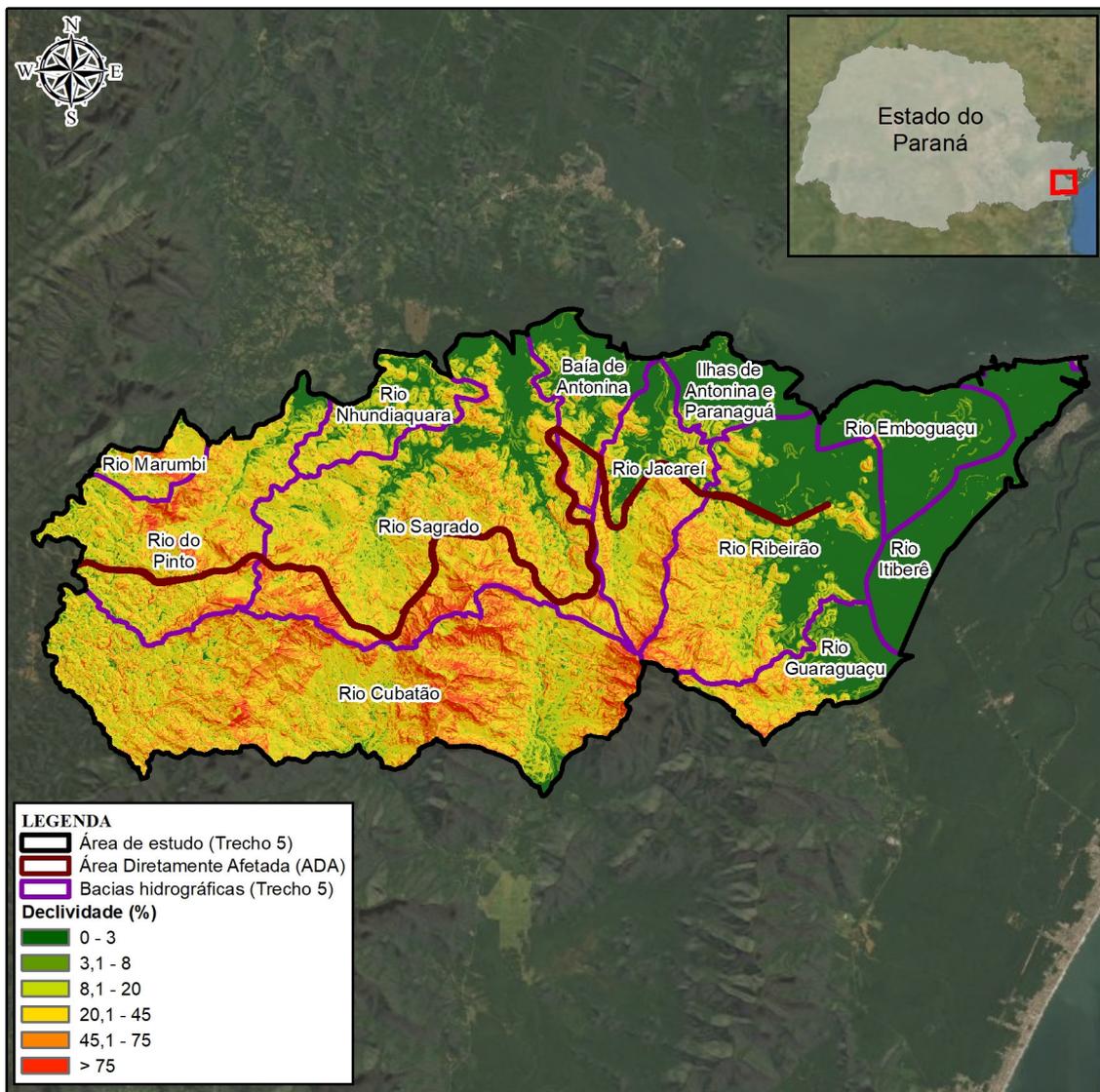
A correlação entre os processos morfognéticos e a estimativa de produção de sedimentos é fundamental para o planejamento acerca dos impactos do empreendimento, pois a produção de sedimentos não é homogênea. Destaca-se, em suma, que a produção de sedimentos em grande quantidade é condicionada à ocorrência de eventos intensos em duas classes principais: áreas de morfogênese fluviomarina e áreas degradacionais de morfogênese denudacional. Nas demais classes, mudanças no uso e cobertura da terra, como a supressão vegetal, podem expor os depósitos sedimentares a um aumento significativo da erosão laminar.

#### **5.1.4.3.2.3 Modelagem Geomorfométrica**

Ao individualizar os fatores geomorfológicos que influem no desencadeamento de grandes processos erosivos, os atributos geomorfométricos visam emular a relação entre a morfologia e os condicionantes afins. Considerando os aspectos essenciais aos eventos hidrogeomorfológicos atribuídos por Takahashi (1981), como a combinação crítica entre sedimentos, água e declividade, assume-se que: i) a caracterização dos atributos geomorfométricos viabiliza identificar áreas com maior disponibilidade de sedimentos para remoção e transporte; ii) a área de contribuição vincula-se mais diretamente à

influência da água, numa situação posterior à entrada no sistema (precipitação pluviométrica intensa, nesse caso), onde a acumulação do fluxo denota a continuidade espacial do sistema geoambiental; iii) a declividade (Figura 5-27) e a amplitude altimétrica permitem ponderar a influência da energia gravitacional na deflagração dos processos de vertentes (pontualmente e regionalmente), sobretudo na interface entre os deslizamentos e as corridas de detritos e entre os vales encaixados e a deposição nas planícies.

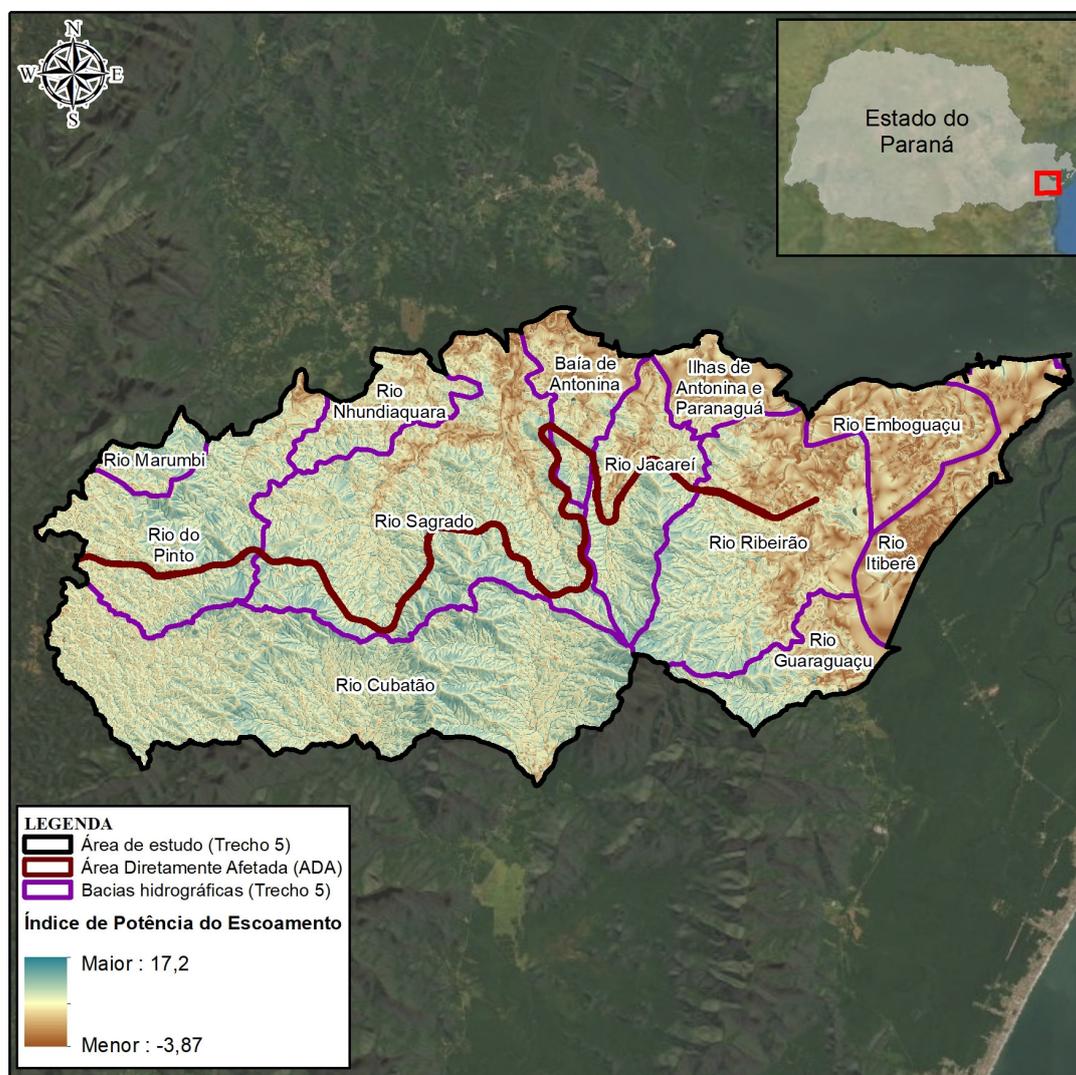
**Figura 5-27: Declividade da Área de Estudo**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

A declividade permite individualizar as áreas de maior suscetibilidade à produção de sedimentos por processos gravitacionais e também por ações fluviais nos vales encaixados. A área de contribuição viabiliza o reconhecimento das áreas com maior fluxo acumulado, sendo um importante indicador quantitativo da dinâmica da bacia hidrográfica. Já o índice de potência do escoamento (Figura 5-28), calculado pela multiplicação da declividade e área de contribuição, caracteriza o nível erosivo das áreas de convergência hídrica.

**Figura 5-28: Índice de Potência do Escoamento da Área de Estudo**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

A quantificação dos resultados para a declividade e área de contribuição consta apresentada na Tabela 5-46. Faz-se importante considerar, de modo integrado, as

características da bacia hidrográfica como um todo e a interseção na ADA. Assim, quanto maior for a declividade média e a área de contribuição na ADA, maior será a produção de sedimentos. A bacia do rio Sagrado, por exemplo, tem a maior declividade média. A área de contribuição que intersecciona a ADA, no entanto, é a menor. Proporcionalmente, contemplando as duas variáveis, a bacia do rio Jacareí possui maior potencial de aumento na produção de sedimentos a partir da energia do relevo e da disponibilidade de material a montante.

**Tabela 5-46: Declividade e Área de Contribuição em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas**

| Estimativa de produção anual de sedimentos por Bacia Hidrográfica (Rutyna et al., 2021) |                         |                   |                                     | Declividade média da bacia Hidrográfica |       | Declividade média da ADA |       | Área de contribuição (km <sup>2</sup> ) Máxima da Bacia Hidrográfica | Área de contribuição (km <sup>2</sup> ) Máxima da ADA |
|---|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|---|-------|--------------------------|-------|--|---|
| Bacia   | Área (km <sup>2</sup> ) | t.a <sup>-1</sup> | t.km <sup>2</sup> . a <sup>-1</sup> | em graus                                | em %  | em graus                 | em %  |  |   |
| Rio do Pinto  | 87,58                   | 5.227,23          | 59,88                               | 17,16                                   | 32,24 | 20,26                    | 38,58 | 63,29  | 7,67  |
| Rio Sagrado   | 135,02                  | 10.055,75         | 74,9                                | 16,32                                   | 30,71 | 21,02                    | 39,38 | 57,7   | 3,01  |
| Baía de Antonina  | 34,4                    | 1.489,25          | 44,29                               | 6,42                                    | 11,73 | 17,97                    | 33,27 | 7,32   | 3,22  |
| Rio Jacareí   | 40,42                   | 2.578,57          | 63,93                               | 14,14                                   | 26,41 | 13,99                    | 25,69 | 16,71  | 11,92   |
| Rio Ribeirão  | 87,87                   | 4.653,11          | 53,17                               | 10,12                                   | 18,91 | 5,01                     | 8,9   | 19,49  | 4,67  |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Referente à quantificação dos resultados do índice de potência do escoamento, a Tabela 5-47 evidencia os valores médios e máximos. A bacia hidrográfica rio do Pinto, localizada na porção oeste da área de estudo, de menor erosividade climática, teve os maiores valores registrados. Isso se deve à dimensão da área de contribuição, com uma captação que contempla os divisores da Serra do Mar e aumenta o fluxo acumulado no contato com a ADA. Isso significa que no caso de um evento extremo, a derivação de corridas de detritos conferirá a esse setor um grande volume de sedimentos transportados.

**Tabela 5-47: Índice de Potência do Escoamento em Relação à Produção de Sedimentos nas Bacias Hidrográficas**

| Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021) |                         |                   |                                    | Índice de Potência do Escoamento  |   |                                    |  |
|---|-------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|--|
| Bacia Hidrográfica  | Área (km <sup>2</sup> ) | t.a <sup>-1</sup> | t.km <sup>2</sup> .a <sup>-1</sup> | Valor Médio da Bacia Hidrográfica | Valor Médio da Área Diretamente Afetada (ADA) | Valor Máximo da Bacia Hidrográfica | Valor Máximo da Área Diretamente Afetada (ADA) |
| Rio do Pinto  | 87,58                   | 5.227,23          | 59,88                              | 5,5                               | 5,67  | 16,53                              | 14,76  |
| Rio Sagrado   | 135                     | 10.055,75         | 74,9                               | 5,33                              | 6,02  | 16,17                              | 13,66  |
| Baía de Antonina  | 34,4                    | 1.489,25          | 44,29                              | 3,8                               | 5,51  | 14,26                              | 10,89  |
| Rio Jacareí   | 40,42                   | 2.578,57          | 63,93                              | 5,15                              | 5,27  | 15,21                              | 13,82  |
| Rio Ribeirão  | 87,87                   | 4.653,11          | 53,17                              | 4,37                              | 3,65  | 15,11                              | 12,16  |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Destaca-se, por fim, a Tabela 5-48 que sintetiza as áreas de maior potencial para a produção de sedimentos, por bacia hidrográfica, com base no conjunto de variáveis apresentadas nesse estudo. Tendo como referência a estimativa de produção anual de sedimentos, a interpretação das variáveis individualizadas auxilia no estabelecimento de cenários preditivos e porções que demandam maior atenção em função das alterações na paisagem – sejam elas causadas por fenômenos naturais extremos característicos da área de estudo, em função da suscetibilidade erosiva, ou pela indução a partir das intervenções do empreendimento.

**Tabela 5-48: Áreas de Maior Potencial para a Produção de Sedimentos na ADA**

| Bacia Hidrográfica | Áreas de Maior Potencial para a Produção de Sedimentos a Partir da Implantação do Empreendimento (ADA) |                  |                       |             |                 |                       |     | Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021), em t.km <sup>2</sup> .a-1 |
|--------------------|--|------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-----------------------|-----|--|
|                    | Coordenadas Centrais   | Uso Atual        | Erosividade Climática | Morfogênese | Declividade (%) | AC (km <sup>2</sup> ) | IPE |  |
| Rio do Pinto       | -48,90 / -25,59  | Veg. (EM)        | 169                   | Da e Fd     | 92              | 9,58                  | 13  | 59,88  |
|                    | -48,88 / -25,59  | Veg. (EA)        | 168                   | Dd          | 88              | 2,02                  | 11  |  |
|                    | -48,86 / -25,59  | Veg. (EA)        | 174                   | Dd e Fd     | 120             | 1,7                   | 13  |  |
|                    | -48,86 / -25,58  | Veg. (EA)        | 174                   | Dd e Da     | 104             | 0,11                  | 9,8 |  |
| Rio Sagrado        | -48,85 / -25,58  | Veg. (EA)        | 175                   | Dd e Fd     | 130             | 3,01                  | 11  | 74,9   |
|                    | -48,82 / -25,60  | Veg. (EA)        | 176                   | Dd, Da e Fd | 85              | 0,18                  | 10  |  |
|                    | -48,82 / -25,61  | Veg. (EA)        | 175                   | Da e Fd     | 76              | 0,23                  | 11  |  |
|                    | -48,79 / -25,60  | Veg. (EA)        | 181                   | Da e Fd     | 105             | 1,17                  | 12  |  |
|                    | -48,75 / -25,57  | Veg. (EA)        | 186                   | Dd e Fd     | 86              | 0,04                  | 9   |  |
|                    | -48,71 / -25,57  | Veg. (EA)        | 186                   | Dd          | 120             | 0,02                  | 8,5 |  |
| Baía de Antonina   | -48,71 / -25,53  | Veg. (EA) e Agr. | 174                   | Dd, Da e Ma | 76              | 3,22                  | 11  | 44,29  |
| Rio Jacareí        | -48,70 / -25,55  | Veg. (EA)        | 175                   | Dd, Da e Fd | 71              | 0,05                  | 9,8 | 63,93  |

| Bacia Hidrográfica | Áreas de Maior Potencial para a Produção de Sedimentos a Partir da Implantação do Empreendimento (ADA) |           |                       |             |                 |                       |     | Estimativa de Produção Anual de Sedimentos por Bacia Hidrográfica (RUTYNA et al., 2021), em t.km <sup>2</sup> .a <sup>-1</sup> |
|--------------------|--|-----------|-----------------------|-------------|-----------------|-----------------------|-----|--|
|                    | Coordenadas Centrais   | Uso Atual | Erosividade Climática | Morfogênese | Declividade (%) | AC (km <sup>2</sup> ) | IPE |  |
|                    | -48,69 / -25,56  | Veg. (EA) | 179                   | Dd, Da e Fd | 80              | 1,73                  | 13  |  |
|                    | -48,69 / -25,55  | Veg. (EM) | 180                   | Fa e Ma     | 18              | 0,98                  | 12  |  |
| Rio Ribeirão       | -48,65 / -25,56  | Veg. (EM) | 177                   | Dd, Da e Ma | 50              | 4,12                  | 12  | 53,17  |

Nota: Veg. (EA): vegetação em estágio avançado; Veg. (EM): vegetação em estágio médio; D: morfogênese denudacional; F: morfogênese fluvial; M: morfogênese fluviomarinha; d: processo morfogenético degradacional; a: processo morfogenético agradacional.

Fonte: Elaborado pela Fipe.

### 5.1.4.3.3 Considerações Finais

A caracterização da produção de sedimentos no Trecho V denota a importância do tema vinculado ao assoreamento dos rios e das baías, e às mudanças da dinâmica hidrosedimentológica das bacias hidrográficas. Como exemplo, cita-se que anualmente são retirados mais de quatro milhões de metros cúbicos de material sedimentar para viabilizar acessibilidade aos navios no Complexo Estuarino de Paranaguá, que produz quase 200 mil toneladas de sedimento por ano (RUTYNA et al., 2021).

Os modelos previsionais de áreas com predisposição à produção de sedimentos, quando simplificados, enfatizam essencialmente o uso do solo, os litotipos, as classes de solo e o relevo como condicionantes dos processos. Em análises mais complexas e abrangentes, que contemplem outros fatores, é imprescindível considerar a relação entre intensidade, duração e frequência e os limiares de chuva crítica que desencadeiam processos erosivos de grande magnitude, e promovem o retrabalhamento de depósitos colúvio-aluvionares no ambiente serrano.

Conclui-se que as bacias hidrográficas a leste do Trecho V, inseridas no contexto das montanhas da Serra da Prata, possuem condicionantes pluviométricos e geoambientais com maior potencial para o incremento de produção de sedimentos. Com a finalização do Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste, num cenário superestimado, a produção anual de sedimentos pode chegar a 304,56 toneladas com as alterações na ADA, cujas bacias hidrográficas atualmente produzem 24.004 toneladas por ano. Ressalta-se, todavia, que isso depende da combinação de múltiplos fatores. Por esse motivo, esse é um valor extremo de referência, e os condicionantes apresentados nesse estudo indicam as áreas de maior potencial. Reforça-se, também, que a recorrência de precipitações extremas pode resultar em volumes expressivos de sedimentos produzidos num curto período de tempo com a deflagração de eventos episódicos, além de promover a remobilização de materiais em outros setores das bacias hidrográficas.

### 5.1.5 Solos

As principais classes de solos que serão afetadas pela implantação da Nova Ferroeste são ilustradas e descritas quanto as suas características, classificação e delimitação cartográfica, com identificação atualizada, sendo adotado para ordenação o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013).

O diagnóstico objetiva caracterizar os solos na área em que os mesmos serão potencialmente atingidos pelo empreendimento, incluindo a definição de classes de solos ao nível taxonômico das séries, caracterizadas morfológica e analiticamente, a distribuição espacial nas áreas em estudo, assim como a elaboração de mapa de solos destas áreas. Em relação às classes de solos identificadas e mapeadas, são apresentadas as respectivas percentagens com a finalidade de quantificar as interferências por classe de solo.

Os estudos foram elaborados por meio de pesquisa bibliográfica, onde a identificação e classificação balizaram-se de acordo como Mapa de Solos do Estado do Paraná elaborado pela Embrapa Solos (2008) na escala 1:2.500.000, Mapa de Solos do Estado do Mato Grosso do Sul elaborado pela Seplan-MS (1985) na escala 1:1.000.000 e Mapa de Solos do Litoral do Estado do Paraná elaborado por Lageamb (2015) na escala 1:50.0000.

Além do levantamento bibliográfico, foram realizados levantamentos de reconhecimento em campo, percorrendo-se as principais vias de acesso situadas na Área Diretamente Afetada (ADA), e nas proximidades do eixo de implantação da Nova Ferroeste. Os perfis de amostragem representativos foram descritos de acordo com a metodologia para descrição e identificação de classes, registrando suas principais características, incluindo a delimitação dos horizontes com identificação e registro das características morfológicas, caracterizando a transição entre horizontes, topografia da transição, profundidade e espessura, cor, textura, estrutura, tamanho e grau da estrutura, porosidade, cerosidade, consistência, plasticidade e pegajosidade e demais características que se façam representativas.

Os resultados estão separados em Área de Estudo (AE) e ADA do empreendimento. Para a AE, estão descritas as principais classes de solos identificadas, em acordo com o material disponível para a prospecção dos solos. Foram utilizadas imagens Srtm, base viária do Ibge e Mapa de Solos do Estado do Paraná elaborado pela Embrapa Solos (2008) na escala 1:2.500.000, Mapa de Solos do Estado do Mato Grosso do Sul elaborado pela Seplan-MS (1985) na escala 1:1.000.000, Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – Itcg (2017) e Mapa de Solos do Litoral do Estado do Paraná elaborado por Lageamb (2015) na escala 1:50.0000.

Para a ADA do empreendimento, foram caracterizadas as classes de solos identificadas em amostragem realizada a campo e, posteriormente, são apresentadas as descrições morfológicas e os perfis representativos de cada uma delas, onde se pode obter informações sobre as condições do local de amostragem, características do meio físico e dados sobre a sua morfologia.

#### **5.1.5.1 Área de Estudo**

Na AE foram identificadas, através de revisão bibliográfica, oito classes de solos que estão mapeadas na escala de 1:100.000, no Apêndice 5-11 – Mapa de Pedologia.

As classes são descritas de maneira sucinta quanto as suas principais características e limitações, as informações detalhadas da descrição das classes e de perfis representativos amostrados são apresentadas na área diretamente afetada do empreendimento. A classificação e descrição dos solos foi efetuada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013).

##### **a) Latossolos**

São solos profundos e altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e bases trocáveis do perfil. No perfil de um latossolo, a transição entre os horizontes é gradual e difusa, e a textura, geralmente, grumosa ou granular média a fina exibe-se de maneira homogênea, não havendo transporte de argila de horizontes superficiais para horizontes mais profundos. Nessas coberturas, os solos apresentam elevada acidez, onde os ácidos orgânicos ocorrem como fração mais expressiva da porção húmica, visto que esta é,

rapidamente, decomposta e lixiviada, o que acaba por impossibilitar um acúmulo representativo.

Quando a vegetação associada apresenta maior densidade foliar, o latossolo tende a apresentar menor distrofismo ou maior disponibilidade de bases. Não é rara a presença de horizontes superficiais eutróficos.

Ocorrem, na AE do empreendimento em relevo plano, suave ondulado a ondulado, com boa permeabilidade e porosidade. Apresentam textura média a argilosa, variando de bem à acentuadamente drenados. Constatou-se na AE a ocorrência de aproximadamente 50% da superfície total com essa classe de solo, a qual é dividida em três unidades de mapeamento, conforme descreve-se a seguir:

- LATOSSOLO VERMELHO (LV) - Ocorrência de 45,69%;
- LATOSSOLO BRUNO (LB) - Ocorrência de 4,86%; e
- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA) - Ocorrência de 0,09%.

A unidade dominante, o Latossolo Vermelho (LV), apresenta ótimas propriedades físicas, boa estabilidade, alta porosidade, boa permeabilidade, quando associados a relevo plano a suave ondulado, apresentando uma elevada resistência à erosão.

As principais limitações são riscos com erosão e impedimentos à mecanização quando associados a relevo suave ondulado.

#### b) Cambissolos

Essa é uma classe formada por solos pouco desenvolvidos, cuja pedogênese já alterou o material de origem, mas ainda são encontrados fragmentos de minerais primários e materiais pedregosos e rochosos. O horizonte diagnóstico é o B incipiente (Bi) e apresenta espessura máxima de 50 cm e, em geral, não há acumulação de argila em horizontes superficiais. Na AE do empreendimento, correspondem a aproximadamente 10% da área, onde foram identificadas as seguintes unidades de mapeamento, que seguem com as respectivas porcentagens de ocorrência na área.

- CAMBISSOLO HÁPLICO (CX) – Ocorrência de 9,26%;
- CAMBISSOLO HÚMICO (CH) – Ocorrência de 1,31%; e
- CAMBISSOLO FLÚVICO (CY) – Ocorrência de 0,11%.

Tendo ocorrência predominante do Cambissolo Háplico (CX), os Cambissolos, geralmente, estão associados a relevos mais movimentados, o que não exclui o seu aparecimento em relevos planos a suave ondulados. O material de origem desses solos, é representado por substratos de migmatitos.

De um modo geral, são solos bastante suscetíveis à erosão, por ocuparem áreas de relevo ondulado a forte ondulado. Características de pequena profundidade, baixa fertilidade natural, ocorrência em relevo declivoso, presença de cascalhos para alguns são as principais limitações ao uso agrícola apresentadas por essa classe. Isto faz com que o uso mais intensivo verificado sobre os mesmos, seja com pastagens.

#### c) Neossolos

Em geral os Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico.

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, poucos evoluídos com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha (R), ou sobre horizonte C pouco espesso. Apresentam, normalmente, rochosidade, pedregosidade, cascalhos e concreções, relacionados, via de regra, com a natureza do material de origem. Ocorrem, predominantemente, em relevo forte ondulado e escarpado. O horizonte A moderado predomina, seguido do A fraco, apresentam argila de baixa atividade e alta atividade e textura média, arenosa e argilosa.

Já os Neossolos Quartzarênicos são solos altamente arenosos em todo o perfil, essencialmente quartzosos, excessivamente drenados, profundos e de baixa fertilidade natural. Esses solos possuem baixa capacidade de troca catiônica, em consequência dos teores baixos em argila e de matéria orgânica. Mineralogicamente, são dominados por quartzo, apresentando baixa reserva de nutrientes para as plantas, sendo essas as

principais limitações desta classe. Possuem muito baixa porcentagem de bases trocáveis e muito baixa saturação (distrófico).

Na AE do empreendimento, correspondem a aproximadamente 10% com a seguinte distribuição:

- NEOSSOLO LITÓLICO (RL) – Ocorrência de 9,61%; e
- NEOSSOLO QUARTAZARÊNICO (RQ) – Ocorrência de 0,87%.

As limitações mais comuns são: a pequena espessura do solo, a frequente ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, a grande suscetibilidade à erosão, mormente em áreas de relevo acidentado que são as mais comuns de sua ocorrência. Em alguns casos, há também o problema da baixa fertilidade natural, que impõe a necessidade de correções químicas.

#### d) Argissolos

São solos profundos a pouco profundos, bem a moderadamente drenados, ocorrendo, ocasionalmente, solos rasos com transição abrupta e argila de atividade alta (Ta) e, também, solos com teores variáveis de cascalho e estrutura em blocos subangulares e angulares.

São solos que formam classes bastante heterogêneas, que tem em comum aumento substancial no teor de argila com a profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte superficial, denominado de B textural.

Na AE, estima-se uma ocorrência de aproximadamente 11% da superfície total da área com essa classe, com a seguinte distribuição:

- ARGISSOLO VERMELHO (PV) – Ocorrência de 6,97%;
- ARGISSOLO VERMELHO AMARELO (PVA) – Ocorrência de 4,91%.

As principais limitações ao uso agrícola são: ocorrência em relevo movimentado, baixa fertilidade natural (solos álicos e distróficos) e, em alguns solos, a ocorrência de fase cascalhenta.

e) Nitossolos

São solos derivados de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos, ou com influência de carbonatos no material de origem. Apresentam semelhança com os Argilossolos, porém, com gradiente textural menos expressivo. Sua cor vermelha-escura tende a arroxeadada. Possuem estrutura, normalmente, bem desenvolvida no horizonte B textural (Bt), conferida por ser prismática ou em blocos subangulares. A cerosidade em geral é expressiva.

Na AE estima-se uma ocorrência de, aproximadamente, 12% desta classe, com a seguinte distribuição:

- NITOSSOLO VERMELHO (NV) – Ocorrência de 9,85%; e
- NITOSSOLO HÁPLICO (NX) – Ocorrência de 2,69%.

As maiores frequências aparecem em relevo ondulado, com horizonte A moderado e textura, normalmente, argilosa, apresenta alta fertilidade natural (classes com baixo a muito baixo para o valor saturação por alumínio (m%) e alto a médio para o valor de saturação por bases (V%) e, boas características físicas.

Esses solos possuem boas condições físicas e químicas para o aproveitamento agrícola. Entretanto, ocorrem em relevo um tanto acidentado, o que limita a mecanização das lavouras.

f) Gleissolos

Sob essa denominação estão compreendidos solos mal ou muito mal drenados, nos quais as características zonais, determinadas pela ação do clima e vegetação, não se desenvolvem integralmente em virtude da restrição imposta pela grande influência da água no solo, condicionada sempre pelo relevo e natureza do material originário. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por apresentar cores neutras nos horizontes subsuperficiais, geralmente com mosqueados proeminentes sob fundo de cromas baixas, em virtude da redução do ferro, indicativo de gleização. Apresenta ainda, em alguns casos, acúmulo superficial de matéria orgânica.

São solos minerais hidromórficos, com horizonte glei abaixo do horizonte superficial (A ou H com menos de 40 cm), e cores de redução (normalmente cinzentas e azuladas) em decorrência do ferro em sua forma reduzida.

São encharcados, ocorrendo em áreas baixas, com textura variável, argila de atividade baixa, saturação por bases normalmente baixa, quase sempre distróficos.

Na AE estima-se uma ocorrência de, aproximadamente, 2,02 % desta classe, com a seguinte distribuição:

- GLEISSOLOS MELÂNICOS (GM) – Ocorrência de 1,02%;
- GLEISSOLOS HÁPLICOS – Ocorrência de 0,93%; e
- GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS – Ocorrência de 0,07%.

As principais limitações ao uso agrícola decorrem da má drenagem, com presença de lençol freático alto, e dos riscos de inundação que são frequentes. Há, também, algumas limitações ao emprego de máquinas agrícolas. Em alguns locais mais bem drenados ou artificialmente drenados, são utilizados com culturas anuais.

#### g) Espodossolos

São solos arenosos constituídos por material mineral originários, principalmente, de materiais arenoquartzosos, apresentando horizonte B espódico imediatamente abaixo do horizonte E. A presença do Horizonte E é característico dessa classe, trata-se de um horizonte mineral subsuperficial que apresenta redução de matéria orgânica, ocasionando alteração da cor, a qual é determinada principalmente pela cor das partículas primárias de areia e silte. Seguido por Horizonte B de cor escura, devido ao acúmulo da matéria orgânica.

Ocorrem associados a locais de umidade elevada, variando de pouco profundos até muito profundos. A drenagem é muito variável, havendo estreita relação entre profundidade e grau de desenvolvimento. Podem apresentar endurecimento ou cimentação do horizonte diagnóstico (B espódico).

Na AE correspondem a 0,26%, sendo predominante o Espodossolo Humilúvico (EK), associado à planície litorânea paranaense.

São solos hidromórficos e, devido à característica predominantemente arenosa aliada à alta permeabilidade, apresentam grandes restrições para o uso, sendo indicados para preservação ambiental.

#### h) Organossolos

Na classe dos Organossolos incluem solos pouco desenvolvidos caracterizados pelo acúmulo de matéria orgânica, fato que confere a este solo a coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição.

Tem ocorrência em ambientes de mal a muito mal drenados ou saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso, como em ambientes úmidos e frios de altitudes elevadas.

Na AE estima-se a ocorrência de, aproximadamente, 0,87% desta classe, com a seguinte distribuição:

- ORGANOSSOLO HÁPLICO (OX) – Ocorrência de 0,45%; e
- ORGANOSSOLO MÉSICO (OY) – Ocorrência de 0,42%.

Quando sob cultivo, após a retirada do excesso d'água pela drenagem, esses solos tendem a diminuir de volume, causando um rebaixamento superficial bastante acentuado. Esse rebaixamento é devido, também, à ação dos microrganismos responsáveis pela decomposição dos compostos orgânicos.

#### 5.1.5.2 Considerações Sobre os Solos na AE

Na sequência é apresentada a síntese dos percentuais de ocorrência de cada classe de solo na AE do empreendimento (Tabela 5-49).

**Tabela 5-49: Classificação de Solos na AE**

| Ordem      | Classe do Solo             | Unidade de Mapeamento | Ocorrência AE (%) |
|------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Latossolos | Latossolo Vermelho         | LV                    | 45,69             |
|            | Latossolo Bruno            | LB                    | 4,86              |
|            | Latossolo Vermelho-Amarelo | LVA                   | 0,09              |

| Ordem                | Classe do Solo             | Unidade de Mapeamento | Ocorrência AE (%) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Nitossolos           | Nitossolo Vermelho         | NV                    | 9,85              |
|                      | Nitossolo Háplico          | NX                    | 2,69              |
| Argissolos           | Argissolo Vermelho         | PV                    | 6,97              |
|                      | Argissolo Vermelho-Amarelo | PVA                   | 4,91              |
| Cambissolo           | Cambissolo Háplico         | CX                    | 9,26              |
|                      | Cambissolo Húmico          | CH                    | 1,31              |
|                      | Cambissolo Flúvico         | CY                    | 0,11              |
| Neossolos            | Neossolo Litólico          | RL                    | 9,61              |
|                      | Neossolo Quartzarenico     | RQ                    | 0,87              |
| Gleissolos           | Gleissolo Melânico         | GM                    | 1,02              |
|                      | Gleissolo Háplico          | GX                    | 0,93              |
|                      | Gleissolo Tiomórfico       | GJ                    | 0,07              |
| Organossolos         | Organossolo Háplico        | OX                    | 0,45              |
|                      | Organossolo Mésico         | OY                    | 0,42              |
| Espodossolos         | Espodossolo Humilúvico     | EK                    | 0,26              |
| Afloramento De Rocha |                            | AR                    | 0,49              |
| Massa d'água         |                            |                       | 0,13              |
| <b>Total</b>         |                            |                       | <b>100</b>        |

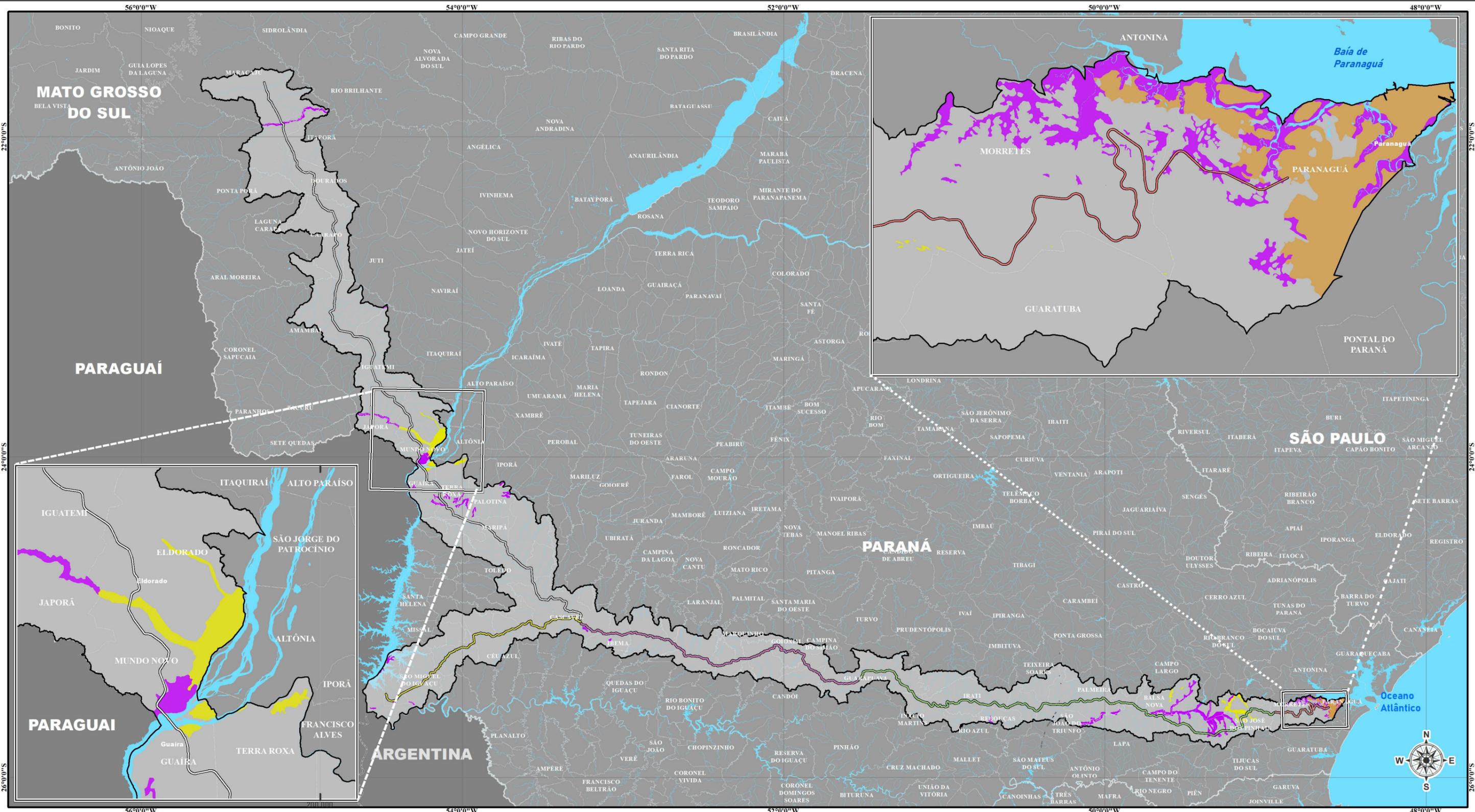
Fonte: Elaborado pela Fipe.

#### 5.1.5.2.1 Solos Hidromórficos

Na AE do empreendimento foi constatada a presença de solos hidromórficos tendo ocorrência localizada nos Trechos I, IV e V como é possível observar no Mapa 5-2. No Trecho I, os Gleissolos e Organossolos são associados aos das áreas de várzea dos rios Santa Maria, Iguatemi e Paraná, no Trecho IV ocorrem os Gleissolos e Organossolos associados as áreas de várzeas dos rios Iguaçu, Maurício e Miringuava Mirim, já no Trecho V os Gleissolos e Espodossolos (EKg) estão associados as áreas da planície litorânea.

Solos hidromórficos apresentam grandes restrições para o uso, bem como ao emprego de maquinário, decorrente da má drenagem e dos riscos de inundação frequentes. Vale destacar que a presença destes solos em áreas úmidas e seus respectivos entornos protetivos, no estado do Paraná, são resguardados pela Resolução Conjunta Ibama/Sema/IAP nº 005/2008 que define critérios para avaliação das áreas úmidas e seus

entornos protetivos, normatiza sua conservação e estabelece condicionantes para o licenciamento das atividades nelas permissíveis.



**LEGENDA**

- Área de estudo - meios físico e biótico
- Limite municipal
- Limite estadual
- Limite internacional

**Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste**

- Divisão de trechos - meio biótico**
- I - Maracaju a Cascavel
  - II - Foz do Iguaçu a Cascavel
  - III - Cascavel a Guarapuava
  - IV - Guarapuava a São José dos Pinhais
  - V - São José dos Pinhais a Paranaguá

**Solos Hidromórficos**

- ESPODOSSOLOS
- GLEISSOLOS
- ORGANOSSOLOS

agosto/2021  
 ESCALA 1:2.500.000  
  
 Projeção policônica  
 Datum horizontal: SIRGAS 2000.  
 Datum vertical: Marégrafo Imbituba, SC.



**5-2 SOLOS HIDROMÓRFICOS**

**EMPREENDEDOR**  
 Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (SEIL)

**EMPREENDIMENTO**  
 Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste

**FONTE DADOS**  
 Áreas de estudo: FIPE, 2021; Nova Ferroeste: GOV-PR, 2021;  
 Limite estadual e cidades: IBGE, 2020;  
 Pedologia: EMATER, EMBRAPA, 2008, SEPLAN-MS, 1985 e LAGEAMB, 2021.



### **5.1.5.3 Área Diretamente Afetada**

Na ADA foram identificadas, caracterizadas e mapeadas, oito classes de solos e/ou tipos de terrenos, em escala 1:100.000.

Os critérios para descrição e identificação de classes de solos, foram estabelecidos de acordo com as normas sugeridas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS & SANTOS, 1996), e de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013).

A seguir é apresentada a caracterização das classes de solos identificadas na amostragem realizada a campo, e as descrições morfológicas dos perfis representativos de cada uma delas, em que se pode obter informações sobre as condições do local da amostragem, características do meio físico e dados sobre a sua morfologia.

### **5.1.5.4 Latossolos**

São formados pelo processo denominado latolização, que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , etc.), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes. O processo de lixiviação de bases ao longo do seu perfil, resulta em um manto de alteração no qual o material encontra-se altamente intemperizado, com alteração intensa dos silicatos e concentração residual de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Trata-se de solos envelhecidos, normalmente ácidos a fortemente ácidos (com exceção de alguns eutróficos), de boa drenagem apesar de serem, muitas vezes, bastante argilosos.

O teor de argila pode variar bastante nesses solos, o que possibilita a sua diferenciação textural em textura média, com teor de argila no horizonte B variando de 15 a 35% e textura argilosa, com teor de argila variando de 35 a 60%.

O horizonte diagnóstico é o B latossólico (Bw) e é constituído por uma espessura mínima de 50 cm que apresenta, em geral, textura franco arenosa a argilosa, baixa capacidade de troca de bases, grande estabilidade dos agregados, microestrutura ou blocos subangulares fracos a moderados e poucos minerais resistentes ao intemperismo.

As principais características desta classe de solos são a transição difusa ou gradual entre os horizontes, exceto quando existir Ap (horizonte superficial utilizado para designar modificações da camada superficial por aração ou outras pedoturbações), ausência ou escassez de cerosidade nos horizontes, baixa capacidade de troca catiônica das argilas, colorações vermelhas, avermelhadas, amareladas ou brunadas no horizonte B, ausência ou quase ausência de desenvolvimento estrutural, solo friável a friável quando úmido, apresenta alta porosidade e alta permeabilidade, normalmente possui baixo conteúdo de fósforo assimilável, relação silte/argila deve ser menor que 0,7 nos solos de textura média e 0,6 nos solos de textura argilosa, etc.

A principal limitação ao uso agrícola é a baixa fertilidade, pois possuem ótimas condições físicas que aliadas ao relevo plano e suave ondulado onde ocorrem, favorecem a sua utilização com as mais diversas culturas.

Em relação à erosividade, os latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, têm a estrutura destruída, levando à redução da porosidade do solo e conseqüente formação de uma camada compactada, o que facilita a erosão, além de reduzir a produtividade, dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva.

De forma geral, os latossolos apresentam baixo potencial de perda de solos, pois ocupam áreas de relevo plano a suave ondulado e apresentam certa estruturação e drenagem muito eficiente. Entretanto, quando submetidos a desmatamento e concentração de escoamento superficial, o risco de desenvolvimento de processos erosivos, principalmente do tipo linear, é incrementado de forma significativa.

Na ADA estão presentes nos Trechos I, II, III e IV, estimando-se uma ocorrência de 54% dessa classe, sendo a mais representativa na ADA (assim como apresentado na AE). A porcentagem de ocorrência de cada subordem é apresentada abaixo.

- LATOSSOLO VERMELHO – Ocorrência de 46,49%; e
- LATOSSOLO BRUNO – Ocorrência de 8,13%.

Os Latossolos Vermelhos compreendem solos minerais não hidromórficos, com matiz igual ou mais vermelho que 2,5YR. Essa cor é resultante da presença mineral do óxido

de ferro hematita, ocorrendo em altitudes médias associados a relevo plano, suave ondulado e ondulado, podendo apresentar textura desde muito argilosa a média. Os Latossolos Vermelhos distróficos (LVd) são os mais abundantes no Trecho I presentes também no Trecho IV, seguidos pelos distroféricos (LVdf) mais abundantes no Trecho II, já os eutróficos (LVe) e eutroféricos (LVef) tem ocorrência nos Trechos I e II entre os municípios de Guaíra, Cascavel e Medianeira.

**Foto 5-163: Latossolo Vermelho em Guarapuava - Trecho III**



Fonte: Luciana Cardon, 02/02/2021.

**Foto 5-164: Latossolo Vermelho em Cascavel - Trecho I**



Fonte: Luciana Cardon, 07/02/2021.

Os Latossolos Brunos também compreendem solos minerais não hidromórficos, com matiz mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Ocorrem em relevo suave ondulado a ondulado, ocupando na paisagem as superfícies mais estáveis, situadas quase sempre nos divisores de água.

Em condições naturais estes solos apresentam uma severa deficiência química, expressa por valores muito baixos da soma de bases trocáveis e da saturação por bases, pelos elevados teores de alumínio trocável ao longo do perfil e pelos índices de pH, em geral próximos ou inferiores a 5,0.

**Foto 5-165: Perfil de Latossolo Bruno -  
Trecho III**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-166: Latossolo Bruno em  
Guarapuava Trecho III**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

Podem ser considerados como solos de altitude no estado do Paraná, por ocorrerem em altitudes quase sempre superiores a 900 m, o que condiciona a prevalência de um clima frio e úmido. Possuem um horizonte A espesso (30 cm ou mais em condições naturais), e elevados teores de matéria orgânica, entre 4 e 6% no A1 ou Ap.

A baixa fertilidade natural é o principal fator capaz de restringir o uso agrícola desses solos. Todavia, o emprego maciço de corretivos e fertilizantes ao longo dos anos, além da correção da acidez e elevando os níveis de nutrientes a um patamar adequado, determina melhora no potencial produtivo dos solos destas classes.

Na ADA, os Latossolos Bruno distróficos (LBd) apresentam ampla ocorrência relacionada ao Trechos III, nas proximidades do município de Guarapuava e no Trecho IV na área rural de São José dos Pinhais, onde ocorre também a Latossolo Bruno ácrico (LBw) associados a remanescentes de vegetação natural como as florestas subtropicais perinifólias e os campos subtropicais. Foram constatadas também áreas antropizadas e com culturas temporárias, sendo a produção mais significativa a de olerícolas, em relevo suave ondulado a ondulado, o que acaba por diminuir o uso de maquinário agrícola.

Os perfis apresentados na sequência são representativos dos solos dessa ordem, e sintetizam as principais características morfológicas e físicas dos mesmos.

**PERFIL n° 01** (número de campo P01)

DATA – 02/02/2021.

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO BRUNO, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LBd.

LOCALIZAÇÃO – Trecho IV, Município de Guarapuava.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.197.373, E 459.127

SITUAÇÃO E DECLIVE – Talude de estrada, área em pousio.

ALTITUDE – 1091 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Derrames de basalto.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subtropical perenifólia.

USO ATUAL – Remanescente florestal.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Ap – 0 – 16 cm; Bruno-escuro (7,5YR 4/3); textura argilosa; moderada; muito pequena; granular; muito friável; porosidade muito pequena; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

AB – 16 - 38 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); textura argilosa; moderada; pequena; blocos subangulares; muito friável; porosidade pequena; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

BW1 – 38 - 90 cm; Vermelho-amarelado (5YR 4/6); textura argilosa; moderada; média; blocos angulares; friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

BW2 – 90 cm +; Bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); textura argilosa; fraca; pequena; blocos subangulares; muito friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

Raízes: Muitas no Ap e comuns no AB.

A seguir, na Foto5-167 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 01 de Latossolo Bruno, e na Foto 5-168 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-167: Perfil de Latossolo Bruno - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-168: Vista sobre perfil de Latossolo Bruno -Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**PERFIL nº 02** (número de campo P05)

DATA – 08/03/2021.

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa, A moderado, fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LVd.

LOCALIZAÇÃO – Trecho IV, Município de Contenda.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.161.143, E 643.817.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Talude de estrada, área em cultivo de soja.

ALTITUDE – 915 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Guabirotuba

MATERIAL ORIGINÁRIO – Complexo Gnáissico-Migmatítico

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subtropical perenifólia.

USO ATUAL – Remanescente florestal.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Ap – 0 – 13 cm; Bruno-avermelhado (5YR 4/4); textura argilosa; fraca; muito pequena; granular; muito friável; porosidade muito pequena; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

AB – 13 - 70 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3); textura argilosa; fraca; pequena; blocos subangulares; muito friável; porosidade pequena; não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

BW1 – 70 - 130 cm; Vermelho (2,5YR 5/6); textura argilosa; fraca; pequena; blocos angulares; friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

BW2 – 130- 170 cm +; Vermelho (2,5YR 5/6); textura argilosa; fraca; pequena; blocos subangulares; friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e ondulada.

Raízes: Muitas no Ap e comuns no BA.

A seguir, na Foto 5-169 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 02 de Latossolo Bruno, e na Foto 5-170 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-169: Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-170: Vista Sobre Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**PERFIL n° 03** (número de campo P07)

DATA – 08/04/2021.

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, textura argilosa, A moderado, fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LVd

LOCALIZAÇÃO – Trecho II, Município de Medianeira.

COORDENADAS UTM – Zona 21, S 7.196.748, E 785.967.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Corte de terraplanagem.

ALTITUDE – 407 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Derrames de basalto.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Fortemente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta tropical perenifólia.

USO ATUAL – sem uso.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A – 0 – 30 cm; Vermelho (2,5YR 5/6); textura argilosa; fraca; muito pequena; granular; friável; porosidade muito pequena; plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

BW1 – 30 - 80 cm; Vermelho (2,5YR 5/6); textura argilosa; fraca; pequena; blocos subangulares; friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e irregular.

BW2 – 80 - 150 cm +; Vermelho (2,5YR 5/6); textura argilosa; fraca; pequena; blocos subangulares; ligeiramente dura; porosidade pequena; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

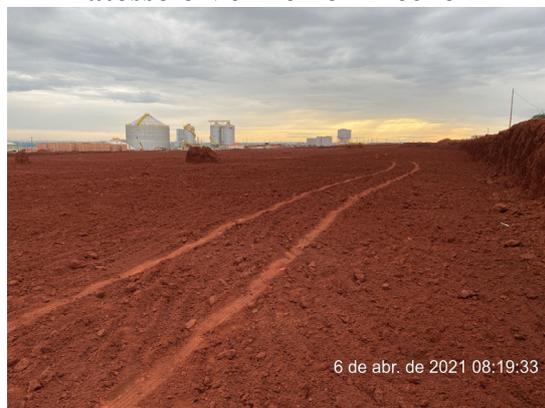
Na Foto 5-171 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 03 de Latossolo Bruno, e na Foto 5-172 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-171: Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho II**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-172: Vista Sobre Perfil de Latossolo Vermelho -Trecho II**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

#### **5.1.5.5 Cambissolos**

Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C com ou sem R.

São solos pouco profundos a rasos, com pequena diferenciação de horizontes, sem acumulação de argila, textura franco-arenosa ou mais argilosa. As cores são variáveis, desde amareladas até avermelhadas.

Podem apresentar-se distróficos ou eutróficos. Quando eutróficos, mesmo que os minerais primários, que se decompõem relativamente rápidos, apareçam em porcentagem baixa na fração areia e/ou cascalho, quando for o caso, esses solos devem sempre apresentar atividade de argila de média a alta.

As principais limitações ao uso agrícola são: pequena profundidade, baixa fertilidade natural e ocorrência em relevo declivoso. Para alguns a presença de cascalhos são as

principais limitações. Essas características fazem com que o tipo de uso mais intensivo verificado sobre os mesmos, seja com pastagem.

De maneira geral são solos muito susceptíveis à erosão, principalmente pela presença de elevados teores de silte e pequena profundidade. Sulcos de erosão são muito comuns sobre os mesmos, sendo de grande importância o uso de práticas conservacionistas.

Na ADA estão presentes nos Trechos III, IV e V, estimando-se uma ocorrência de 15,8 % dessa classe, onde foram identificadas as subordens abaixo, que seguem com as porcentagens de ocorrência na ADA:

- CAMBISSOLO HÁPLICO – Ocorrência de 14,27%;
- CAMBISSOLO HÚMICO – Ocorrência de 1,53%; e
- CAMBISSOLO FLÚVICO – Ocorrência de 0,21%.

Os Cambissolos Háplicos ocorrem em altitudes que variam entre 750 a 1100 metros, associados a relevo suave ondulado a forte ondulado. Apresentam textura argilosa, elevados teores de alumínio trocável, médios a altos teores de matéria orgânica. Os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos (CXbd) tem ocorrência registrada nos Trechos III, IV e V, predominantes na região da Serra do Mar, bem como no entorno do município de Porto Amazonas. Os Cambissolos Háplicos Alumínios (CXa) ocorrem nos Trechos III e IV com predomínio no entorno do município de Irati, e caracterizam-se pela presença elevada de alumínio trocável.

Os Cambissolos Húmicos Alumínicos (CHa) apresentam horizonte A do tipo húmico característico, elevados teores de alumínio e matéria orgânica e textura argilosa, tem ocorrência registrada no Trecho IV, na região onde o traçado do empreendimento intercepta o município de Inácio Martins.

**Foto 5-173: Cambissolo Húmico  
Guarapuava -Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-174: Cambissolo Háplico em  
Porto Amazonas - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

Os Cambissolos Flúvicos Tb distróficos (CYbd) tem ocorrência associada ao Trecho V, no município de Paranaguá. São solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ao longo de várzeas, apresentam textura argilosa, associados a relevo plano e vegetação primária de floresta tropical perenifólia de várzea.

Em condições naturais, estes solos são inaptos para agricultura pela sua baixa fertilidade natural e pelos elevados teores de alumínio trocável. Para sua utilização, necessitam grandes quantidades de corretivos e fertilizantes além de práticas intensivas de controle à erosão quando associados a relevos mais movimentados.

O perfil de solo de número 04 apresentado a seguir, é representativo dos solos dessa ordem e sintetiza as principais características morfológicas e físicas dos mesmos.

**PERFIL n° 04** (número de campo P03)

DATA – 01/02/2021.

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico, textura argilosa, A moderado, fase campo subtropical, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CHa.

LOCALIZAÇÃO – Distrito Guará, município de Guarapuava.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.189.813, E 472.540.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Talude de estrada, área de pastagem.

ALTITUDE – 1134 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Derrames de basalto.

PEDREGOSIDADE – Pouco aparente.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo subtropical.

USO ATUAL – Pastagem natural.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A – 0 – 10 cm; Bruno-acinzentado-escuro (10YR 3/2); textura argilosa; moderada; muito pequena; granular; friável; porosidade pequena; ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e plana.

AB – 10 - 30 cm; Bruno-escuro (10YR 3/3); textura argilosa; moderada; pequena; blocos subangulares; firme; porosidade muito pequena; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bi – 30 - 70 cm; Bruno-escuro (10YR 3/3); textura argilosa; fraca; média; blocos subangulares; ligeiramente firme; porosidade pequena; ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

C – 70 - 100 cm +; Amarelo-brunado (10YR 3/4); textura argilosa; forte; média; blocos angulares; firme; porosidade pequena; plástico e pegajoso; transição difusa e irregular.

Raízes: Muitas no A, comuns no AB e Bi e raras no C.

A seguir, na Foto 5-175 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 04 de Cambissolo Húmico e na Foto 5-176, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-175: Perfil de Cambissolo Húmico - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 02/07/2021.

**Foto 5-176: Vista Sobre Perfil de Cambissolo Húmico**



Fonte: Luciana Cardon, 02/07/2021.

Os Cambissolos quando associados ao relevo forte ondulado ou montanhoso, como nas encostas e sopés dos morros e colinas com declividades acentuadas, são muito susceptíveis à erosão, além de apresentarem risco de deslizamento, em decorrência do relevo e/ou reduzida profundidade do solo.

**Foto 5-177: Perfil de Cambissolo Háplico - Trecho V**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

**Foto 5-178: Cicatriz de deslizamento em Cambissolo Háplico - Trecho V**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

#### 5.1.5.6 Neossolos

São solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com predomínio de características herdadas do material originário.

Na ADA os Neossolos são observados em todos os Trechos (I, II, III, IV e V) e estima-se uma ocorrência de 10,4 % dessa classe, onde foram identificadas as subordens abaixo, que seguem com as porcentagens de ocorrência.

- NEOSSOLO LITÓLICO – Ocorrência de 9,52%; e
- NEOSSOLO QUARTZARÊNICO – Ocorrência de 0,79%.

Os Neossolos Litólicos compreendem solos com pequena expressão dos processos pedogenéticos, em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que pode impedir ou limitar a evolução desses solos.

São solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que dois milímetros (cascalhos, calhaus e matacões), e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

A frequente ocorrência de pedregosidade no seu perfil, a pequena espessura do solo e a grande susceptibilidade à erosão, são as limitações mais comuns ao uso agrícola desses solos.

Há também o problema de baixa fertilidade natural, que impõe a necessidade de correções químicas. As áreas onde se encontra esse tipo de solo são mais apropriadas para preservação da flora e da fauna.

A susceptibilidade à erosão é altíssima em qualquer dos casos, e é determinada basicamente pela ocorrência do substrato rochoso à pequena profundidade. Esse fato é agravado em função da ocorrência principal desse tipo de solo em locais declivosos.

**Foto 5-179: Neossolo Litólico em Guarapuava - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

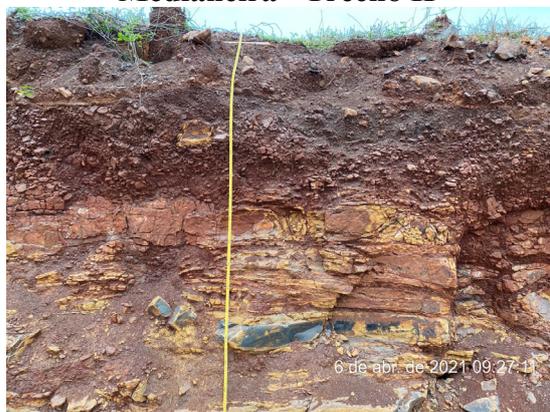
**Foto 5-180: Neossolo Litólico em Inácio Martins - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

Na ADA ocorre o Neossolo Litólico Eutrófico (RLe) nos trechos II, III e IV, o Neossolo Litólico Distrófico (RLd) nos trechos III e IV e o Neossolo Litólico Húmico (RLh) nos trechos III e IV. Apresentam textura frequentemente argilosa ou média no caso do RLh e são também muito heterogêneos quanto às propriedades químicas, sendo encontrados na área em maior representatividade solos eutróficos (RLe) e distróficos (RLd). Normalmente, encontram-se situados em locais com relevo forte ondulado ou montanhoso, ou suave ondulado quando húmicos.

**Foto 5-181: Neossolo Litólico em Medianeira - Trecho II**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-182: Neossolo Litólico em Inácio Martins - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

Já os Neossolos Quartzarênicos são solos altamente arenosos em todo o perfil, essencialmente quartzosos, excessivamente drenados, profundos e de baixa fertilidade natural. Esses solos possuem baixa capacidade de troca catiônica, em consequência dos teores baixos em argila e de matéria orgânica. Mineralogicamente, são dominados por quartzo, apresentando baixa reserva de nutrientes para as plantas, sendo estas as principais limitações desta classe. Possuem muito baixa porcentagem de bases trocáveis e muito baixa saturação (distróficas), podendo em alguns casos apresentar-se eutrófica.

A principal limitação ao uso agrícola dessa ordem é a sua extrema pobreza, refletida em capacidade de troca de cátions e saturação de bases muito baixas. A textura muito arenosa condiciona uma baixa retenção de umidade e de eventuais elementos nutrientes aplicados, caracterizando-se como uma fortíssima limitação ao seu aproveitamento agrícola. A preservação da vegetação natural seria a mais razoável recomendação no caso desses solos, entretanto, podem ser utilizados para o cultivo de espécies adaptadas e reflorestamentos.

São particularmente susceptíveis à erosão em profundidade, em razão de sua constituição arenosa com grãos soltos, condicionando fácil desagregabilidade de seu material constituinte, o que facilita o seu desbarrancamento, principalmente no caso de barrancos de beira de estradas e de caixas de empréstimo para retirada de material para construção. A erosão superficial também é verificada, porém, perde sua eficácia em razão da grande permeabilidade dos solos, determinada principalmente pela textura arenosa.

O Neossolo Quartzarênico (RQ), representa 0,79% de ocorrência na ADA, sendo menos representativo. Tem ocorrência no Trecho I, em manchas nos municípios de Amambaí e Iguatemi e no Trecho V, em áreas de relevo plano no município de Paranaguá.

Os perfis de número 05 e 06, apresentados a seguir, são representativos dos solos dessa ordem, e sintetizam as principais características.

#### **PERFIL n° 05 (número de campo P04)**

DATA – 03/02/2021.

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RLd.

LOCALIZAÇÃO – Município de Irati, rio Riozinho.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.174.009, E 533.529

SITUAÇÃO E DECLIVE – Corte de estrada.

ALTITUDE – 802 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Serra Alta.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Lamitos e Folhelhos.

PEDREGOSIDADE – Sim.

ROCHOSIDADE – Sim.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

USO ATUAL – Lavoura de Soja.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Ap – 0 – 15 cm; Bruno (7.5 YR 4/4); textura argilosa; fraca; média; granular; friável; média; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; clara e plana.

B – 15 – 50 cm; Bruno (7.5 YR 4/4); textura siltosa; fraca; média; granular; friável; média; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso; abrupta e plana.

C – 50+ cm; rocha não intemperizada

Raízes: Raízes aparentes em A.

A seguir, na Foto 5-183 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 05 de Cambissolo Húmico, e na Foto 5-184 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-183: Perfil de Neossolo Litólico  
-Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-184: Vista Sobre Perfil de  
Neossolo Litólico**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**PERFIL n° 06 (número de campo P08)**

DATA – 05/05/2021.

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – RQ.

LOCALIZAÇÃO – Distrito de Carajá, município de Amambai – MS.

COORDENADAS UTM – Zona 21, S 7.439.061, E 725.648.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Corte em estrada.

ALTITUDE – 330 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Caiuá.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Depósitos sedimentares.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

USO ATUAL – Pasto.

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 65 cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura arenosa; blocos subangulares; pequena; moderada; muito pequena; friável; não plástico; não pegajoso; transição gradual e irregular.

B – 65 – 100 cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura arenosa; blocos subangulares; pequena; fraca; muito pequena; ligeiramente dura; não plástico; não pegajoso; transição gradual e irregular.

C – 100+ cm; Vermelho-escuro (2.5 YR 3/6); textura arenosa; blocos subangulares; média; fraca; muito pequena; solta; não plástico; não pegajoso; transição abrupta e plana.

Raízes: Raízes aparentes em A.

A seguir, na Foto 5-185 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 05 de Neossolo Quartzarênico e na Foto 5-186, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-185: Perfil de Neossolo Quartzarênico Trecho I**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-186: Vista Sobre Perfil de Neossolo Quartzarênico**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

### 5.1.5.7 Argissolos

Compreendem solos constituídos por material mineral ou argila de atividade baixa, e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Em geral, são solos com

grande variação em características morfológicas, físicas e químicas, com o horizonte B textural contrastando com o A e/ou com o E, tanto em cor como em relação à textura, estrutura e consistência.

A sequência de horizontes mais comumente encontrada é A, Bt, C ou A, E, Bt, C. Sendo a diferenciação de horizontes mais acentuada neste último caso. A profundidade do solum (A+B) é variável, desde 100 cm ou menos, até 200 cm ou mais.

O horizonte superficial apresenta estrutura fraca em forma de grãos simples com aspecto de maciça porosa; consistência solta com solo seco e úmido, não plástico e não pegajoso. Para o horizonte B, a estrutura varia entre fraca e moderada, em blocos subangulares, enquanto a consistência varia de macio a ligeiramente duro, muito friável a friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso.

Na ADA estima-se uma ocorrência de 8% da superfície total da área com essa classe, predominando o Argissolo Vermelho – Amarelo Distrófico (PVAd) no Trecho IV, seguido pelo Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) e o Argissolo Vermelho Distrófico (PVd), ambos com ocorrência registrada no Trecho I.

As principais limitações associadas a esta classe são o relevo movimentado, baixa fertilidade natural (solos álicos e distróficos) e, em alguns solos, a ocorrência de fase cascalhenta apresentando textura média ou argilosa.

**Foto 5-187: Argissolo Vermelho-Amarelo em Irati - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-188: Argissolo Vermelho-Amarelo em Palmeira - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

O perfil de solo de número 07 apresentado a seguir é representativo dos solos dessa ordem. Sintetizam as principais características morfológicas, físicas e químicas dos mesmos.

**PERFIL n° 07** (número de campo P06)

DATA – 10/03/2021.

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – PVAd.

LOCALIZAÇÃO – Rua Miguel Zeteski (próximo a BR-376), município de São José dos Pinhais.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.164.119, E 685.290.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Corte de estrada.

ALTITUDE – 911 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Gnáissico-Migmatítico.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Migmatitos.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

USO ATUAL – Vegetação arbustiva.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A – 0 – 22 cm; Bruno escuro (7.5 YR 2.5/3); textura argilosa; fraca; pequena; granular; muito friável; porosidade média; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

E – 22 - 80 cm; Vermelho escuro (10 R 4/8); textura argilosa; moderada; pequena; blocos angulares; muito friável; porosidade média; não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

Bt – 110 - 185 cm; Rosado (2,5YR 7/2); textura argilosa; moderada; média; blocos subangulares; ligeiramente duro; porosidade muito pequena; ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

C – 185 cm +; Vermelho amarelado (5YR 5/8); textura argilosa; moderada; grande; laminar; muito friável; porosidade muito pequena; ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Raízes: Muitas no A, comuns no E.

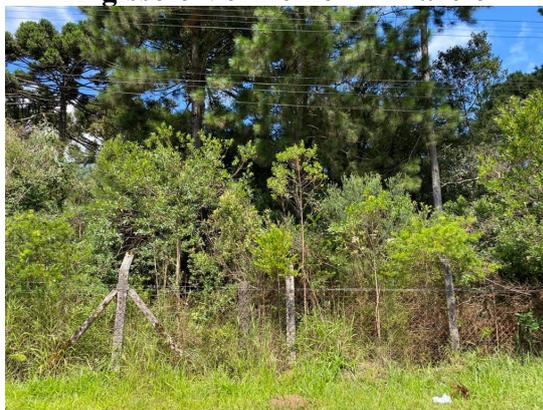
A seguir, na Foto 5-189 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 07 de Argissolo Vermelho-Amarelo, e na Foto 5-190 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-189: Perfil de Argissolo Vermelho – Amarelo**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-190: Vista sobre Perfil de Argissolo Vermelho – Amarelo**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

#### 5.1.5.8 Nitossolos

São solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, profundos, com presença de horizonte B nítico, ou seja, apresenta cerosidade com pequeno gradiente textural, com sequência de horizontes A, Bt, C.

São originados da alteração de rochas eruptivas básicas (basaltos), apresentam textura argilosa ou muito argilosa; não pedregosos ou pedregosos e profundos. As principais variações se constituem praticamente livres de pedregosidade, com maior profundidade, mais friáveis e com menor gradiente textural.

Ocorrem normalmente em relevo ondulado ou forte ondulado, podendo ocorrer também em relevo suave ondulado, com 20 a 45% de declive. São solos bem drenados, com moderada a forte suscetibilidade à erosão, principalmente pelo relevo ondulado, e em alguns casos forte ondulado, e pela presença de gradiente textural.

**Foto 5-191: Nitossolo Háplico - Irati  
Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 02/02/2021.

**Foto 5-192: Nitossolo Vermelho em  
Céu Azul Trecho II**



Fonte: Luciana Cardon, 06/04/2021.

São solos distribuídos de forma generalizada na ADA, apresentando ocorrência de 7,95% da superfície total com essa classe. Foram identificadas as subordens abaixo, que seguem com as porcentagens de ocorrência.

- NITOSSOLO VERMELHO – Ocorrência de 5,03%; e
- NITOSSOLO HÁPLICO – Ocorrência de 3,04%;

Os Nitossolos Vermelhos Eutroféricos (NVef) e os Nitossolos Vermelhos Distroféricos (NVdf) se apresentam nos Trechos I, II e III, sendo mais representativo no Trecho II entre os municípios de Cascavel e Foz do Iguaçu. Já os Nitossolos Háplicos Eutróficos (NXe), são verificados ao norte do município de Cascavel no Trecho I, a exemplo dos Nitossolos Háplicos Distróficos (NXd) distribuídos nos Trechos III e IV mais representativos na região oeste do município de Laranjeiras do Sul e em pequenas manchas nas proximidades do município de Guarapuava. Por fim os Nitossolos Háplicos Alumínicos

(NXa), são delimitados em manchas ao norte do município de Inácio Martins (Trecho IV).

**PERFIL nº 08** (número de campo P02)

DATA – 01/02/2021.

CLASSIFICAÇÃO – NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – NXd.

LOCALIZAÇÃO – Rio das Pedras (próximo a BR-277), município de Guarapuava.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.196.900, E 460.574.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Corte de estrada.

ALTITUDE – 1077 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Grupo São Bento - Formação Serra Geral.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Derrames de Basalto.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Suave Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

USO ATUAL – Vegetação arbustiva.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A – 0 – 30 cm; Bruno amarelado escuro (10YR 3/4); textura argilosa; fraca; média; granular; muito friável; porosidade pequena; não plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bt1 – 30 - 70 cm; Bruno amarelado escuro (10YR 4/4); textura argilosa; cerosidade moderada, moderada; média; blocos subangulares; ligeiramente duro; porosidade pequena; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bt2 – 70 – 130 cm +; Bruno amarelado escuro (10YR 4/6); textura argilosa; cerosidade forte, moderada; pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro; porosidade muito pequena; plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

Raízes: Muitas no A, raras no B.

A seguir, na Foto 5-193 encontra-se a representação fotográfica do perfil n° 08 de Nitossolo Háplico, e na Foto 5-194 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-193: Perfil de Nitossolo Háplico**



Fonte: Luciana Cardon, 02/02/2021.

**Foto 5-194: Vista sobre perfil de Nitossolo Háplico**



Fonte: Luciana Cardon, 02/02/2021.

#### **5.1.5.9 Gleissolos**

Compreendem solos minerais, hidromórficos, pouco desenvolvidos com presença de horizonte glei dentro de 50 cm da superfície, ou começando a uma profundidade maior que 50 cm desde que o horizonte situado entre o A e Glei, seja de natureza mineral com relevante mosqueado de redução.

Os solos dessa classe são caracterizados pela forte gleização em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio devido ao encharcamento do solo por um longo período ou mesmo durante a decorrência do ano todo. Apresentam maior restrição devido a saturação hídrica

Na ADA foi identificado 1,6% de cobertura por essa classe, dividindo-se nas subordens abaixo, que seguem com a porcentagem de ocorrência:

- GLEISSOLO HÁPLICO – Ocorrência 1,05%;
- GLEISSOLO MELÂNICO – Ocorrência 0,64%; e
- GLEISSOLO TIOMÓRFICO – Ocorrência 0,02%.

Os Gleissolos Melânicos apresentam má drenagem, textura argilosa, relevo plano de várzeas em altitudes que variam de 700 a 1000 m. Têm ocorrência registrada no Trecho IV, associada a presença de cavas, existentes devido às atividades de mineração de extração de areia e argila, nas várzeas do Rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba.

Os Gleissolos Háplicos têm ocorrência nos Trechos I e V, e situam-se nas partes relativamente mais baixas da planície aluvial, no Trecho I nas várzeas do Rio Paraná e no Trecho V nas áreas de várzea do Rio Sagrado.

Já os Gleissolos Tiomórficos são caracterizados pela presença do horizonte sulfúrico no perfil. Estes solos têm ocorrência no Trecho V, na região costeira da Bacia de Paranaguá e nas áreas de várzeas e planícies aluviais.

**Foto 5-195: Gleissolo Melânico em Fazenda Rio Grande - Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

**Foto 5-196: Gleissolo Háplico em Paranaguá - Trecho V**



Fonte: Luciana Cardon, 2021.

A ocorrência dessa classe de solo está associada à vegetação natural como as florestas subtropicais de várzea e os campos subtropicais de várzea. O perfil de solo de número 09 apresentado a seguir é representativo dos solos desta ordem. Sintetizam as principais características morfológicas e físicas dos mesmos.

**PERFIL n° 09** (número de campo P09)

DATA – 06/03/2021.

CLASSIFICAÇÃO – GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, fase de campo subtropical de várzea, relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – GMbd.

LOCALIZAÇÃO – Município de Curitiba, próximo ao rio Iguaçu (divisa entre os municípios de Curitiba e São José dos Pinhais), área de cavas (antiga área de extração de areia e argila).

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.167.207, E 671.987.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Área de cava, plana, campo de várzea.

ALTITUDE – 877 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Aluviões Atuais e Terraços Aluvionares.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Material terrígeno.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo subtropical de várzea.

USO ATUAL – Sem uso (cava).

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

E – 0 – 10 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5YR 2,5/2); textura argilosa; fraca; muito pequena; granular; muito friável; porosidade pequena; não plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

A – 10 - 30 cm; Preto (GLEY 1 2.5/N); textura argilosa; forte; média; blocos subangulares; muito friável; porosidade média; não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

B – 30 - 100 cm +; Preto (GLEY 1 2.5/N); textura argilosa; forte; grande; blocos angulares; muito firme; porosidade muito pequena; muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana.

Raízes: Muitas no E e comuns no A.

Na Foto 5-197 encontra-se a representação fotográfica do perfil n° 09 de Gleissolo Melânico, e na Foto 5-198 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-197: Perfil de Gleissolo Melânico**



Fonte: Luciana Cardon, 06/03/2021.

**Foto 5-198: Vista Sobre Perfil de Gleissolo Melânico**



Fonte: Luciana Cardon, 06/03/2021.

#### 5.1.5.10 Organossolos

São solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos e provenientes de depósitos de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados.

Considera-se como material orgânico aquele constituído por compostos orgânicos, com proporção variavelmente maior ou menor de material mineral, desde que satisfaça os requisitos: conter 12% ou mais de carbono orgânico (expresso em peso) se a fração mineral tiver 60% ou mais de argila; 8% ou mais de carbono orgânico se a fração mineral não tiver argila; e, proporções intermediárias de carbono orgânico para teores intermediários de argila. Em qualquer dos casos, o conteúdo de constituintes orgânicos impõe preponderância de suas propriedades sobre os constituintes minerais.

Esses solos se desenvolveram sob condições de permanente encharcamento, com lençol freático à superfície, ou próximo dela, durante a maior parte do ano, a menos que tenham sido artificialmente drenados.

Constam, basicamente, de um horizonte hístico (horizonte H) sobre camadas orgânicas com grau variável de decomposição, satisfazendo os requisitos mínimos de espessura (40 cm). Essas camadas orgânicas, por sua vez, estão assentes em substrato mineral de textura variável.

No que se refere à espessura, pode-se considerá-la tanto de forma contínua como cumulativa, dentro de 80 cm contados a partir da superfície. Presentemente, existem casos, inclusive, em que estes solos se encontram recobertos por deposição pouco espessa de material mineral. Em geral, são fortemente ácidos, com alta capacidade de troca de cátions, alta saturação com alumínio trocável e baixa saturação por bases. Estima-se que na área de solos em questão predomine a variedade constituída por material orgânico relativamente bem decomposto (muck), de cor preta e com substrato argiloso.

Além das características comuns à classe Organossolo, esses solos são muito mal drenados, ocorrem em relevo plano e possuem substrato com textura argilosa; condicionantes capazes de interferir, em maior ou menor grau, sobre a praticabilidade de

emprego de máquinas agrícolas e sobre o comportamento desses solos ante às alternativas de uso e manejo adotadas.

Ocorrem predominantemente nas partes mais baixas das várzeas, em cotas altimétricas muito próximas às dos rios. Sua profundidade varia até 100 cm ou mais, predominando os casos em que a espessura da camada orgânica se situa em torno dos 50 cm.

São desenvolvidos a partir de intemperização de sedimentos orgânicos, principalmente vegetais de decomposição recente, referidos ao Holoceno, com bom potencial para culturas anuais, desde que adequadamente drenados e convenientemente manejados.

Para utilização desses solos, deve-se observar alguns aspectos, entre os quais: a posição topográfica da superfície orgânica e da superfície do substrato em relação ao nível de base da drenagem regional, natureza desse substrato e a espessura e natureza da camada orgânica.

Quando sob cultivo, após a retirada do excesso d'água pela drenagem, esses solos tendem a diminuir de volume, causando um rebaixamento superficial bastante acentuado. Este rebaixamento é devido, também, à ação dos microrganismos responsáveis pela decomposição dos compostos orgânicos.

Cuidados especiais devem ser tomados no que diz respeito ao manejo da água, uso de máquinas pesadas (baixa capacidade de suporte), risco de fogo e perigo de dessecação irreversível, com a conseqüente formação de torrões.

Na ADA estima-se a ocorrência de 0,6% da superfície total com essa classe, predominando o Organossolo Mésico (OY), seguido pelo Organossolo Háptico (OX). Tem ocorrência confirmada no Trecho I, nas margens do Rio Paraná, na divisa entre os municípios de Mundo Novo e Guaíra. Foi registrada também no Trecho IV associado às várzeas do Rio Miringuava e Miringuava Mirim no município de São José dos Pinhais.

**Foto 5-199: Paisagem Associada ao Organossolo em São José dos Pinhais – Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

**Foto 5-200: Paisagem Associada ao Organossolo em São José dos Pinhais – Trecho IV**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

**Foto 5-201: Paisagem Associada ao Organossolo em Guaíra – Trecho I**



Fonte: Daniel Macedo, 06/07/2021.

**Foto 5-202: Paisagem Associada ao Organossolo em Guaíra – Trecho I**



Fonte: Daniel Macedo, 06/07/2021.

O perfil de solos de número 10 apresentado a seguir é representativo dos solos desta ordem. Sintetizam as principais características morfológicas e físicas dos mesmos.

**PERFIL nº 10** (número de campo P10)

DATA – 10/03/2021.

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO MÉSICO, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia relevo plano a suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – OXs.

LOCALIZAÇÃO – Município de São José dos Pinhais, próximo à Rua Antonio Singer.

COORDENADAS UTM – Zona 22, S 7.166.031, E 682.986.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Mata.

ALTITUDE – 907 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos recentes do Holoceno, constituídos por argilas e areias inconsolidadas.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Resíduos provenientes da intemperização dos sedimentos do Holoceno.

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Aparente e intemperizada no horizonte C.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Suave Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subtropical perenifólia.

USO ATUAL – Mata Ciliar.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 – 0 - 13 cm; Preto (10YR 2/1); textura argilosa; forte; média; blocos subangulares; muito friável; não plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.

A2 – 13 - 40 cm; Preto (10YR 2/1); textura argilosa; forte; grande; blocos angulares; friável; não plástico e não pegajoso; transição abrupta e ondulada.

B1 – 40 - 60 cm; Bruno-amarelado (10YR 5/6); textura argilosa; forte; muito grande; blocos angulares; friável; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

B2 – 60 - 95 cm +; Cinzento-claro (2,5Y 7/1); textura argilosa; moderada; grande; prismático; friável; não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

Raízes: Muitas no A1 e comuns no A2 e no B1.

A seguir, na Foto 5-203 encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 10 de Organossolo Mésico, e na Foto 5-204 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.

**Foto 5-203: Perfil de Organossolo Mésico**



Fonte: Luciana Cardon, 10/03/2021.

**Foto 5-204: Vista Sobre o Perfil de Organossolo Mésico**



Fonte: Luciana Cardon, 10/03/2021.

#### **5.1.5.11 Espodossolos**

São solos com horizonte de acumulação iluvial de matéria orgânica associada à presença de alumínio e desenvolvimento de horizonte diagnóstico B espódico em sequência a horizonte E (álbico ou não), A ou hístico. A cor do horizonte espódico varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada.

De textura arenosa, são solos, muito pobres em fertilidade pela baixa reserva de nutrientes, de moderados a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. São desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos sob condições de umidade elevada, associados ao relevo plano.

São solos mal drenados. A permeabilidade, entretanto, é rápida no horizonte A e poderá ser até impedida no horizonte de acumulação, dependendo de seu grau de cimentação, neste caso, causando o encharcamento do solo durante as épocas de alta pluviosidade. Em função de sua textura arenosa, determinam grande fragilidade ambiental.

Na ADA, trata-se da classe menos representativa com aproximadamente de 0,2% de ocorrência da classe Espodossolo Humilúvico (EK) no Trecho V, associado à planície litorânea no município de Paranaguá.

**Foto 5-205: Paisagem Associada ao Espodossolo Humilúvico**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

**Foto 5-206: Paisagem Associada ao Espodossolo Humilúvico**



Fonte: Luciana Cardon, 06/07/2021.

### 5.1.5.12 Considerações Sobre Solos na Área Diretamente Afetada

A Tabela 5-50 apresenta a síntese dos percentuais de ocorrência de cada classe de solo na ADA.

**Tabela 5-50: Classificação de Solos na ADA**

| Ordem        | Classe do Solo             | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Latosolos    | Latossolo Vermelho         | LV                    | 46,49              |
|              | Latossolo Bruno            | LB                    | 8,13               |
| Cambissolos  | Cambissolo Háplico         | CX                    | 14,27              |
|              | Cambissolo Húmico          | CH                    | 1,53               |
|              | Cambissolo Flúvico         | CY                    | 0,21               |
| Neossolos    | Neossolo Litólico          | RL                    | 9,52               |
|              | Neossolo Quartzarenico     | RQ                    | 0,79               |
| Argissolos   | Argissolo Vermelho         | PV                    | 4,61               |
|              | Argissolo Vermelho-Amarelo | PVA                   | 3,74               |
| Nitossolos   | Nitossolo Vermelho         | NV                    | 5,03               |
|              | Nitossolo Háplico          | NX                    | 3,04               |
| Gleissolos   | Gleissolo Háplico          | GX                    | 1,05               |
|              | Gleissolo Melânico         | GM                    | 0,64               |
|              | Gleissolo Tiomórfico       | GJ                    | 0,02               |
| Organossolos | Organossolo Mésico         | OY                    | 0,42               |
|              | Organossolo Háplico        | OX                    | 0,2                |
| Espodossolos | Espodossolo Humilúvico     | EK                    | 0,01               |
| Massa d'água |                            |                       | 0,30               |
| <b>Total</b> |                            |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Conforme evidenciado na Tabela 5-50, pode-se concluir que os Latossolos Vermelhos (LV) são predominantes na ADA do empreendimento tendo ampla ocorrência associada as áreas de relevo mais suave do traçado. Seguidos pelos Cambissolos, Neossolos, Argissolos e Nitossolos associados ao relevo mais movimentado do traçado. Cabe destaque também à presença de solos hidromórficos como Gleissolos, Organossolos e Espodosolos, os quais são mais comuns nas proximidades das áreas de várzea dos rios Iguatemi, Paraná, Iguaçu, Maurício, Miringuava Mirim e na planície litorânea.

A seguir, são apresentadas as porcentagens de ocorrência das classes de solos na ADA por Trecho da Nova Ferroeste. A Tabela 5-51 apresenta as porcentagens no Trecho I.

**Tabela 5-51: Classificação de Solos no Trecho I - Maracaju a Cascavel**

| Ordem        | Classe do Solo                     | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Latossolos   | Latossolos Vermelhos Distróficos   | LVd                   | 49,46              |
|              | Latossolos Vermelhos Eutróféricos  | LVef                  | 14,00              |
|              | Latossolos Vermelhos Distroféricos | LVdf                  | 11,44              |
|              | Latossolos Vermelhos Eutróficos    | LVe                   | 2,61               |
| Argissolos   | Argissolos Vermelhos Eutróficos    | PVe                   | 7,64               |
|              | Argissolos Vermelho Distróficos    | PVd                   | 4,22               |
| Nitossolos   | Nitossolos Vermelhos Eutróféricos  | NVef                  | 4,41               |
|              | Nitossolos Vermelhos Distroféricos | NVdf                  | 0,83               |
|              | Nitossolos Háplicos Eutróficos     | NXe                   | 0,61               |
| Neossolos    | Neossolos Quartzarênicos           | RQ                    | 1,84               |
| Gleissolos   | Gleissolos Háplico Tb Distróficos  | GXbd                  | 1,35               |
|              | Gleissolos Háplicos                | GX                    | 0,21               |
| Organossolos | Organossolos Háplicos Sápricos     | OXs                   | 0,50               |
|              | Organossolos Méxicos               | OY                    | 0,11               |
| Massa d'água |                                    |                       | 0,78               |
| <b>Total</b> |                                    |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

No Trecho I entre os municípios de Maracaju e Cascavel, a classe dos Latossolos Vermelhos (LV) é mais abundante com aproximadamente 77% da ADA, com predomínio no traçado do quilômetro zero ao quilômetro 130 no estado do Mato Grosso do Sul, seguida pelos Argissolos, Nitossolos e Neossolos associados ao relevo mais movimentado. Cabe destaque também para ocorrência de solos hidromórficos como os

Gleissolos e os Organossolos associados as áreas de várzea do rio Paraná, na divisa entre Mato Grosso do Sul e Paraná.

A Tabela 5-52 apresenta as porcentagens no Trecho II.

**Tabela 5-52: Classificação de Solos no Trecho II – Foz do Iguaçu a Cascavel**

| Ordem        | Classe do Solo                     | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Latosolos    | Latosolos Vermelhos Distroféricos  | LVdf                  | 58,68              |
|              | Latosolos Vermelhos Eutroféricos   | LVef                  | 14,49              |
| Nitossolos   | Nitossolos Vermelhos Eutroféricos  | NVef                  | 12,83              |
|              | Nitossolos Vermelhos Distroféricos | NVdf                  | 6,26               |
| Neossolos    | Neossolos Litólicos Eutróficos     | RLe                   | 7,74               |
| <b>Total</b> |                                    |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

No Trecho II entre os municípios de Foz do Iguaçu e Cascavel também ocorre o predomínio dos Latossolos Vermelhos (LV) associados ao relevo plano a suave ondulado do quilômetro zero ao quilômetro 60 e do quilômetro 90 ao quilômetro 130 do Trecho, seguidos pelos Nitossolos Vermelhos (NV) e, com menor representatividade, os Neossolos Litólicos (RLe), associados ao relevo mais movimentado.

A Tabela 5-53 apresenta as porcentagens no Trecho III.

**Tabela 5-53: Classificação de Solos no Trecho III – Cascavel a Guarapuava**

| Ordem        | Classe do Solo                      | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Latosolos    | Latosolos Vermelhos Distroféricos   | LVdf                  | 23,97              |
|              | Latosolos Brunos Distróficos        | LBd                   | 21,91              |
| Neossolos    | Neossolos Litólicos Eutróficos      | RLe                   | 28,86              |
|              | Neossolos Litólicos Distróficos     | RLd                   | 3,33               |
|              | Neossolos Litólicos Húmicos         | RLh                   | 2,99               |
| Nitossolos   | Nitossolos Háplicos Distróficos     | NXd                   | 11,78              |
|              | Nitossolos Vermelhos Eutroféricos   | NVef                  | 1,09               |
|              | Nitossolos Vermelhos Distroféricos  | NVdf                  | 1,76               |
| Cambissolos  | Cambissolos Háplicos Tb Distróficos | CXbd                  | 3,16               |
|              | Cambissolos Háplicos Alumínicos     | CXa                   | 1,14               |
| <b>Total</b> |                                     |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

No Trecho III entre os municípios de Cascavel a Guarapuava, onde atualmente a Ferroeste encontra-se em operação, os Neossolos Litólicos (RL) os Nitossolos Háplicos (NX) e os Cambissolos Háplicos (CX), associados o relevo forte ondulado são predominantes na ADA entre o quilômetro 540 e o quilômetro 670 do traçado. Nas áreas de relevo plano, apresenta ocorrência dos Latossolos Vermelhos (LV) e Latossolos Brunos (LB).

A Tabela 5-54 apresenta as porcentagens no Trecho IV.

**Tabela 5-54: Classificação de Solos no Trecho IV – Guarapuava a São José dos Pinhais**

| Ordem        | Classe do Solo                           | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|--|-----------------------|--------------------|
| Cambissolos  | Cambissolos Háplicos Tb Distróficos      | CXbd                  | 31,66              |
|              | Cambissolos Húmicos Alumínicos           | CHa                   | 5,84               |
|              | Cambissolos Háplicos Alumínicos          | CXa                   | 5,37               |
| Latosolos    | Latosolos Brunos Distróficos             | LBd                   | 16,30              |
|              | Latosolos Vermelhos Distróficos          | LVd                   | 10,17              |
|              | Latosolos Brunos Ácricos                 | LBw                   | 0,28               |
| Argissolos   | Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos | PVAd                  | 14,28              |
| Neossolos    | Neossolos Litólicos Distróficos          | RLd                   | 5,59               |
|              | Neossolos Litólicos Eutróficos           | RLe                   | 2,10               |
|              | Neossolos Litólicos Húmicos              | RLh                   | 1,57               |
| Nitossolos   | Nitossolos Háplicos Alumínicos           | NXa                   | 1,70               |
|              | Nitossolos Háplicos Distróficos          | NXd                   | 1,25               |
| Gleissolos   | Gleissolos Melânicos                     | GM                    | 2,44               |
| Organossolos | Organossolos Mésicos                     | OY                    | 1,43               |
| <b>Total</b> |  |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os Cambissolos Háplicos (CX), Latossolos Brunos (LB), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVA) e os Neossolos Litólicos (RL) são predominantes na ADA do Trecho IV. Os Cambissolos e Neossolos são associados ao relevo mais movimentado da porção mais ao leste do traçado entre o quilômetro 880 e quilômetro 960, já os Latossolos estão presentes nas áreas de relevo mais suave na porção do traçado no entorno de Guarapuava. Cabe destaque também à ocorrência de Nitossolos Háplicos (NX) em pequenas manchas nas proximidades de Guarapuava e Inácio Martins, bem como os Gleissolos Melânicos (GM) e os Organossolos Mésicos (OY), os quais são mais comuns nas áreas de relevo plano de várzea dos rios Iguaçu e Miringuava.

E por fim, a Tabela 5-55 apresenta as porcentagens no Trecho V.

**Tabela 5-55: Classificação de Solos no Trecho V - São José dos Pinhais a Paranaguá**

| Ordem        | Classe do Solo           | Unidade de Mapeamento | Ocorrência ADA (%) |
|--------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|
| Cambissolos  | Cambissolos Háplicos     | CX                    | 83,08              |
|              | Cambissolos Flúvicos     | CY                    | 4,57               |
| Gleissolos   | Gleissolos Háplicos      | GX                    | 9,77               |
|              | Gleissolos Tiomórficos   | GJ                    | 0,47               |
| Neossolos    | Neossolos Quartzarênicos | RQ                    | 1,63               |
|              | Neossolos Litólicos      | RL                    | 0,22               |
| Espodossolos | Espodossolos Humilúvicos | EK                    | 0,25               |
| <b>Total</b> |                          |                       | <b>100</b>         |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os Cambissolos Háplicos (CX) são os solos predominantes na região da Serra do Mar na ADA do Trecho V, associados ao relevo ondulado a forte ondulado, assim como os Neossolos Litólicos (RL). Os Neossolos Quartzarênicos (RQ) têm ocorrência em relevo plano em pequenas manchas próximo ao quilômetro 1120 no final do traçado. Já os Cambissolos Flúvicos (CY) e os Gleissolos Háplicos (GX) são comuns nas áreas de relevo plano de várzea, e os Espodossolos Humilúvicos (EK) associados a planície litorânea.

## 5.1.6 Recursos Hídricos

### 5.1.6.1 Hidrologia e Hidrogeologia

#### 5.1.6.1.1 Hidrologia

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, estabeleceu inicialmente 13 regiões hidrográficas como as Unidades Hidrográficas de Referência (UHR), compreendendo bacias ou conjunto de bacias hidrográficas contíguas, onde o rio principal deságua no mar ou em território estrangeiro. Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 32/2003, Anexo I, atualmente são 12 as regiões hidrográficas do país, conforme ilustra a Figura 5-29.

**Figura 5-29: Regiões Hidrográficas Brasileiras**



Fonte: Brasil (2003).

Uma descrição desta divisão hidrográfica é feita no Anexo II desta mesma resolução (Tabela 5-56).

**Tabela 5-56: Descrição da Divisão Hidrográfica Nacional Segundo a Resolução Cerh nº 32/2003**

| <b>Região Hidrográfica</b>                       | <b>Descrição</b>   |
|--|--|
| Região Hidrográfica Amazônica                    | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional e, também, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte.  |
| Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia        | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.  |
| Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental | Constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, inclusive, e a leste pela região hidrográfica do Parnaíba.   |
| Região Hidrográfica do Parnaíba                  | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba.   |
| Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental  | Constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela região hidrográfica do São Francisco.   |
| Região Hidrográfica do São Francisco             | Constituída pela bacia hidrográfica do rio São Francisco.  |
| Região Hidrográfica Atlântico Leste              | Constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Leste, estando limitada ao norte e a oeste pela região hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, inclusive  |
| Região Hidrográfica Atlântico Sudeste            | Constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Sudeste, estando limitada ao norte pela bacia hidrográfica do rio Doce, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia hidrográfica do rio Ribeira, inclusive.                            |
| Região Hidrográfica do Paraná                    | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.  |
| Região Hidrográfica do Uruguai                   | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.   |
| Região Hidrográfica Atlântico Sul                | É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Sul, estando limitada ao norte pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Irirí-Mirim, Candapuí, Serra Negra, Tabogaça e Cachoeira, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai. |
| Região Hidrográfica do Paraguai                  | Constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.  |

Fonte: Cnrh (2003).

A Resolução Sema nº 024/2006 reconhece que o Paraná possui 16 bacias hidrográficas, a saber: Bacia Litorânea, Bacia do Ribeira, Bacia do Cinzas, Bacia do Iguaçu, Bacias do Paraná 1, 2 e 3, Bacia do Tibagi, Bacia do Ivaí, Bacia do Piquiri, Bacia do Pirapó, Bacia do Itararé, Bacias do Paranapanema 1, 2, 3 e 4 (SEMA, 2013).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul estabeleceu 15 Unidades de Planejamento e Gerenciamento de Mato Grosso do Sul (UPGs), que corresponde,

respectivamente, a cada uma das sub-bacias hidrográficas que vêm sendo adotadas pelo estado (MATO GROSSO DO SUL, 2010), que são:

- Região Hidrográfica do Paraná: UPG Iguatemi, UPG Amambai, UPG Ivinhema, UPG Pardo, UPG Verde, UPG Sucuriú, UPG Quitéria, UPG Santana e UPG Aporé;
- Região Hidrográfica do Paraguai: UPG Correntes, UPG Taquari, UPG Miranda, UPG Negro, UPG Nabileque e UPG Apa.

A AE está inserida nas Regiões Hidrográficas do Paraná e Atlântico Sul.

A Região Hidrográfica do Paraná possui uma área de 879.873 km<sup>2</sup>, englobando os estados de São Paulo (25%), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%), Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%). Essa região hidrográfica possui a maior demanda por recursos hídricos do Brasil, equivalente a 736 m<sup>3</sup>/s ou 31% da demanda nacional, sendo a irrigação a maior usuária de águas (42% da demanda total), seguida do abastecimento industrial (27% da demanda total) (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

Em 2010, aproximadamente 61,3 milhões de pessoas viviam na região (32% da população do país), sendo 93% em áreas urbanas. A região possui a cidade mais populosa da América do Sul, São Paulo, com cerca de 11,1 milhões de habitantes. Outros importantes centros populacionais são: Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande e Uberlândia. A maior parte de população se concentra nas unidades hidrográficas dos rios Tietê e Grande, que, juntas, correspondem a 61% da população total.

O crescimento de grandes centros urbanos, como São Paulo, Curitiba e Campinas, em rios de cabeceira, tem gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que aumentam as demandas, diminui a disponibilidade de água devido à contaminação por efluentes domésticos, industriais e drenagem urbana.

Originalmente, a Região Hidrográfica do Paraná apresentava os biomas de Mata Atlântica e Cerrado e cinco tipos de cobertura vegetal: Cerrado, Mata Atlântica, Mata de Araucárias, Floresta Estacional Decídua e Floresta Estacional Semidecídua. O uso do

solo na região passou por grandes transformações ao longo dos ciclos econômicos do país, o que ocasionou grande desmatamento.

Com relação aos indicadores de saneamento básico, em 2010, de acordo com o Censo Demográfico (IBGE, 2010), os percentuais da população atendida com abastecimento de água variavam de 90% (Paranaíba) a 98% (Grande). A maioria das unidades hidrográficas está com um percentual acima da média do Brasil que era de 91%. O percentual da população atendida com rede coletora de esgotos nas unidades hidrográficas, variava entre 38% (Piquiri) e 96% (Grande). Os percentuais de tratamento de esgotos variavam de 33% (Piquiri) e 97% (Paranapanema), enquanto a média nacional era de 30%.

A Região Hidrográfica Atlântico Sul destaca-se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância para o turismo. A região se inicia ao norte, próximo à divisa dos estados de São Paulo e Paraná, e se estende até o arroio Chuí, ao sul. Possui uma área total de 187.522 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2,2% do país.

Abrangendo porções dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a região tinha, em 2010, cerca de 13,4 milhões de habitantes, sendo 88% em área urbana. A região abriga 451 municípios e 411 sedes municipais, entre os quais destacam-se, no contexto socioeconômico: Paranaguá, no Paraná; Joinville e Florianópolis, em Santa Catarina; Caxias do Sul, Santa Maria, Pelotas e a Região Metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. A população da região está concentrada, principalmente, nas unidades hidrográficas Litoral de Santa Catarina e Guaíba.

Os indicadores de saneamento de 2010 mostravam que 91% da população era abastecida por água, valor equivalente à média nacional. As unidades hidrográficas da região apresentavam índices de atendimento da população por esgoto, entre 37 e 70%. O nível de esgoto tratado era baixo, apresentando valores entre 10 e 19%.

A Região Hidrográfica Atlântico Sul possui a Mata Atlântica como vegetação original predominante, que tem sofrido intensa ação antrópica. A Mata Atlântica se estende desde São Paulo até o norte do Rio Grande do Sul.

O Apêndice 5-12 – Mapa de Recursos Hídricos apresenta as informações relacionadas aos recursos hídricos na AE e ADA (bacias hidrográficas), compreendendo as seguintes sub-bacias (Tabela 5-57), que são descritas na sequência.

Durante as atividades de campo e com base nas análises de qualidade da água realizadas (item 5.1.6.2), pode-se afirmar que não foram identificadas áreas potencialmente contaminadas com a possibilidade de afetar os recursos hídricos que drenam para as unidades de conservação.

**Tabela 5-57: Sub-Bacias das Regiões Hidrográficas Paraná e Atlântico Sul na AE e seus Principais Corpos Hídricos**

| Região Hidrográfica | Bacia Hidrográfica | Estado | Copos Hídricos  | Trecho     |
|---------------------|--------------------|--------|---|------------|
| Paraná              | Ivinhema           | MS     | Córrego Antali, Córrego Bopeí, Córrego Caarapó, Córrego Potreiro, Córrego Raviái, Córrego Salgador, Córrego São Lourenço, Córrego Sete Voltas e Rio Peroba  | I          |
|                     | Amambaí            | MS     | Córrego Guavirá, Córrego Itaipá, Córrego Saijú, e Rio Amambaí   | I          |
|                     | Iguatemi           | MS     | Córrego da Ponte, Córrego Guaçu, Córrego Ibiauí e Córrego João Cuê  | I          |
|                     | Baixo Iguaçu       | PR     | Arroio Nene, Córrego Frederico, Córrego Saltinho, Córrego São Domingos, Córrego São Salvador, Córrego Vilaca, Ribeirão da Paz, Rio Cascavel, Rio Represinha, Rio Tamanduá, Rio Araras, Rio da Rondinha, Rio Diamante, Rio do Poço, Rio Isolina e Rio Juquiá   | III        |
|                     | Médio Iguaçu       | PR     | Rio Campo Real, Rio Coitinho, Arroio Água Clara, Arroio Gavião, Arroio Monjolo, Rio Bananas, Rio Charquinho, Rio Corrente, Rio das Almas, Rio das Mortes, Rio das Pedras, Rio das Pombas Rio Iratim, Rio Pirapo, Rio Preto e Rio Riozinho   | III, IV    |
|                     | Alto Iguaçu        | PR     | Arroio Campestre Macaquinho, Arroio do Alisa, Arroio Passo da Guarda, Ribeirão Butiatuva, Ribeirão Campina dos Martins, Rio Corrisco, Rio Cutia, Rio da Areia, Rio da Roseira, Rio das Mortes, Rio das Onças, Rio das Pedras, Rio Despique, Rio dos Macacos, Rio dos Papagaios, Rio dos Patos, Rio dos Patos, Rio Faxinal, Rio Iguaçu, Rio Isabel Alves, Rio Maurício, Rio Miringuava, Rio Miringuava Mirim, Rio Pequeno, Rio Santo Antonio e Rio Turvo | IV         |
|                     | Paraná 3           | PR     | Água do Bugre, Arroio Serpentina, Córrego Tamanduá, Rio Paraná - Canal Direito, Rio Paraná - Canal Esquerdo, Rio Taturi, Córrego dos Monjolos, Lajeado Xaxim, Rio Alegria, Rio Barreirão, Rio Ocoí, Rio Ouro Verde, Rio   | I, II, III |

| Região Hidrográfica | Bacia Hidrográfica | Estado | Copos Hídricos  | Trecho     |
|---------------------|--------------------|--------|---|------------|
|                     |                    |        | Sabiá, Rio São Francisco Falso Braço Sul, Rio Treze e Sanga das Pedras  |            |
|                     | Tibagi             | PR     | Arroio do Monjolinho, Córrego dos Lopes, Rio Arroio dos Manduvas, Rio Barreiro, Rio Cabriuva, Rio Capivara, Rio das Almas, Rio Imbituva, Rio Passo Fundo, Rio Pessegueiro, Rio Poço Grande e Rio São Marcos           | IV         |
|                     | Ivaí               | PR     | Arroio Água Mineral, Arroio Faxinal dos Antônios, Arroio Faxinal dos Antônios, Rio Linha "B" e Rio Valeiros   | IV         |
|                     | Piquiri            | PR     | Córrego Acero, Córrego Aroeira, Córrego Carreria, Córrego Independente, Córrego São José, Rio Barreiro, Rio do Peixe, Rio Melissa, Rio Sapucaia, Rio Tesouro, Arroio Faxinal Sujo, Rio da Erveira e Rio do Jeca Alves | I, II, III |
| Atlântico Sul       | Litorânea          | PR     | Rio Arraial, Ribeirão Fundo, Ribeirão Grande, Rio Bom Jardim, Rio Candonga, Rio Canhembora, Rio do Neves, Rio dos Padres, Rio Fortuna, Rio Jacaré, Rio Pitinga, Rio Ribeirão e Rio Saquarema                          | IV, V      |

Fonte: Elaborado pela Fipe (2021).

#### 5.1.6.1.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema

De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema (IMASUL, 2015), esta bacia encontra-se integralmente dentro dos limites brasileiros na região Centro-Oeste, no estado de Mato Grosso do Sul, fazendo fronteira com o Paraguai na sua porção sudoeste, inserida na bacia do rio Paraná, abrangendo uma área de aproximadamente 46.688,75 km<sup>2</sup>. Limita-se na margem oeste pela Serra das Araras, Serra de Camapuã e parte da Serra de Maracaju, e na sua margem leste pela calha do rio Paraná. O limite oeste é divisa com a Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, parte da bacia hidrográfica do rio Paraguai.

Possui como principal curso hídrico o rio Ivinhema (245,83 km de extensão), o qual dá nome à bacia hidrográfica. Sua nascente localiza-se nos limites municipais de Rio Brillante, Angélica e Nova Alvorada do Sul e sua foz em Naviraí, desaguando no rio Paraná (IMASUL, 2015).

Destacam-se como principais contribuintes o rio Brillhante (399,74 km), que recebe águas do rio Dourados (396,33 km) no limite municipal de Deodópolis, e o rio Vacaria (295,00 km) cuja nascente situa-se no município de Sidrolândia.

O rio Ivinhema corre perpendicularmente ao rio Paraná até sua entrada na planície, onde apresenta uma inflexão de 90° e passa a correr paralelamente à calha fluvial, antes de desaguar no rio Paraná.

A Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema abrange 25 municípios sul mato-grossenses, sendo estes: Anaurilândia, Angélica, Antônio João, Batayporã, Caarapó, Deodópolis, Douradina, Dourados, Fátima do Sul, Glória de Dourados, Itaporã, Ivinhema, Jatei, Juti, Laguna Carapã, Maracaju, Naviraí, Nova Alvorada do Sul, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Ponta Porã, Rio Brillhante, Sidrolândia, Taquarussu e Vicentina.

Ocorrem ao todo 3.541 cursos hídricos de variadas extensões e portes presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema. Ao todo foram identificados 783 cursos hídricos considerando-se a escala de trabalho, com extensão total a partir de aproximadamente 0,1 km até 539 km considerando os limites das sub-bacias (IMASUL, 2015).

Ocorre excesso hídrico em quase todos os meses, com exceção de Ivinhema que apresenta deficiência hídrica em julho. Em termos anuais a evapotranspiração na estação de Ivinhema e de Dourados são muito semelhantes, mas em termos de excesso hídrico anual a estação de Ivinhema apresenta valores maiores quando comparados com Dourados (MATO GROSSO DO SUL, 2010).

As maiores vazões ocorrem nos meses de novembro, dezembro e janeiro, chegando a 845 m<sup>3</sup>/s e os menores valores ocorrem nos meses de agosto e setembro, chegando a 4,5 m<sup>3</sup>/s.

O intervalo entre a Foto 5-207 e a Foto 5-210 representa os principais rios identificados na AE durante as atividades de campo.

**Foto 5-207: Córrego Cachoeira  
(Maracaju)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-208: Rio Santa Maria (entre  
Maracaju e Dourados)**



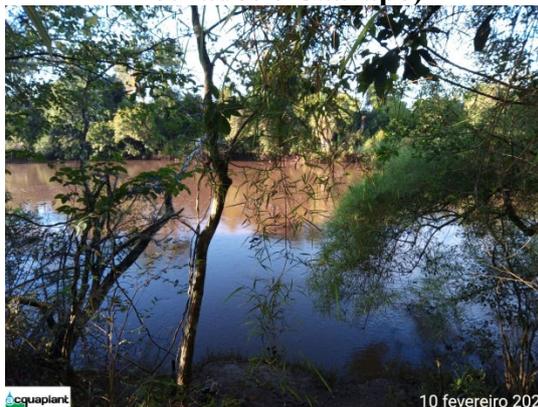
Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-209: Ribeirão Peroba (entre  
Dourados e Itaporã)**



Fonte: Rosângela Tapia, 23/02/2021.

**Foto 5-210: Rio Dourados (entre  
Dourados e Caarapó)**



Fonte: Renan Boebel, 10/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí**

A Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí encontra-se localizada na região sul do estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo 10 municípios, parcial ou totalmente. A bacia hidrográfica possui uma área total de 10.206 km<sup>2</sup> e o rio Amambaí, curso hídrico principal, possui 358,8 km de extensão. Apesar de se constituir como uma importante área econômica do estado de Mato Grosso do Sul, em especial para com a atuação do agronegócio, com uma forte presença do expansivo setor sucroalcooleiro e de grãos, muito poucos são os trabalhos de pesquisa que fazem referência a esta região do estado.

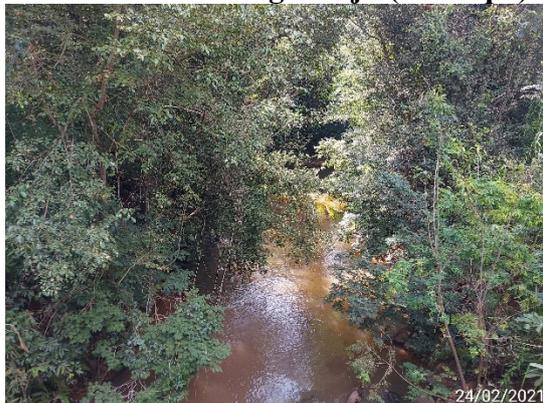
De acordo com dados de Mato Grosso do Sul (2010), o balanço hídrico climatológico para a UPG Iguatemi e Amambaí, indica que não existe deficiência hídrica, mas um excesso anual de 697 mm e uma evapotranspiração real anual de 963 mm.

Nas nascentes dos rios, as vazões variam muito pouco ao longo do ano, apresentando valores mínimos que chegam a 10,8 m<sup>3</sup>/s e 18,1 m<sup>3</sup>/s e valores máximos atingindo 119 m<sup>3</sup>/s e 40,1 m<sup>3</sup>/s. As vazões dos rios em suas partes baixas apresentam sazonalidade mais marcada, com valores mínimos ocorrendo nos meses de agosto e setembro, chegando a 78,2 m<sup>3</sup>/s, e valores máximos entre novembro, dezembro e janeiro, chegando a 326 m<sup>3</sup>/s.

As sub-bacias com maiores contribuições para a formação da vazão do rio Amambaí são: rio Verde, córrego Guaembeperi e rio Piratinim. Os maiores coeficientes de deságue são constatados no rio Taquara e córrego Saljú, e apresentam crescimento gradual na taxa para os afluentes da margem direita do rio Amambaí.

O intervalo entre a Foto 5-211 e a Foto 5-214 representa os principais rios identificados na AE, durante as atividades de campo.

**Foto 5-211: Córrego Saljú (Caarapó)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-212: Rio Amambaí (Amambai)**



Fonte: Rosângela Tapia, 24/02/2021.

**Foto 5-213: Córrego Itaipá (Amambai)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

**Foto 5-214: Rio Maracaí (Iguatemi)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.3 Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi**

A Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi, com uma área de 10.073,76 km<sup>2</sup>, está localizada no extremo sul do estado do Mato Grosso do Sul, fazendo divisa com a bacia do Rio Amambaí ao norte, com o estado do Paraná ao leste e com o Paraguai ao leste e sul. Ao todo existem 10 municípios, sendo seis com área total na bacia e quatro com áreas parciais. O rio Iguatemi tem cerca de 218 km de extensão e caracteriza-se como um rio de planície, com curso meandrante e extensas áreas alagáveis, desaguando no rio Paraná.

De acordo com dados de Mato Grosso do Sul (2010), o balanço hídrico climatológico para a UPG Iguatemi e Amambaí, indica que não existe deficiência hídrica, mas um excesso anual de 697 mm e uma evapotranspiração real anual de 963 mm.

Mundo Novo é o município que mantém a maior proporção da cobertura vegetal natural (29,41%), sendo também o de maior proporção de corpos d'água (17,42%) por estar às margens do rio Paraná. O município de menor proporção de cobertura vegetal natural é Itaquiraí (13,25%), embora tenha que se considerar que apenas 21% do município esteja inserido na Bacia Hidrográfica do rio Iguatemi.

As maiores vazões ocorrem entre os meses de dezembro, janeiro a março, chegando a atingir 346 m<sup>3</sup>/s, e os menores valores ocorrem entre agosto e setembro, chegando a 13 m<sup>3</sup>/s.

O intervalo entre a Foto 5-215 e a Foto 5-217 representa alguns dos corpos hídricos identificados na AE, durante as atividades de campo.

**Foto 5-215: Rio Iguatemi (entre Eldorado e Mundo Novo)**



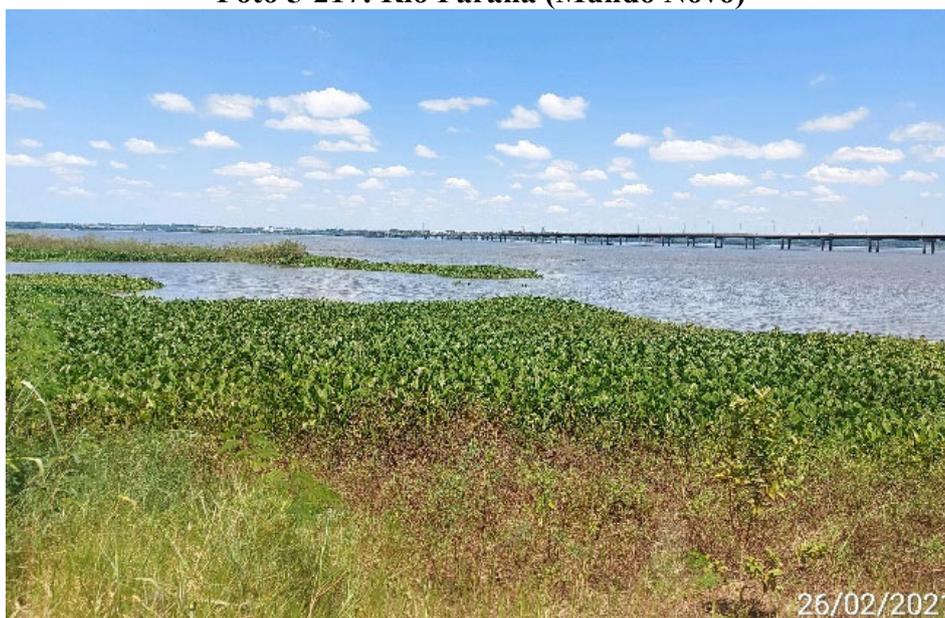
Fonte: Daniel Macedo, 06/05/2021.

**Foto 5-216: Córrego Vito-I-Cuê (Mundo Novo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-217: Rio Paraná (Mundo Novo)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.4 Bacia Hidrográfica do Paraná 3**

A Bacia do Paraná 3, está localizada na mesorregião Oeste do Paraná e se estende em áreas dos municípios de Cascavel, Céu Azul, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Foz do Iguaçu, Guaíra, Itaipulândia, Marechal Cândido Rondon, Maripá, Matelândia, Medianeira, Mercedes, Missal, Nova Santa Rosa, Ouro Verde do Oeste, Pato Bragado,

Quatro Pontes, Ramilândia, Santa Helena, Santa Teresa do Oeste, Santa Teresinha de Itaipu, São José das Palmeiras, São Miguel do Iguaçu, São Pedro do Iguaçu, Terra Roxa, Toledo, Tupãssi e Vera Cruz do Oeste, perfazendo 28 municípios.

Os principais afluentes da bacia do rio Paraná 3, são os rios São Francisco que nasce em Cascavel, o Guaçu que nasce em Toledo, o São Francisco Falso que nasce em Céu Azul e o Ocoí que nasce em Matelândia. No Paraná 3, existem duas áreas indígenas: Ava-Guarani Ocoi e Tekohá Añetete. A Bacia Hidrográfica do Paraná 3, possui uma área total de 7.979,40 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007), cerca de 4% da área do estado, e uma população de 642.684 habitantes (IBGE, 2004), em torno de 6% do total do estado. Na bacia está inserida a Hidrelétrica de Itaipu, maior usina do mundo em geração de energia.

É uma região intensamente explorada por agricultura intensiva mecanizada, mas com diferentes níveis de ocupação em função de condições de relevo e características locais. Possui uma agroindústria dinâmica e em expansão, mas centralizada em alguns municípios polos. Desta forma, seu crescimento tem sido heterogêneo, com municípios em fase de expansão populacional e municípios com crescimento populacional mínimo ou mesmo crescimento negativo.

As margens do rio Paraná passaram por intensas alterações após a inundação que originou o lago de Itaipu, adaptações que afetaram o meio físico, biótico e socioeconômico. Atualmente a bacia mantém ações diversificadas especialmente culturas anuais (soja, milho, trigo) e pastagens para criatórios de bovinos de leite e de corte.

A Bacia do Paraná 3 é ocupada em grande parte com a classe de agricultura intensiva, ocorrendo uma faixa de uso misto que segue do sul até a região central da bacia. Há ainda pequenas áreas de cobertura florestal e concentrações urbanas e industriais, com destaque para as regiões de Foz do Iguaçu e Cascavel.

A demanda hídrica da Bacia do Paraná 3, é de aproximadamente 3 mil L/s, dos quais 63% provém de mananciais superficiais e 37% de mananciais subterrâneos. Com relação aos setores usuários, 49% vão para o abastecimento público, 24% para uso industrial, 11% para o setor agrícola, 16% para o setor pecuário e o setor mineral com menos de 1%.

A disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Paraná 3, é de 58 mil L/s, o que representa cerca de 5% do total do estado. O valor demandado é de 2 mil L/s, representando apenas 3% do total disponível na bacia. A disponibilidade hídrica subterrânea da Bacia do Paraná 3, é estimada em 14 mil L/s, provida pelas unidades aquíferas: Guarani e Serra Geral Norte.

Os principais rios que compõem a Bacia do Paraná 3, são classificados como rios consequentes e drenam em sentido oeste, desaguando diretamente no reservatório do lago de Itaipu. A Bacia do Paraná 3 é subdividida em 13 sub-bacias: Taturi, Chroró, Guaçu, São Francisco Verdadeiro, São Francisco Falso Braço Norte, São Francisco Falso Braço Sul, São Vicente, Ocoí, Pinto, Passo-Cuê, Gabiroba, Dois Irmãos e Matias Almada. Dentre os principais rios destacam-se os rios São Francisco Verdadeiro que nasce em Cascavel, o Guaçu cujas nascentes se encontram em Toledo e os rios São Francisco Falso e Ocoí que nascem em Céu Azul e Matelândia, respectivamente (FERNANDEZ et al., 2011).

O padrão de drenagem predominante é dendrítico a sub-dendrítico. Em alguns setores apresenta padrão sub-retangular, refletindo o controle estrutural do arcabouço geológico regional. A densidade de drenagem varia entre os compartimentos geomórficos identificados na Bacia do Paraná 3. No planalto de São Francisco, os resultados de cálculos realizados pelo método de áreas circulares, revelaram que a região apresenta uma densidade de drenagem baixa, de valor médio de 0,65 km/km<sup>2</sup>. No planalto de Cascavel, onde o relevo é mais plano, a densidade de drenagem também é baixa, obtendo-se o valor médio de 0,68 km/km<sup>2</sup>. Nestes planaltos, os rios são caudalosos e apresentam canais sinuosos. O planalto de Foz do Iguaçu apresentou o maior valor médio de densidade (0,90 km/km<sup>2</sup>), reflexo de topografia diferenciada, mais plana, e apresenta maior quantidade de rios de primeira ordem que drenam diretamente para o rio Paraná.

O projeto da ferrovia prevê a passagem parcial no divisor das bacias Paraná 3, e Piquiri.

A seguir são mostradas fotos representando alguns dos corpos hídricos identificados na AE, durante as atividades de campo (Foto 5-218 e Foto 5-219).

**Foto 5-218: Rio Paraná (Guaira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/02/2021.

**Foto 5-219: Sanga Tarumã (Afluente do Arroio Guaçu (Toledo))**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.5 Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri**

O rio Piquiri tem 485 quilômetros de extensão, nascendo no Terceiro Planalto, região centro-sul do estado do Paraná, na localidade de Paiquerê, município de Campina do Simão e apresenta sua foz junto ao rio Paraná. Seus principais afluentes são os rios Cantu, Goio-Bang e Goioerê em sua margem direita e o rio do Cobre na margem esquerda. Os solos predominantes são Latossolo, Argilossolo e Nitossolo vermelhos, e a leste porções mais significativas de Neossolos. Ao norte, as texturas variam pouco entre arenosa e média arenosa prevalecendo texturas mais argilosas nas demais regiões. O relevo em toda a bacia varia pouco entre suave ondulado a ondulado com altitudes que vão de 410 a 990 metros. A Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri possui uma área total de 24.171,70 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007 apud SEMA, 2013), cerca de 12% da área do estado.

A atividade econômica principal é a agropecuária cujas culturas mais importantes são a soja, trigo, cana de açúcar e mandioca ocorrendo ainda pastagens. As indústrias da região estão relacionadas com a agropecuária: laticínios, frigoríficos, destilarias, fecularias e outras de menor importância. A bacia é bem dividida entre as classes de uso misto, agricultura intensiva e pastagens artificiais e campos naturais. Há ainda o aparecimento de pequenas áreas de cobertura florestal e concentrações urbanas e industriais, com destaque para a região de Cascavel.

A demanda hídrica da bacia é de aproximadamente três mil litros por segundo, dos quais 52% provém de mananciais superficiais e 48% de mananciais subterrâneos. Com relação aos setores usuários, 36% vão para o abastecimento público, 23% para uso industrial, 11% para o setor agrícola, 31% para o setor pecuário e o setor mineral com menos de 1%.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia é de 157 mil L/s, o que representa 14% do total do estado. O valor demandado é de 1,5 mil L/s, representando apenas 1% do total disponível na bacia. A disponibilidade hídrica subterrânea é estimada em 32 mil L/s, provida pelas unidades aquíferas: Guarani, Serra Geral Norte e Caiuá.

A Foto 5-220 e a Foto 5-221 ilustram corpos hídricos identificados na AE durante as atividades de campo.

**Foto 5-220: Córrego Acero (Cascavel)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

**Foto 5-221: Rio da Erveira (Nova Laranjeiras)**



Fonte: Renan Boebel, 12/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.6 Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi**

A Bacia Hidrográfica do rio Tibagi possui uma área total de 24.937,4 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007 apud SEMA, 2013), cerca de 13% da área do estado, e uma população total de 1.493.876 habitantes (IBGE, 2004 apud SEMA, 2013), em torno de 16% do total do estado. Ressalta-se que a bacia está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Tibagi e Baixo Tibagi. O rio Tibagi tem como principais afluentes na margem esquerda os rios Taquara, ribeirão dos Apertados e ribeirão Três Bocas. Na margem direita os maiores contribuintes são os rios Iapó, São Jerônimo e Congonhas. O rio Tibagi possui 550 quilômetros de extensão, com 91 saltos e cachoeiras.

Sua nascente está localizada na Serra das Almas entre Ponta Grossa e Palmeira, a 1.100 metros de altitude e deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara, no rio Paranapanema, a 298 m de altitude.

A principal atividade econômica desenvolvida na Bacia Hidrográfica do rio Tibagi é a agropecuária.

A demanda hídrica da Bacia do Tibagi é de aproximadamente nove mil litros por segundo, dos quais 86% provém de mananciais superficiais e 14% de mananciais subterrâneos. Com relação aos setores usuários, 38% vão para o abastecimento público, 37% para uso industrial, 18% para o setor agrícola, 7% para o setor pecuário e o setor minerário com menos de 1%. Cabe destacar que a região do Baixo Tibagi é responsável por 67% da demanda total para abastecimento público da bacia. Na bacia existem quatro usinas hidrelétricas, Presidente Vargas do rio Tibagi, Apucarantina no rio Apucarantina, São Jorge e Pitangui no rio Pitangui.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia é de 111 mil L/s, o que representa 10% do total do estado. O valor demandado é de 7,8 mil L/s, representando apenas 7% do total disponível na bacia. A disponibilidade hídrica subterrânea da bacia é estimada em 23 mil L/s, provida pelas unidades aquíferas: Pré-Cambriana, Karst, Paleozóica Inferior, Paleozóica Média-Superior, Paleozóica Superior, Guarani, Serra Geral Norte e Caiuá.

A Foto 5-222 e a Foto 5-223 ilustram corpos hídricos identificados na AE, durante as atividades de campo.

**Foto 5-222: Rio Guaraúna (Palmeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

**Foto 5-223: Rio São Marcos (Palmeira)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.7 Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí**

A Bacia Hidrográfica do rio Ivaí possui uma área total de 36.540,0 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007 apud SEMA, 2013), cerca de 19% da área do estado. Ressalta-se que esta bacia está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí, esta última agrupada à bacia do Paraná 1. A Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí é a segunda maior em área e o rio é o segundo maior em extensão do estado do Paraná, percorrendo 680 km. O rio nasce no município de Prudentópolis na confluência das águas do rio dos Patos com o rio São João no segundo planalto e tem sua foz no rio Paraná, no município de Doutor Camargo. Seus principais afluentes são os rios Alonso, Paranaíba e das Antas, pela margem direita e os rios Corumbataí, Mourão, Ligeiro e dos Índios, pela margem esquerda.

Na AE foi identificada apenas a unidade Alto Ivaí. Na região do Alto Ivaí a classe de uso misto aparece com maior frequência. Há ainda faixas de agricultura intensiva na área central e no extremo noroeste da região.

A demanda hídrica da Bacia do Ivaí é de aproximadamente nove mil litros por segundo, dos quais 75% provém de mananciais superficiais, e 25% de mananciais subterrâneos. Com relação aos setores usuários, 26% vão para o abastecimento público, 19% para uso industrial, 39% para o setor agrícola, 17% para o setor pecuário e o setor mineral com menos de 1%.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia é de 233 mil L/s, o que representa 20% do total do estado. O valor demandado é de 6,5 mil L/s, representando apenas 3% do total disponível na bacia. A disponibilidade hídrica subterrânea da bacia é estimada em 39 mil L/s, provida pelas unidades aquíferas: Paleozóica Média-Superior, Paleozóica Superior, Guarani, Serra Geral Norte e Caiuá.

A Foto 5-224 e a Foto 5-225 ilustram corpos hídricos identificados na AE, durante as atividades de campo.

**Foto 5-224: Rio Linha B (Irati)**



Fonte: Renan Boebel, 16/02/2021.

**Foto 5-225: Arroio Faxinal dos Antônios (Irati)**



Fonte: Renan Boebel, 16/02/2021.

#### **5.1.6.1.1.8 Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu**

O rio Iguaçu é formado pelo encontro dos rios Iraí e Atuba na parte leste do município de Curitiba, na divisa com o município de Pinhais. Tais rios são originados na borda ocidental da Serra do Mar, seguindo seu curso de 1.320 km atravessando os três planaltos paranaenses até desaguar no rio Paraná. Seus principais rios contribuintes são: Iraí, Atuba, Passaúna, Barigui, Verde, Passa Dois, da Várzea, Chopin, Palmital, Cavernoso, Adelaide, Gonçalves Dias, Castro Alves, Ampére e Silva Jardim. Considerando a soma das áreas do Brasil e da Argentina, a Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu cobre uma superfície aproximada de 70.800 km<sup>2</sup>.

A bacia possui uma área total, dentro do estado do Paraná, de 54.820,4 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007 apud SEMA, 2013), cerca de 28% da área total do estado. Ressalta-se que a Bacia do Iguaçu está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução Cerh nº 49/2006: Baixo Iguaçu, Médio Iguaçu e Alto Iguaçu, esta última agrupada à Bacia do Ribeira.

Nas cabeceiras da bacia hidrográfica, na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), há uma grande concentração populacional e as atividades industriais, comerciais e de serviços são as mais importantes. No interior do estado predomina a agropecuária, com destaque para as culturas de soja e trigo, além das pastagens. As indústrias da bacia, em sua maior parte, estão relacionadas com a agropecuária.

Entre as principais atividades econômicas estão papel e celulose, frigoríficos, laticínios, alimentícios, curtumes e abatedouros, destacando-se também o ramo automobilístico na RMC. As maiores cidades situadas na bacia hidrográfica são: Curitiba, São José dos Pinhais, Colombo, Cascavel (parcialmente situada na bacia), Guarapuava, Araucária, Pinhais e Francisco Beltrão.

A grande maioria da área da bacia é ocupada com a classe de uso misto, aparecendo áreas de agricultura intensiva na região de Guarapuava, seguindo no sentido sudoeste, até a divisa com Santa Catarina. Há uma concentração de cobertura florestal na região do Médio e Baixo Iguaçu. No Alto Iguaçu, Curitiba e região metropolitana são tomadas predominantemente por áreas de uso urbano com intensa atividade industrial.

A demanda hídrica da bacia é de aproximadamente 16 mil L/s, dos quais 81% provêm de mananciais superficiais e 19% de mananciais subterrâneos. Com relação aos setores usuários, 62% vão para o abastecimento público, 18% para uso industrial, 10% para o setor agrícola, 9% para o setor pecuário e o setor minerário com menos de 1%. Cabe destacar que a região do Alto Iguaçu é responsável por 78% da demanda total para abastecimento público da bacia. Importantes aproveitamentos hidrelétricos ocorrem na bacia com destaque para as usinas hidrelétricas de Foz do Areia (1.676 MW), Salto Santiago (1.420 MW), de Segredo (1.260 MW), de Salto Caxias (1.240 MW) e de Salto Osório (1.078 MW).

A disponibilidade hídrica superficial da bacia é de 291 mil L/s, o que representa 25% do total do estado. O valor demandado é de 13,5 mil L/s, representando apenas 5% do total disponível na bacia.

A disponibilidade hídrica subterrânea da bacia é estimada em 72 mil L/s, provida pelas unidades aquíferas: Pré-Cambriana, Karst, Paleozóica Inferior, Paleozóica Média-Superior, Paleozóica Superior, Guarani, Serra Geral Sul e Guabirotuba.

O intervalo entre a Foto 5-226 e a Foto 5-242 demonstra alguns registros de corpos hídricos existentes na Bacia Hidrográfica do rio Iguaçu.

**Foto 5-226: Rio Represinha – Baixo Iguçu (São Miguel do Iguçu)**



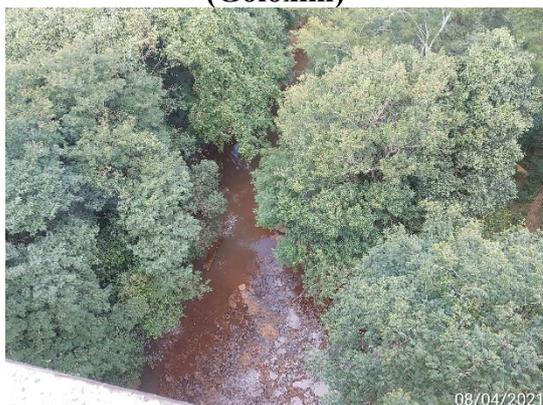
Fonte: Rosângela Tapia, 06/04/2021.

**Foto 5-227: Rio Cascavel – Baixo Iguçu (Cascavel)**



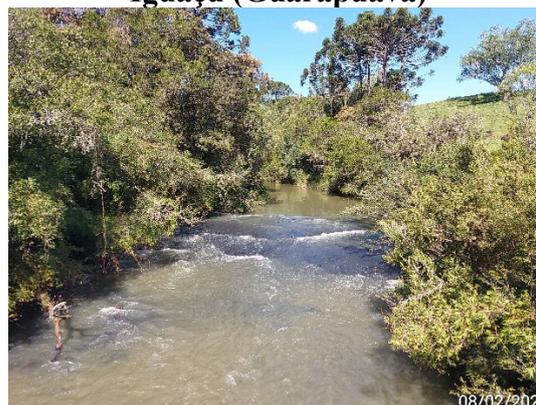
Fonte: Rosângela Tapia, 07/04/2021.

**Foto 5-228: Rio Juquiá – Baixo Iguçu (Goioxim)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/04/2021.

**Foto 5-229: Rio das Pedras – Médio Iguçu (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/02/2021.

**Foto 5-230: Rio Jordão – Médio Iguçu (Guarapuava)**



Fonte: Rosângela Tapia, 27/02/2021.

**Foto 5-231: Afluente do Rio Preto –  
Médio Iguçu (Goioxim)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/02/2021.

**Foto 5-232: Afluente do Rio Iguçu –  
Alto Iguçu (Porto Amazonas)**



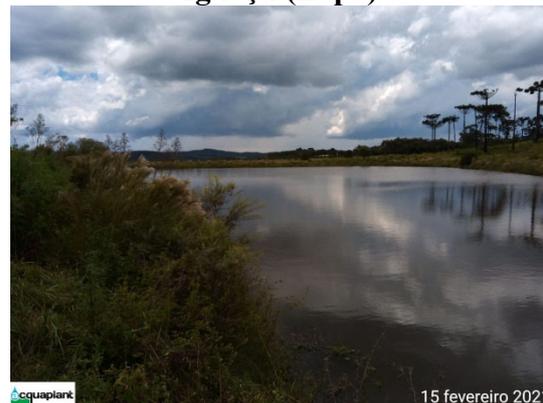
Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-233: Rio dos Papagaios – Alto  
Iguçu (Porto Amazonas)**



Fonte: Renan Boebel, 15/02/2021.

**Foto 5-234: Cavas Rio Corrisco– Alto  
Iguçu (Lapa)**



Fonte: Renan Boebel, 15/02/2021.

**Foto 5-235: Usina Salto Caiacanga – Rio  
Iguçu - Alto Iguçu (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-236: Rio Iguçu – Alto Iguçu  
(entre Balsa Nova e Porto Amazonas)**



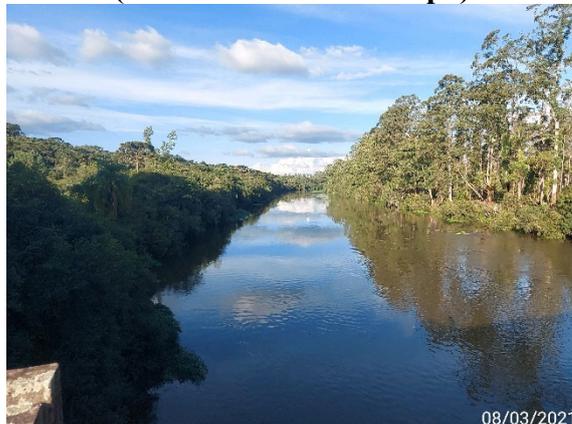
Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-237: Rio Pitangueiras - Alto Iguçu  
(Balsa Nova)**



Fonte: Renan Boebel, 15/02/2021.

**Foto 5-238: Rio Iguçu – Alto Iguçu  
(entre Balsa Nova e Lapa)**



Fonte: Rosângela Tapia, 08/03/2021/2021.

**Foto 5-239: Ribeirão da Calha – Alto  
Iguçu (Araucária)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-240: Rio Pequeno – Alto Iguçu  
(São José dos Pinhais)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

**Foto 5-241: Rio Pequeno – Alto Iguçu  
(São José dos Pinhais/PR)**



Fonte: Renan Boebel, 17/02/2021

**Foto 5-242: Rio Miringuava – Alto  
Iguçu (São José dos Pinhais/PR)**



Fonte: Rosângela Tapia, 10/03/2021.

#### **5.1.6.1.1.9 Bacia Hidrográfica Litorânea**

A Bacia Hidrográfica Litorânea possui uma área total de 5.630,8 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007 apud SEMA, 2013), cerca de 3% da área do estado do Paraná. A bacia possui em seus limites os municípios de: Paranaguá, Matinhos, Pontal do Paraná, Guaratuba, Morretes, Antonina e Guaraqueçaba, abrangendo, também, as áreas rurais dos municípios de: Piraquara, Quatro Barras, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul (INSTITUTO ÁGUAS PARANÁ, 2019).

A bacia está situada entre os paralelos 24°30' e 26°00' sul e entre os meridianos 48°00' e 49°30' oeste, limitando-se ao sul com o estado de Santa Catarina; à leste com o Oceano Atlântico; ao norte com a bacia do rio Ribeira e à oeste com a bacia do rio Iguaçu. Os rios que integram a Bacia Hidrográfica Litorânea nascem nas encostas da Serra do Mar e dirigem-se para o oceano, sendo os principais rios da bacia: Guaraqueçaba, Tagaçaba, Cachoeira, Nhundiaquara, Marumbi, Cubatão e Guaraguaçu (INSTITUTO ÁGUAS PARANÁ, 2019).

Em Paranaguá e Antonina situam-se os principais portos do estado. O turismo é bastante explorado na bacia litorânea e a agropecuária é pouco desenvolvida, havendo plantações de bananas e arrozais na bacia do rio Cubatão, hortigranjeiros na bacia do rio Nhundiaquara e pastagens em Antonina e Guaraqueçaba.

Existem várias instalações de piscicultura e de mineração (portos de areia, pedreiras e saibreiras). Na bacia litorânea as atividades industriais são poucas, predominando indústrias de papel, óleos vegetais, recepção e processamento de fertilizantes, pescado e abatedouro de aves, sendo que a maioria está situada em Paranaguá. As cidades são de porte médio. A população total da bacia é de 658.901 habitantes, dos quais 89% constituem a população urbana. Deve-se considerar ainda a população flutuante da região por ocasião da temporada de veraneio. A região possui muitos parques (unidades de conservação) em praias, restingas, estuários e na Serra do Mar. As áreas protegidas representam 80% da superfície regional. Nesta bacia localizam-se as terras indígenas Ilha da Cotinga em Paranaguá e a do Sambaqui do Guaraguaçu em Pontal do Paraná. A gestão do uso e ocupação do solo no litoral paranaense é feita pela Secretaria do

Desenvolvimento Sustentável e do Turismo - Sedest, através do Conselho de Desenvolvimento Territorial do Litoral Paranaense - Colit, em conjunto com os municípios litorâneos.

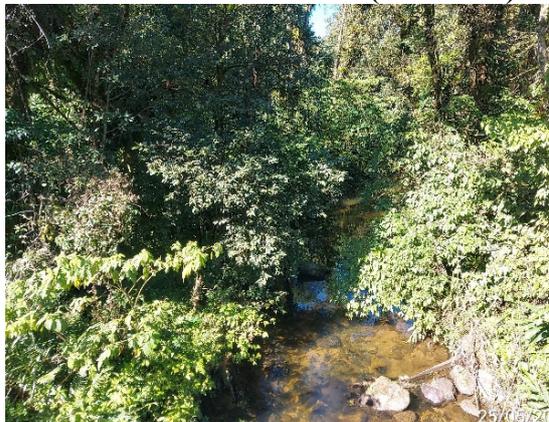
A demanda hídrica da bacia é de aproximadamente 1,2 mil L/s, dos quais 98% provêm de mananciais superficiais e de 2% de mananciais subterrâneos. Cerca de 51% da água é destinada ao abastecimento público, 19% para uso industrial, 29% para o setor agrícola, 1% para o setor pecuário e menos de 1% é destinado ao setor mineral.

Na região de Antonina está localizada a usina Governador Pedro Viriato Parigot de Souza construída em 1970 e que possui a potência de 260 MW. A usina utiliza águas do rio Capivari (reservatório Capivari) que integra a bacia do rio Ribeira, caracterizando, portanto, uma transposição de bacias (Ribeira para a Litorânea). As águas marinhas do litoral paranaense são utilizadas para lazer, cujo monitoramento da balneabilidade é feito com a avaliação das suas condições sanitárias para a recreação de contato primário, como banhos de rio e mar, natação, mergulho e todas as atividades que proporcionem contato direto com a água. Esta avaliação é realizada de acordo com a Resolução Conama nº 274/2000 e indica a presença de esgotos domésticos na água. Atualmente o Instituto Água e Terra - IAT monitora a balneabilidade em mais de 50 pontos, distribuídos da divisa com Santa Catarina, no Balneário da Barra do Saí até Pontal do Sul, incluindo-se ainda pontos na Ilha do Mel, na Baía de Antonina (Ponta da Pita) e nos rios Nhundiaquara, Marumbi e do Nunes.

A disponibilidade hídrica superficial da bacia é de 77 mil L/s, o que representa 7% do total do estado. O valor demandado é de 1,2 mil L/s, representando apenas 2% do total disponível na bacia. A disponibilidade hídrica subterrânea da bacia é estimada em 3 mil L/s, proveniente das unidades aquíferas: Pré-Cambriana e Costeira.

O intervalo entre a Foto 5-243 e a Foto 5-250 demonstra alguns registros de corpos hídricos existentes na Bacia Hidrográfica Litorânea.

**Foto 5-243: Rio Fortuna (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-244: Rio Saquarema (Morretes/PR)**



Fonte: Renan Boebel, 16/02/2021.

**Foto 5-245: Rio Sagrado (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 25/05/2021.

**Foto 5-246: Rio Jacareí (Morretes)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

**Foto 5-247: Rio dos Padres (Morretes)**



Fonte: Renan Boebel, 30/08/2021.

**Foto 5-248: Rio do Neves (Morretes)**



Fonte: Renan Boebel, 16/02/2021.

**Foto 5-249: Rio Bom Jardim (Morretes)**



Fonte: Renan Boebel, 17/02/2021.

**Foto 5-250: Rio Ribeirão (Paranaguá)**



Fonte: Rosângela Tapia, 26/05/2021.

#### **5.1.6.1.2 Nascentes e Áreas Hidrologicamente Sensíveis**

As nascentes foram identificadas por meio de técnicas de geoprocessamento, e podem ser visualizadas juntamente com as áreas de preservação permanente (APPs), no Apêndice 5-12 – Mapa de Recursos Hídricos em escala que representa a AE, e no Apêndice 5-13 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, em escala de maior detalhe que representa a ADA. Pontos detectados nos trabalhos de campo também foram registrados (Foto 5-251 e Foto 5-253).

Atualmente existe uma grande preocupação com a conservação e manutenção da quantidade de água, e dos padrões mínimos da qualidade da água. As nascentes ou olhos d'água são locais onde se verifica o aparecimento de água por afloramento do lençol freático, dando origem a cursos de água (rios) ou a acumulados de água (represas). Podem ser perenes (fluxo contínuo), intermitentes (o fluxo de água permanece apenas durante as estações chuvosas) ou efêmeros (o fluxo surge durante chuvas e permanece apenas durante alguns dias). O entorno num raio de 50 metros de uma nascente é área de preservação permanente (APP), pois a vegetação nativa que ali deve existir é responsável pela proteção do solo e das águas.

As áreas hidrologicamente sensíveis (AHS) são áreas da bacia hidrográfica que possuem uma maior probabilidade de atingirem o estado de saturação do solo, delimitadas espacialmente a partir da definição de um limite de sensibilidade hidrológica. São áreas

dinâmicas e sensíveis às condições climáticas, com rápida resposta aos eventos de precipitação e estiagem.

Pode-se também definir AHS como sendo as áreas de uma bacia hidrográfica mais propensas a atingirem o estado de saturação do solo, possibilitando a delimitação das zonas críticas de manejo (WALTER et al., 2000). São consideradas AHS, as planícies de inundação, sendo estas formadas por sedimentos recentes, em solos semi-hidromórficos ou hidromórficos e presença de vegetação hidrófila/higrófila (SIEFERT, 2015).

Na AE foram identificadas AHS associadas aos principais rios, como por exemplo os rios Dourados, Iguaçu, Pequeno, Cascavel, entre outros. Tais áreas hidrologicamente sensíveis e outras identificadas estão representadas no Apêndice 5-12 – Mapa de Recursos Hídricos.

As áreas úmidas identificadas na ADA apresentam a seguinte distribuição (Tabela 5-58) e constam registros fotográficos no intervalo entre a Foto 5-254 e a Foto 5-258. O Apêndice 5-13 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo mostra as áreas úmidas mapeadas na ADA.

**Tabela 5-58: Áreas Úmidas Identificadas na ADA**

| Trecho       | Classe     | Área (ha)     |
|--------------|------------|---------------|
| I            | Área úmida | 101,99        |
| II           | Área úmida | 3,01          |
| III          | Área úmida | 36,13         |
| IV           | Área úmida | 45,67         |
| V            | Área úmida | 0,96          |
| <b>Total</b> |            | <b>187,76</b> |

**Foto 5-251: Nascente (Porto Amazonas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

**Foto 5-252: Nascente (Maripá)**



Fonte: Felipe Fiuza, 09/06/2021.

**Foto 5-253: Nascente (Terra Roxa)**



Fonte: Felipe Fiuza, 26/05/2021.

**Foto 5-254: Área Úmida (Porto Amazonas)**



Fonte: Felipe Fiuza, 24/02/2021.

**Foto 5-255: Área Úmida (Guarapuava)**



Fonte: Felipe Fiuza, 02/02/2021.

**Foto 5-256: Área Úmida (Dourados)**



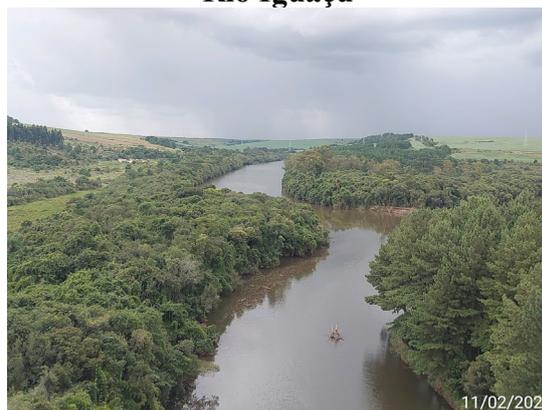
Fonte: Jackson Goldbach, 04/05/2021.

**Foto 5-257: Planície de Inundação do Rio Iguaçu (cavas)**



Fonte: Rosângela Tapia, 09/03/2021.

**Foto 5-258: Planície de Inundação do Rio Iguaçu**



Fonte: Rosângela Tapia, 11/02/2021.

### 5.1.6.1.3 Mananciais de Abastecimento Público

De acordo com a definição do Ministério do Meio Ambiente, “manancial de abastecimento público é a fonte de água doce superficial ou subterrânea, utilizada para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas”. As áreas contendo os mananciais devem ser alvo de atenção específica, contemplando aspectos legais e gerenciais. Os rios, riachos, represas, nascentes e lençóis freáticos são exemplos de mananciais, pois podem ser utilizados para o consumo humano, principalmente quando estão próximos a cidades.

Diversos fatores podem contribuir para a degradação ambiental de um manancial, e consequentemente da sua disponibilidade hídrica e qualidade da água, entre eles estão: o

desmatamento, em especial a supressão da mata ciliar, o uso excessivo de agrotóxicos em plantações, técnicas de manejo do solo inadequadas, ocupação urbana, lançamento de efluentes sem tratamento adequado e disposição de resíduos sólidos nos rios e córregos, impermeabilização do solo, entre outros.

A grande maioria dos mananciais está localizada em áreas rurais, este fato faz com que os principais problemas ambientais das bacias tenham origem no manejo inadequado do solo, para a agricultura e a supressão da vegetação. Os mananciais estão representados no Apêndice 5-14 – Mapa de Mananciais e Pontos de Captação de Água.

As informações referentes aos mananciais são dispersas e buscou-se diversas fontes para compor este levantamento.

O Decreto Estadual do Paraná nº 4.435/2016 dispõe sobre a delimitação das Áreas de Interesse de Mananciais de Abastecimento Público da Região Metropolitana de Curitiba. As Áreas de Proteção de Mananciais compreendem as seguintes bacias hidrográficas, de acordo com o referido Decreto:

I – na Bacia do rio Ribeira: Bacia do rio Capivari, Bacia do rio Açungui, Bacia do rio Santana, Bacia do rio Ribeira, Bacia do rio Três Barras e Bacia do rio Ouro Fino.

II – na Bacia do Alto Iguaçu: Bacia do rio Calixto, Bacia do rio Corisco, Bacia do Arroio dos Biazes, Bacia do rio da Várzea, Bacia do rio do Poço, Bacia do Ribeirão Claro, Bacia do rio da Estiva, Bacia do rio Passaúna, Bacia do rio Curral das Éguas, Bacia do Altíssimo Iguaçu, Bacia do rio Cotia, Bacia do rio Verde, Bacia do rio Despique, Bacia do rio Faxinal, Bacia do rio Maurício, Bacia do rio Miringuava, Bacia do rio Barigui, Bacia do rio Campo do Tenente e Bacia do rio Negro.

III – na bacia Litorânea: Bacia do rio Arraial.

IV - Aquífero Subterrâneo Karst.

Na AE foram identificados os mananciais apresentados na Tabela 5-59. Todas as áreas estão localizadas no Trecho IV, com exceção da Bacia do rio Arraial que também se situa parcialmente no Trecho V.

**Tabela 5-59: Mananciais identificados na AE segundo o Decreto Estadual nº 4.435/2016 para a Região Metropolitana de Curitiba**

| Bacia                      | Manancial                             | Município  | Situação  |
|----------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| Bacia do Alto Iguaçu       | Bacia do rio Calixto                  | Lapa   | Existente |
|                            | Bacia do rio Corisco                  | Lapa   | Existente |
|                            | Bacia do Arroio dos Biazes:           | Balsa Nova   | Existente |
|                            | Bacia do rio do Poço                  | Contenda   | Existente |
|                            | Bacia do rio Pequeno                  | São José dos Pinhais   | Existente |
|                            | Bacia do rio da Estiva                | Lapa   | Futuro    |
|                            | Bacia do rio Curral das Éguas         | Mandirituba  | Existente |
|                            | Bacia do Altíssimo Iguaçu             | São José dos Pinhais   | Existente |
|                            | Bacia do rio Cotia                    | São José dos Pinhais   | Existente |
|                            | Bacia do rio Verde (APA do rio Verde) | Campo Largo, Araucária e Campo Magro   | Existente |
|                            | Bacia do rio Despique                 | Fazenda Rio Grande, Mandirituba  | Futuro    |
|                            | Bacia do rio Faxinal                  | Araucária  | Futuro    |
|                            | Bacia do rio Maurício                 | Fazenda Rio Grande, Mandirituba  | Futuro    |
| Bacia do rio Miringuava    | São José dos Pinhais                  | Futuro   |           |
| Bacia Litorânea:           | Bacia do rio Arraial                  | São José dos Pinhais e Morretes  | Futuro    |
| Aquífero Subterrâneo Karst | Karst                                 | Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Itaperuçu e Rio Branco do Sul | -         |

Fonte: Elaborado pela Fipe, adaptação do Decreto Estadual do Paraná nº 4.435/2016.

Entre estes mananciais citados no Decreto Estadual do Paraná nº 4.435/2016, os seguintes foram identificados na ADA (Tabela 5-60):

**Tabela 5-60: Mananciais Superficiais Identificados na ADA Segundo o Decreto Estadual nº 4.435/2016 para a Região Metropolitana de Curitiba e sua Extensão ao Longo da Ferrovia**

| Trecho | Manancial      | Situação  | Extensão da ferrovia (km) |
|--------|----------------|-----------|---------------------------|
| IV     | Rio Mauricio   | Futuro    | 3,45                      |
| IV     | Rio Faxinal    | Futuro    | 7,27                      |
| IV     | Rio Despique   | Existente | 4,74                      |
| IV     | Rio Cotia      | Existente | 6,99                      |
| IV     | Rio Arraial    | Futuro    | 6,86                      |
| IV     | Rio Pequeno    | Existente | 12,06                     |
| IV     | Rio Miringuava | Existente | 7,38                      |

Fonte: Elaborado pela Fipe, adaptação do Decreto Estadual do Paraná nº 4.435/2016.

Segundo dados fornecidos pelo IAT obteve-se os dados apresentados na Tabela 5-61 para a AE e na Tabela 5-62 para a ADA. Para a ADA calculou-se a extensão da ferrovia sobre a área de manancial.

**Tabela 5-61: Mananciais Superficiais Identificados na AE Segundo Dados Fornecidos pelo IAT**

| Trecho | Manancial          |
|--------|--------------------|
| I      | Arroio Fundo       |
| I      | Rio Alívio         |
| I      | Rio Central        |
| I      | Rio São José       |
| I      | Rio Toledo         |
| II     | Rio Central        |
| II     | Rio da Paz         |
| II     | Rio do Salto       |
| II     | Rio Gonçalves Dias |
| II     | Rio Saltinho       |
| II     | Rio São Domingos   |
| II     | Rio São José       |
| II     | Rio São Pedro      |
| II     | Rio São Vicente    |
| II     | Rio Tamanduá       |
| III    | Arroio Liso        |
| III    | Rio Baú            |
| III    | Rio Cantagalo      |
| III    | Rio das Cobras     |
| III    | Rio do Salto       |
| III    | Rio Marquinho      |

| <b>Trecho</b> | <b>Manancial</b>           |
|---------------|----------------------------|
| III           | Rio Passo Liso             |
| III           | Rio Tapera                 |
| III           | Rio Tormenta               |
| III           | Rio Virmond                |
| IV            | Córrego Sem Nome           |
| IV            | Ribeirão Curral das Éguas  |
| IV            | Rio Barreiro               |
| IV            | Rio Cachoeira              |
| IV            | Rio Cotia                  |
| IV            | Rio da Campina             |
| IV            | Rio da Vargem              |
| IV            | Rio da Várzea              |
| IV            | Rio das Almas              |
| IV            | Rio das Mortes             |
| IV            | Rio Despique               |
| IV            | Rio dos Patos              |
| IV            | Rio Imbituva               |
| IV            | Rio Iraí                   |
| IV            | Rio Miringuava             |
| IV            | Rio Palmital               |
| IV            | Rio Pequeno                |
| IV            | Rio Pequeno                |
| IV            | Rio Piripau                |
| IV            | Rio Potinga                |
| IV            | Rio Pugas                  |
| IV            | Rio Ribeira                |
| IV            | Rio Stinglin               |
| IV            | Rio Tibagi                 |
| IV            | Rio Verde                  |
| V             | Rio Cachoeira do Athanásio |
| V             | Rio das Pombas             |
| V             | Rio Miranda                |
| V             | Rio Ribeirão               |
| V             | Rio Salto Arrastão         |
| V             | Rio Santa Cruz             |

Fonte: Elaborado pela Fipe, segundo dados de IAT (2021).

**Tabela 5-62: Mananciais Superficiais Identificados na ADA Segundo Dados Fornecidos pelo IAT e sua Extensão ao longo da Ferrovia**

| Trecho | Manancial          | Extensão da ferrovia (km) |
|--------|--------------------|---------------------------|
| I      | Rio Toledo         | 2,27                      |
| I      | Rio Alívio         | 3,66                      |
| II     | Rio Tamanduá       | 12,55                     |
| II     | Rio São José       | 12,46                     |
| II     | Rio Central        | 7,49                      |
| II     | Rio Gonçalves Dias | 2,18                      |
| II     | Rio Saltinho       | 8,67                      |
| II     | Rio da Paz         | 1,31                      |
| II     | Rio do Salto       | 1,40                      |
| III    | Rio das Cobras     | 7,46                      |
| III    | Rio Cantagalo      | 4,01                      |
| III    | Rio Tormenta       | 2,50                      |
| III    | Rio Tapera         | 11,10                     |
| III    | Rio do Salto       | 3,78                      |
| IV     | Rio Cotia          | 5,45                      |
| IV     | Rio Despique       | 4,79                      |
| IV     | Rio Potinga        | 30,31                     |
| IV     | Rio dos Patos      | 29,56                     |
| IV     | Rio das Mortes     | 17,91                     |
| IV     | Rio Pequeno        | 12,14                     |
| IV     | Rio da Vargem      | 5,24                      |
| IV     | Rio das Almas      | 10,32                     |
| IV     | Rio Imbituva       | 21,49                     |
| IV     | Rio Tibagi         | 30,66                     |
| IV     | Rio Miringuava     | 7,42                      |
| IV     | Rio da Campina     | 2,44                      |
| V      | Rio Salto Arrastão | 0,42                      |

Fonte: Elaborado pela Fipe, segundo dados de IAT (2021).

Na Bacia Hidrográfica Litorânea, os principais mananciais estão associados às águas superficiais. Os principais mananciais da AE são Rio Miranda, Rio Ribeirão, Rio Salto Arrastão, Rio Santa Cruz, sendo que o Rio Salto Arrastão é o único identificado na ADA.

Em Mato Grosso do Sul, na AE, foram identificados mananciais superficiais e subterrâneos na região de Dourados e superficial na região de Mundo Novo. Cabe destacar que no estado a captação de águas subterrâneas é significativa.

Por fim, a Tabela 5-63 apresenta a lista de mananciais superficiais e subterrâneos que estão em uso para abastecimento público na AE da Nova Ferroeste, conforme dados disponibilizados em ANA (2021). Não foram identificados pontos de captação na ADA.

**Tabela 5-63: Mananciais Utilizados para Abastecimento Público**

| Trecho | Sistema                                  | Tipo de Captação | Município                    |
|--------|--|------------------|------------------------------|
| I      | Dourados - Superficial                   | Superficial      | Dourados (MS)                |
| I      | Sistema Assis Chateaubriand I            | Superficial      | Assis Chateaubriand (PR)     |
| I      | Mundo Novo 1                             | Superficial      | Mundo Novo (MS)              |
| I      | Sistema Toledo I                         | Superficial      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Rainha / Caixa II / Arroio Fundo | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Quatro Pontes                    | Subterrânea      | Quatro Pontes (PR)           |
| I      | Sistema Rainha / Caixa II / Arroio Fundo | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Rainha / Caixa II / Arroio Fundo | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Captação IV                      | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Maracaju                                 | Subterrânea      | Maracaju (MS)                |
| I      | Sistema Rainha / Caixa II / Arroio Fundo | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Captação IV                      | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Quatro Pontes                    | Subterrânea      | Quatro Pontes (PR)           |
| I      | Eldorado                                 | Subterrânea      | Eldorado (MS)                |
| I      | Sistema Caixa I / Captação I / Líder     | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Dourado - Subterrâneo                    | Subterrânea      | Dourados (MS)                |
| I      | Sistema Maripá                           | Subterrânea      | Maripá (PR)                  |
| I      | Sistema Mercedes                         | Subterrânea      | Mercedes (PR)                |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Caixa I / Captação I / Líder     | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Sistema Quatro Pontes                    | Subterrânea      | Quatro Pontes (PR)           |
| I      | Isolado Martinópolis                     | Subterrânea      | Martinópolis (SP)            |
| I      | Sistema Tupãssi Lado B                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Terra Roxa                       | Subterrânea      | Terra Roxa (PR)              |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A                   | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Quatro Pontes                    | Subterrânea      | Quatro Pontes (PR)           |
| I      | Sistema Quatro Pontes                    | Subterrânea      | Quatro Pontes (PR)           |

| Trecho | Sistema                 | Tipo de Captação | Município                    |
|--------|-------------------------|------------------|------------------------------|
| I      | Sistema Tupãssi Lado B  | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Tupãssi Lado A  | Subterrânea      | Tupãssi (PR)                 |
| I      | Sistema Captação IV     | Subterrânea      | Marechal Cândido Rondon (PR) |
| I      | Japorã                  | Subterrânea      | Japorã (MS)                  |
| I      | Japorã                  | Subterrânea      | Japorã (MS)                  |
| I      | Mundo Novo 2            | Subterrânea      | Mundo Novo (MS)              |
| I      | Mundo Novo 2            | Subterrânea      | Mundo Novo (MS)              |
| I      | Isolado Nova Santa Rosa | Subterrânea      | Nova Santa Rosa (PR)         |
| I      | Isolado Nova Santa Rosa | Subterrânea      | Nova Santa Rosa (PR)         |
| I      | Isolado Nova Santa Rosa | Subterrânea      | Nova Santa Rosa (PR)         |
| I      | Iguatemi                | Subterrânea      | Iguatemi (MS)                |
| I      | Iguatemi                | Subterrânea      | Iguatemi (MS)                |
| I      | Iguatemi                | Subterrânea      | Iguatemi (MS)                |
| I      | Iguatemi                | Subterrânea      | Iguatemi (MS)                |
| I      | Iguatemi                | Subterrânea      | Iguatemi (MS)                |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Poços de Caarapó        | Subterrânea      | Caarapó (MS)                 |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina II     | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina II     | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina III    | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Isolado Palotina IV     | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Palotina I      | Subterrânea      | Palotina (PR)                |
| I      | Sistema Toledo V        | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo VI       | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo IV       | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo VII      | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo IV       | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo III      | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo VII      | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo IV       | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo V        | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |
| I      | Sistema Toledo V        | Subterrânea      | Toledo (PR)                  |

| Trecho | Sistema                              | Tipo de Captação | Município                      |
|--------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| I      | Sistema Toledo II                    | Subterrânea      | Toledo (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra II                    | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra II                    | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra II                    | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra I                     | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra III                   | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| I      | Sistema Guaíra II                    | Subterrânea      | Guaíra (PR)                    |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu I  | Superficial      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Rio Gonçalves Dias           | Superficial      | Santa Tereza do Oeste (PR)     |
| II     | Sistema Cascavel I                   | Superficial      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Tamanduá                     | Superficial      | Foz do Iguaçu (PR)             |
| II     | Sistema Cascavel II                  | Superficial      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel II                  | Superficial      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Medianeira 1                 | Superficial      | Medianeira (PR)                |
| II     | Sistema Itaipu                       | Superficial      | Foz do Iguaçu (PR)             |
| II     | Sistema Ramilândia I                 | Superficial      | Ramilândia (PR)                |
| II     | Sistema Vera Cruz do Oeste           | Superficial      | Vera Cruz do Oeste (PR)        |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Ramilândia II                | Subterrânea      | Ramilândia (PR)                |
| II     | Sistema Vera Cruz do Oeste           | Subterrânea      | Vera Cruz do Oeste (PR)        |
| II     | Sistema Vera Cruz do Oeste           | Subterrânea      | Vera Cruz do Oeste (PR)        |
| II     | Sistema Flor da Serra                | Subterrânea      | Serranópolis do Iguaçu (PR)    |
| II     | Sistema Flor da Serra                | Subterrânea      | Serranópolis do Iguaçu (PR)    |
| II     | Sistema Poços Santa Tereza do Oeste  | Subterrânea      | Santa Tereza do Oeste (PR)     |
| II     | Sistema Poços Santa Tereza do Oeste  | Subterrânea      | Santa Tereza do Oeste (PR)     |
| II     | Sistema Matelândia                   | Subterrânea      | Matelândia (PR)                |
| II     | Sistema Matelândia                   | Subterrânea      | Matelândia (PR)                |
| II     | Sistema Matelândia                   | Subterrânea      | Matelândia (PR)                |
| II     | Sistema Matelândia                   | Subterrânea      | Matelândia (PR)                |

| Trecho | Sistema                              | Tipo de Captação | Município                      |
|--------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------|
| II     | Sistema Poço 4 São Miguel do Iguaçu  | Subterrânea      | São Miguel do Iguaçu (PR)      |
| II     | Sistema Poço 2 São Miguel do Iguaçu  | Subterrânea      | São Miguel do Iguaçu (PR)      |
| II     | Sistema Poço 1 São Miguel do Iguaçu  | Subterrânea      | São Miguel do Iguaçu (PR)      |
| II     | Sistema Poço 3 São Miguel do Iguaçu  | Subterrânea      | São Miguel do Iguaçu (PR)      |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Santa Terezinha de Itaipu II | Subterrânea      | Santa Terezinha de Itaipu (PR) |
| II     | Sistema Medianeira 1                 | Subterrânea      | Medianeira (PR)                |
| II     | Sistema Medianeira 2                 | Subterrânea      | Medianeira (PR)                |
| II     | Sistema Medianeira 2                 | Subterrânea      | Medianeira (PR)                |
| II     | Sistema Medianeira 3                 | Subterrânea      | Medianeira (PR)                |
| II     | Sistema Céu Azul                     | Subterrânea      | Céu Azul (PR)                  |
| II     | Sistema Céu Azul                     | Subterrânea      | Céu Azul (PR)                  |
| II     | Sistema Céu Azul                     | Subterrânea      | Céu Azul (PR)                  |
| II     | Sistema Céu Azul                     | Subterrânea      | Céu Azul (PR)                  |
| II     | Sistema Céu Azul                     | Subterrânea      | Céu Azul (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| II     | Sistema Cascavel III                 | Subterrânea      | Cascavel (PR)                  |
| III    | Sistema Nova Laranjeiras             | Superficial      | Nova Laranjeiras (PR)          |
| III    | Sistema Marquinho I                  | Superficial      | Marquinho (PR)                 |
| III    | Sistema Marquinho I                  | Superficial      | Marquinho (PR)                 |
| III    | Sistema Guaraniaçu                   | Superficial      | Guaraniaçu (PR)                |

| Trecho | Sistema                      | Tipo de Captação | Município   |
|--------|------------------------------|------------------|---|
| III    | Sistema Cantagalo I          | Superficial      | Cantagalo (PR)  |
| III    | Sistema Marquinho I          | Superficial      | Marquinho (PR)  |
| III    | Sistema Goioxim 2            | Subterrânea      | Goioxim (PR)  |
| III    | Sistema Nova Laranjeiras     | Subterrânea      | Nova Laranjeiras (PR)   |
| III    | Sistema Goioxim 1            | Subterrânea      | Goioxim (PR)  |
| III    | Sistema Guaraniãçu           | Subterrânea      | Guaraniãçu (PR)   |
| III    | Sistema Guaraniãçu           | Subterrânea      | Guaraniãçu (PR)   |
| III    | Sistema Ibema                | Subterrânea      | Ibema (PR)  |
| III    | Sistema Ibema                | Subterrânea      | Ibema (PR)  |
| III    | Sistema Ibema                | Subterrânea      | Ibema (PR)  |
| III    | Sistemas Campo Bonito II     | Subterrânea      | Campo Bonito (PR)   |
| III    | Sistemas Campo Bonito III    | Subterrânea      | Campo Bonito (PR)   |
| III    | Sistemas Campo Bonito I      | Subterrânea      | Campo Bonito (PR)   |
| III    | Sistema Cantagalo III        | Subterrânea      | Cantagalo (PR)  |
| III    | Sistema Cantagalo III        | Subterrânea      | Cantagalo (PR)  |
| III    | Sistema Cantagalo II         | Subterrânea      | Cantagalo (PR)  |
| IV     | Sistema Irati I              | Superficial      | Irati (PR)  |
| IV     | Sistema Irati I              | Superficial      | Irati (PR)  |
| IV     | Sistema ETA Mandirituba      | Superficial      | Mandirituba (PR)  |
| IV     | Sistema Palmeira I           | Superficial      | Palmeira (PR)   |
| IV     | Sistema Rebouças             | Superficial      | Rebouças (PR)   |
| IV     | Sistema Irati I              | Superficial      | Irati (PR)  |
| IV     | Sistema Industrial           | Superficial      | Araucária (PR)  |
| IV     | Sistema Cotia                | Superficial      | São José dos Pinhais (PR)   |
| IV     | Sistema Integrado Miringuava | Superficial      | Araucária (PR), Curitiba (PR), Fazenda Rio Grande (PR), São José dos Pinhais (PR) |
| IV     | Sistema Rebouças             | Superficial      | Rebouças (PR)   |
| IV     | Sistema Balsa Nova           | Superficial      | Balsa Nova (PR)   |
| IV     | Sistema Despique             | Superficial      | Fazenda Rio Grande (PR)   |
| IV     | Sistema Cercadinho           | Superficial      | Campo Largo (PR)  |
| IV     | Sistema Rio Verde            | Superficial      | Campo Largo (PR)  |
| IV     | Sistema Poço 6 Contenda      | Subterrânea      | Contenda (PR)   |
| IV     | Sistema Karst                | Subterrânea      | Campo Magro (PR)  |
| IV     | Sistema Poço 1 Contenda      | Subterrânea      | Contenda (PR)   |
| IV     | Sistema Poço 3 Contenda      | Subterrânea      | Contenda (PR)   |
| IV     | Sistema Poço 04 Mandirituba  | Subterrânea      | Mandirituba (PR)  |
| IV     | Sistema São Marcos           | Subterrânea      | São José dos Pinhais (PR)   |
| IV     | Sistema Borda do Campo       | Subterrânea      | São José dos Pinhais (PR)   |
| IV     | Sistema Poço 4 Contenda      | Subterrânea      | Contenda (PR)   |
| IV     | Sistema Poço 5 Contenda      | Subterrânea      | Contenda (PR)   |

| Trecho | Sistema                     | Tipo de Captação | Município                 |
|--------|-----------------------------|------------------|---------------------------|
| IV     | Sistema Karst               | Subterrânea      | Campo Magro (PR)          |
| IV     | Sistema Borda do Campo      | Subterrânea      | São José dos Pinhais (PR) |
| IV     | Sistema Poço 03 Mandirituba | Subterrânea      | Mandirituba (PR)          |
| IV     | Sistema Poços Lapa          | Subterrânea      | Lapa (PR)                 |
| IV     | Sistema Palmeira II         | Subterrânea      | Palmeira (PR)             |
| IV     | Sistema Poços Lapa          | Subterrânea      | Lapa (PR)                 |
| IV     | Sistema Poço Balsa Nova     | Subterrânea      | Balsa Nova (PR)           |
| IV     | Sistema Porto Amazonas      | Subterrânea      | Porto Amazonas (PR)       |
| IV     | Sistema Borda do Campo      | Subterrânea      | São José dos Pinhais (PR) |
| IV     | Sistema Poço 2 Contenda     | Subterrânea      | Contenda (PR)             |
| IV     | Sistema Poços Lapa          | Subterrânea      | Lapa (PR)                 |
| IV     | Sistema Inácio Martins      | Subterrânea      | Inácio Martins (PR)       |
| IV     | Sistema Inácio Martins      | Subterrânea      | Inácio Martins (PR)       |
| IV     | Sistema Irati II            | Subterrânea      | Irati (PR)                |
| IV     | Sistema Irati I             | Subterrânea      | Irati (PR)                |
| IV     | Sistema Irati III           | Subterrânea      | Irati (PR)                |
| V      | Sistema ETA Colônia         | Superficial      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Alexandra       | Superficial      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Colônia         | Superficial      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |
| V      | Sistema ETA Brasília        | Subterrânea      | Paranaguá (PR)            |

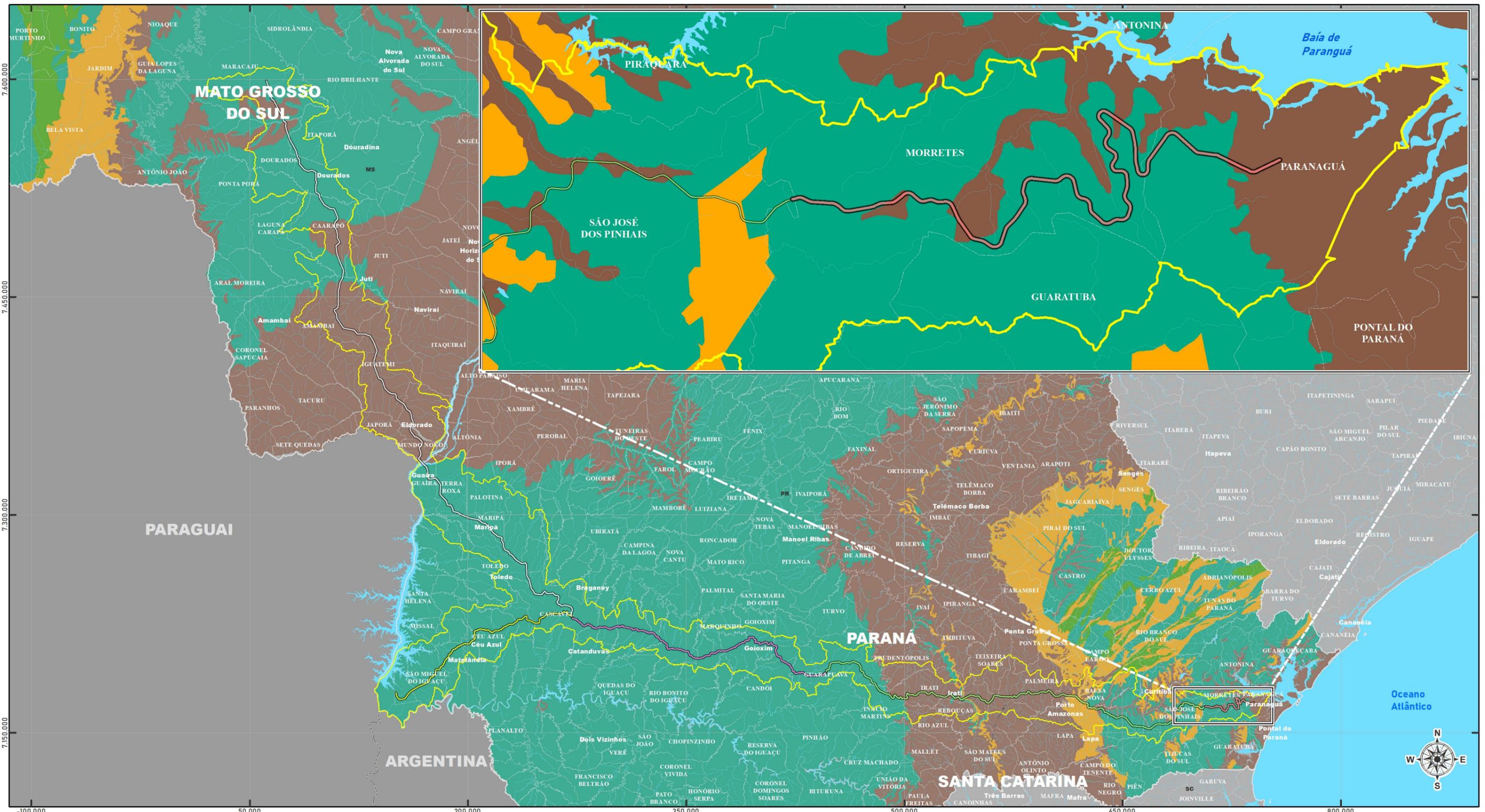
Fonte: ANA (2021).

#### 5.1.6.1.4 Hidrogeologia

Para o estudo da hidrogeologia da AE para implantação da Nova Ferroeste foram utilizados os seguintes materiais Cprm (2015), Imasul (2015), Semac (2010) e Águas Paraná (2010 e 2019).

As referências apresentadas forneceram as informações vetorizadas e georreferenciadas dos contatos entre as diferentes unidades hidrogeológicas.

O Mapa 5-3 - Hidrogeologia representa as principais informações hidrogeológicas da AE.



**LEGENDA**

- Área de estudo - meios físico e biótico
- Limite municipal
- Limite estadual
- Limite estadual
- Limite internacional

**Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste**

**Divisão de trechos - meio biótico**

- I - Maracaju a Cascavel
- II - Foz do Iguaçu a Cascavel
- III - Cascavel a Guarapuava
- IV - Guarapuava a São José dos Pinhais
- V - São José dos Pinhais a Paranaguá

**Hidrogeologia**

- Cárstico
- Fissural
- Granular
- Granular/fissural

agosto/2021  
 ESCALA 1:2.500.000

0 25 50 100 km

Projeção policônica  
 Datum horizontal: SIRGAS 2000.  
 Datum vertical: Marégrafo Imbituba, SC.



|   |   |
|---|---|
| <b>5-3</b>  | <b>HIDROGEOLOGIA</b>                              |
| <b>EMPREENDEDOR</b><br>Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (SEIL)  |   |
| <b>EMPREENDIMENTO</b><br>Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste  |   |
| <b>FONTES DADOS</b><br>Áreas de estudo: FIPE, 2021; Nova Ferroeste: GOV-PR, 2021;<br>Limite estadual e cidades: IBGE, 2020; Imagem: Basemap, ESRI;<br>Hidrogeologia: CPRM, MS 2009 e PR 2015. |   |
| <br>GOVERNO DO ESTADO<br>SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO<br>URBANO E DE OBRAS PÚBLICAS  | <br>Fundação Instituto de<br>Pesquisas Econômicas |

- Trecho I – Maracaju a Cascavel

O Trecho I da Nova Ferroeste está inserido no contexto hidrogeológico de aquíferos fraturados e granulares. Na porção do Trecho I que percorre o estado de Mato Grosso do Sul são aflorantes os sistemas aquíferos Bauru e Serra Geral.

O Sistema Aquífero Bauru é constituído pela Cobertura Detrito-Laterítica e por rochas da Bacia Bauru, formando um aquífero do tipo granular. Especificamente na AE, a unidade geológica que forma este aquífero é o Grupo Caiuá, descrito no capítulo de Geologia. Este sistema é um aquífero livre com afloramento em grande parte do estado do Mato Grosso do Sul, representando um dos mais importantes aquíferos do estado, distribuído por uma área total de 134.550 km<sup>2</sup>. Segundo o Semac (2010), o Sistema Aquífero Bauru apresenta uma reserva renovável de 19.597x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano e explotável de 3.920x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, pressupondo uma taxa de infiltração de 10% em sua área de afloramento.

O Sistema Aquífero Serra Geral é formado pelas rochas derivadas dos derrames da Formação Serra Geral e seus arenitos *intertraps*, constituindo um aquífero fraturado livre. Várias cidades têm esta unidade como fonte de água para abastecimento público, como por exemplo Dourados, presente na AE. Segundo o Semac (2010), o Sistema Aquífero Serra Geral apresenta uma reserva renovável de 5.778 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano e explotável de 1.156 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, pressupondo uma taxa de infiltração de 8% em sua área de recarga de 50.476,3 km<sup>2</sup>.

Na porção do Trecho I que percorre o estado do Paraná é aflorante apenas o Sistema Aquífero Serra Geral, o qual, neste estado, é ainda dividido em classes de acordo com sua produtividade. A classe de produtividade dois, ocorre na totalidade do Sistema Aquífero Serra Geral presente no Trecho I no estado do Paraná. Esta classe compreende toda a Bacia do Paraná 3, e é caracterizada por uma capacidade específica média de 3,3 m<sup>3</sup>/h/m e vazão de 45m<sup>3</sup>/h.

- Trecho II – Foz do Iguaçu a Cascavel

O Trecho II da Nova Ferroeste está totalmente inserido no contexto hidrogeológico dos aquíferos fraturados. Da mesma forma que descrito no Trecho I, o Trecho II está hidrogeologicamente sobre o Sistema Aquífero Serra Geral. Entretanto, no Trecho II o

alinhamento proposto para a ferrovia passa essencialmente pelo divisor de água, que divide a Bacia do Rio Iguaçu, ao sul, da Bacia do Rio Paraná 3, ao norte. Da mesma forma, este divisor d'água separa o Sistema Aquífero Serra Geral de classe de produtividade três e dois, respectivamente. Diferentemente do sistema Classe dois, descrito no Trecho I, o Sistema Aquífero Serra Geral classe três, é caracterizado por uma capacidade específica média de  $2,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e vazão de  $45 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Trecho III – Cascavel a Guarapuava

O Trecho III da Nova Ferroeste está totalmente inserido no contexto hidrogeológico dos aquíferos fraturados. A hidrogeologia do Trecho III está dividida entre o Sistema Aquífero Serra Geral de classe de produtividade três e cinco. Partindo de Cascavel, ocorre a classe três até as proximidades do município de Nova Laranjeiras, quando se inicia a predominância da Classe cinco até o fim do trecho no município de Guarapuava. A classe de produtividade cinco do Aquífero Serra Geral é caracterizada pela capacidade específica de  $0,2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e vazão de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Trecho IV – Guarapuava a São José dos Pinhais

O Trecho IV da Nova Ferroeste está totalmente inserido no contexto hidrogeológico dos aquíferos fraturados, granulares e, em menor proporção, cársticos.

A partir do início do Trecho IV, em Guarapuava, até as proximidades do município de Inácio Martins, se mantém a ocorrência já descrita nos trechos anteriores do Sistema Aquífero Serra Geral, classe cinco. Em Inácio Martins ocorre uma estreita faixa de aproximadamente cinco quilômetros de largura, que se estende de sul a norte da AE, representando o Aquífero Guarani. O Aquífero Guarani é um aquífero granular, composto pelos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu. Apesar de sua área aflorante ter aproximadamente  $3.271 \text{ km}^2$  no estado do Paraná, a maior parte de sua extensão está confinado sob a Formação Serra Geral, podendo chegar a um total de  $138.000 \text{ km}$  apenas neste estado. Sua área aflorante é classificada em classe cinco de produtividade, representando uma produtividade geralmente muito baixa. Todavia, em sua área confinada é apresentada classe um de produtividade, podendo chegar ao valor de capacidade específica de  $1,14 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  e vazão de  $45 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Entre Inácio Martins e Porto Amazonas ocorrem as sequências sedimentares, que derivam em unidades hidrogeológicas granulares com classe de produtividade variando entre cinco e seis. Grande parte do Grupo Passa Dois, a Formação Rio Bonito e uma parte do Grupo Itararé são classe de produtividade cinco, de produtividade geralmente muito baixa caracterizadas por vazões entre um e 10 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica entre 0,04 e 0,4 m<sup>3</sup>/h/m. A classe de produtividade seis representa as unidades pouco produtivas ou não aquíferas, englobando uma pequena faixa do Grupo Passa Dois, afloramentos de soleiras da Formação Serra Geral, a Formação Palermo e também uma pequena porção do Grupo Itararé entre Porto Amazonas e Balsa Nova. Também é presente entre Porto Amazonas e Lapa, uma classe de produtividade quatro representada por rochas do Grupo Itararé, apresentando uma mediana da capacidade específica de 0,41 m<sup>3</sup>/h/m e vazão de 8,6 m<sup>3</sup>/h. Também localmente, ocorre na AE o Aquífero Cárstico, presente na Bacia do Ribeira entre os municípios de Campo Largo e Campo Magro, ambos no estado do Paraná. Este aquífero é caracterizado pelas rochas metacarbonáticas da Formação Capiru, pertencente ao Grupo Açungui. O Aquífero Cárstico tem uma vazão média de 50 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica superior a 4,6 m<sup>3</sup>/h/m.

Entre Balsa Nova e São José dos Pinhais, ocorre a Unidade Aquífera Pré-Cambriana, também chamada de Aquífero Cristalino. Esta unidade corresponde às rochas granitoides, migmatitos, gnaisses e rochas metassedimentares do Complexo Pré-Setuva, Grupo Setuva e Grupo Açungui. Este aquífero é do tipo fraturado, pois depende exclusivamente da permeabilidade secundária de suas rochas, derivadas de falhas e fraturas. É um importante componente do abastecimento público de vários municípios da Região Metropolitana de Curitiba. A vazão média do Aquífero Cristalino varia bastante dependendo do tipo da rocha, variando de 10 m<sup>3</sup>/h, em granitos e rochas metamórficas de alto grau, até sete metros cúbicos por hora, em rochas metamórficas de baixo grau como quartzitos, fílitos e xistos, sendo classificado como classe quatro e cinco de produtividade.

Por fim, no Trecho IV ainda ocorre o Aquífero Guabirotuba, entre os municípios de Araucária, São José dos Pinhais e Fazenda Rio Grande. O Aquífero é formado pelas rochas da Formação de mesmo nome, compreendendo sequências sedimentares de idades paleogenas da Bacia de Curitiba. A ocorrência de água subterrânea está condicionada à

permeabilidade das camadas arcoseanas que ocorrem de forma tabular ou lenticular. Apresenta vazão média de 20 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica de 1,2 m<sup>3</sup>/h/m.

- Trecho V – São José dos Pinhais a Paranaguá

O Trecho V da Nova Ferroeste está totalmente inserido no contexto hidrogeológico dos aquíferos fraturados e granulares. A partir do início do Trecho V, até onde estiverem presentes as rochas da Serra do Mar, está presente o Aquífero Cristalino de classe cinco, de características fissurais e descritos no Trecho IV. Entretanto, os maciços mais altos da Serra do Mar são classificados como classe seis, ou seja, uma unidade não aquífera.

As demais regiões presentes na AE compreendem a Planície Litorânea, a qual forma o Aquífero Costeiro, se estendendo do final das rochas cristalinas da Serra do Mar até o Oceano Atlântico. É composta essencialmente por terraços de areias finas e grossas de idade quaternária. Não há levantamento do potencial hidrogeológico desta unidade, entretanto há registros do uso da água do Aquífero Costeiro em pequenas propriedades e para o abastecimento da cidade de Paranaguá.

De acordo com o Instituto Águas Paraná (2019), a Bacia Hidrográfica Litorânea está completamente inserida na Província Hidrológica do Escudo Oriental e possui dois domínios hidrológicos distintos, sendo que o Domínio Hidrológico Fraturado ocupa quase 94% da área da bacia e o Domínio Granular os 6% restantes.

#### **5.1.6.1.5 Rebaixamento Lençol Freático**

O rebaixamento do lençol freático se dá quando o nível da água é elevado, e interfere no projeto. No caso de obras ferroviárias, este rebaixamento pode ser temporário ou permanente. O rebaixamento temporário é realizado para auxiliar nas fundações das OAEs, enquanto o permanente pode ser realizado em regiões alagadiças.

Existem diversos tipos de rebaixamento de lençol, os principais tipos são: bombeamento direto, ponteiros drenantes, poços profundos e drenagem por eletrosmose (MÜLLER, 2004).

O rebaixamento do lençol freático para implantação de obras de arte especiais está associado ao tipo de fundação que será utilizada, restringindo-se às planícies aluviais e talvegues.

A definição dos pontos onde haverá rebaixamento do lençol freático ocorrerá na fase de projeto executivo da Nova Ferroeste, em que serão realizadas sondagens complementares para definição do nível freático e conseqüentemente estudos mais detalhados.

A execução de rebaixamento de lençol freático necessita de outorga junto ao órgão ambiental contendo detalhamento da intervenção.

### **5.1.6.2 Qualidade da Água**

#### **5.1.6.2.1 Metodologia**

A metodologia aplicada para o diagnóstico da qualidade da água, consiste nos seguintes tópicos: (i) plano amostral de monitoramento, (ii) análises dos parâmetros de qualidade da água em laboratório e (iii) avaliação do índice de qualidade da água (IQA). Cada um desses itens será descrito e explorado a seguir.

##### **5.1.6.2.1.1 Plano Amostral de Monitoramento**

O plano de monitoramento propõe-se amostrar 65 pontos de qualidade da água, para a consolidação do diagnóstico de qualidade da água. Essa quantidade de pontos foi definida considerando as diretrizes do Termo de Referência Cotra 8532854, de modo a priorizar cursos d'água de maior porte, perenes, utilizados para abastecimento, além daqueles que drenam para UCs, contemplando pontos amostrais em todas as regiões hidrográficas interceptadas pelo traçado e que constam em bases oficiais, além de ser dado foco especial nos corpos d'água cujas bacias drenam em sentido ao Parque Nacional do Iguaçu. A saber, a existência de acesso também foi considerada na definição dos pontos de amostragem na AE e ADA. A Tabela 5-64 apresenta a identificação dos pontos de amostragem escolhidos para o diagnóstico de qualidade da água, bem como as respectivas justificativas de escolha.

**Tabela 5-64: Pontos de Amostragem de Águas Superficiais para o Diagnóstico de Qualidade da Água**

| Município  | Unidade Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico | ID do Ponto Amostral | Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 |            | Principais Características dos Pontos                                   |
|------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|---|
|            |                      |                       |                      | Latitude                            | Longitude  |   |
| Maracaju   | Ivinhema             | Córrego Sete Voltas   | QA-65                | -21,784945                          | -55,187737 | Interceptação pela ferrovia   |
| Maracaju   | Ivinhema             | Rio Santa Maria       | QA-64                | -21,91378                           | -55,125513 | Drena para RPPN Santa Angélica  |
| Caarapó    | Ivinhema             | Rio Dourados          | QA-63                | -22,386676                          | -54,904251 | Unidade amostral de fauna aquática e manancial                          |
| Caarapó    | Ivinhema             | Córrego Caarapó       | QA-62                | -22,588205                          | -54,80091  | Interceptação pela ferrovia   |
| Caarapó    | Amambaí              | Rio Amambaí           | QA-61                | -22,888055                          | -54,76171  | APA do Rio Amambaí  |
| Amambai    | Amambaí              | Córrego Itaipá        | QA-60                | -23,138959                          | -54,808369 | Interceptação pela ferrovia   |
| Iguatemi   | Amambaí              | Córrego Guavirá       | QA-59                | -23,427954                          | -54,565458 | Interceptação pela ferrovia   |
| Iguatemi   | Iguatemi             | Córrego Ibiauí        | QA-58                | -23,662259                          | -54,409608 | APA da Bacia do Rio Iguatemi  |
| Eldorado   | Iguatemi             | Rio Iguatemi          | QA-57                | -23,837295                          | -54,333823 | APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná.<br>APA da Bacia do Rio Iguatemi      |
| Mundo Novo | Iguatemi             | Rio Paraná            | QA-56                | -24,037354                          | -54,275579 | Unidade amostral de fauna aquática                                      |
| Mundo Novo | Iguatemi             | Rio Paraná            | QA-55                | -24,043628                          | -54,269049 | APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná<br>Unidade amostral de fauna aquática |
| Mundo Novo | Iguatemi             | Rio Paraná            | QA-54                | -24,057469                          | -54,255733 | APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná                                       |
| Guaíra     | Paraná 3             | Rio Paraná            | QA-53                | -24,069744                          | -54,245731 | APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná                                       |
| Terra Roxa | Paraná 3             | Rio Taturi            | QA-52                | -24,202787                          | -54,137593 | Interceptação pela ferrovia   |
| Maripa     | Piquiri              | Lajeado Araras        | QA-51                | -24,42986                           | -53,849594 | Ferrovia a montante   |

| Município                 | Unidade Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico             | ID do Ponto Amostral | Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 |            | Principais Características dos Pontos  |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|--|
|                           |                      |                                   |                      | Latitude                            | Longitude  |  |
| Toledo                    | Piquiri              | Rio Descoberto                    | QA-50                | -24.613372                          | -53.695645 | Interceptação pela ferrovia  |
| Cascavel                  | Piquiri              | Córrego Acero                     | QA-49                | -24,881794                          | -53,390876 | Área urbana de Cascavel<br>Interceptação pela ferrovia<br>Unidade amostral de fauna aquática |
| Cascavel                  | Piquiri              | Rio Sapucaia                      | QA-48                | -24,958062                          | -53,303096 | Drena para o Rio Iguaçu e área urbana de Foz do Iguaçu                                       |
| Santa Terezinha De Itaipu | Baixo Iguaçu         | Rio Tamanduá                      | QA-47                | -25,504562                          | -54,468001 | Drena para o Parque Nacional do Iguaçu   |
| Santa Terezinha De Itaipu | Baixo Iguaçu         | Rio São João                      | QA-46                | -25,488889                          | -54,381748 | Drena para o Parque Nacional do Iguaçu   |
| São Miguel Do Iguaçu      | Baixo Iguaçu         | Rio Represinha                    | QA-45                | -25,366685                          | -54,201622 | Área urbana de Medianeira a montante.<br>Interceptação pela ferrovia                         |
| Medianeira                | Paraná 3             | Rio Alegria                       | QA-44                | -25,277506                          | -54,12729  | Interceptação pela ferrovia  |
| Medianeira                | Paraná 3             | Rio Ouro Verde                    | QA-43                | -25,201078                          | -54,044472 | Interceptação pela ferrovia  |
| Céu Azul                  | Baixo Iguaçu         | Rio Silva Jardim                  | QA-42                | -25,239564                          | -53,90359  | Unidade amostral de fauna aquática<br>Drena para o Parque Nacional do Iguaçu                 |
| Céu Azul                  | Paraná 3             | Rio São Francisco Falso Braço Sul | QA-41                | -25,10766                           | -53,926985 | Drena para o Parque Nacional do Iguaçu   |
| Santa Tereza Do Oeste     | Baixo Iguaçu         | Rio Gonçalves Dias                | QA-40                | -25,041459                          | -53,588644 | Área urbana de Cascavel e Ferrovia a montante  |
| Cascavel                  | Baixo Iguaçu         | Rio Cascavel                      | QA-39                | -25,02636                           | -53,457898 | Interceptação pela ferrovia e manancial  |
| Nova Laranjeiras          | Baixo Iguaçu         | Rio Guarani                       | QA-38                | -25,217712                          | -52,632533 | Trecho existente da Ferroeste, drena para Terra Indígena e Parque Estadual Rio Guarani       |

| Município        | Unidade Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico       | ID do Ponto Amostral | Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 |            | Principais Características dos Pontos  |
|------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|--|
|                  |                      |                             |                      | Latitude                            | Longitude  |  |
| Nova Laranjeiras | Piquiri              | Rio da Erveira              | QA-37                | -25,294329                          | -52,441051 | Trecho existente da Ferroeste. Intercepção pela ferrovia                             |
| Cantagalo        | Baixo Iguaçu         | Rio Cantagalo               | QA-36                | -25,26376                           | -52,195646 | Trecho existente da Ferroeste, ponto a jusante da ferrovia                           |
| Goioxim          | Baixo Iguaçu         | Rio Juquiá                  | QA-35                | -25,20462                           | -51,994946 | Trecho existente da Ferroeste<br>Área urbana a montante<br>Intercepção pela ferrovia |
| Goioxim          | Baixo Iguaçu         | Rio Araras                  | QA-34                | -25,216528                          | -51,902488 | Trecho existente da Ferroeste<br>Intercepção pela ferrovia                           |
| Candoí           | Médio Iguaçu         | Rio Campo Real              | QA-33                | -25,384633                          | -51,762639 | Trecho existente da Ferroeste<br>Intercepção pela ferrovia                           |
| Guarapuava       | Médio Iguaçu         | Rio das Mortes              | QA-32                | -25,333575                          | -51,400125 | Manancial de Guarapuava  |
| Guarapuava       | Médio Iguaçu         | Rio das Pedras              | QA-31                | -25,327546                          | -51,349023 | Manancial de Guarapuava  |
| Guarapuava       | Médio Iguaçu         | Rio das Pombas              | QA-30                | -25,339914                          | -51,311361 | APA Serra da Esperança   |
| Guarapuava       | Médio Iguaçu         | Rio Bananas                 | QA-29                | -25,417747                          | -51,264582 | APA Serra da Esperança   |
| Inácio Martins   | Médio Iguaçu         | Rio Iratim                  | QA-28                | -25,462565                          | -51,227338 | APA Serra da Esperança.<br>Unidade amostral de fauna aquática                        |
| Irati            | Ivaí                 | Rio Linha "B"               | QA-27                | -25,538136                          | -51,058606 | Intercepção pela ferrovia  |
| Irati            | Ivaí                 | Arroio Faxinal dos Antônios | QA-26                | -25,55476                           | -50,978385 | Intercepção pela ferrovia  |
| Irati            | Médio Iguaçu         | Rio Preto                   | QA-25                | -25,514892                          | -50,87425  | Ponto próximo à intercepção pela ferrovia  |
| Irati            | Médio Iguaçu         | Rio Riozinho                | QA-24                | -25,549735                          | -50,6605   | Intercepção pela ferrovia  |
| Irati            | Tibagi               | Rio Barreiro                | QA-23                | -25,561264                          | -50,614441 | Intercepção pela ferrovia  |

| Município            | Unidade Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico | ID do Ponto Amostral | Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 |            | Principais Características dos Pontos   |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|---|
|                      |                      |                       |                      | Latitude                            | Longitude  |   |
| Fernandes Pinheiro   | Tibagi               | Sem nome              | QA-22                | -25,531979                          | -50,531629 | Ponto próximo à interceptação pela ferrovia   |
| Fernandes Pinheiro   | Tibagi               | Rio Imbituva          | QA-21                | -25,542136                          | -50,487912 | Ponto próximo à interceptação pela ferrovia<br>Captação do município de Fernandes Pinheiro à jusante. |
| Palmeira             | Tibagi               | Rio Passo Fundo       | QA-20                | -25,521533                          | -50,191105 | Interceptação pela ferrovia   |
| Porto Amazonas       | Alto Iguaçu          | Rio dos Papagaios     | QA-19                | -25,551462                          | -49,809079 | APA Escarpa Devoniana   |
| Lapa                 | Alto Iguaçu          | Rio Iguaçu            | QA-18                | -25,607342                          | -49,741051 | Rio Iguaçu (leito principal) (APA Escarpa Devoniana)  |
| Lapa                 | Alto Iguaçu          | Rio Corrisco          | QA-17                | -25,617564                          | -49,679357 | Cavas rio Iguaçu (APA Escarpa Devoniana)  |
| Balsa Nova           | Alto Iguaçu          | Rio Pitangueiras      | QA-16                | -25,578447                          | -49,651586 | Unidade amostral de fauna aquática  |
| Contenda             | Alto Iguaçu          | Rio Isabel Alves      | QA-15                | -25,667167                          | -49,533103 | Interceptação pela ferrovia, centro urbano a montante   |
| Mandirituba          | Alto Iguaçu          | Rio Maurício          | QA-14                | -25,729269                          | -49,306852 | Área de contribuição com vários usos e manancial  |
| Fazenda Rio Grande   | Alto Iguaçu          | Rio Despique          | QA-13                | -25,703798                          | -49,248817 | Interceptação pela ferrovia e manancial   |
| São José dos Pinhais | Alto Iguaçu          | Rio Miringuava Mirim  | QA-12                | -25,640885                          | -49,154006 | Interceptação pela ferrovia e manancial   |
| São José dos Pinhais | Alto Iguaçu          | Rio Miringuava        | QA-11                | -25,601752                          | -49,119534 | Manancial   |
| São José dos Pinhais | Alto Iguaçu          | Rio Pequeno           | QA-10                | -25,570367                          | -49,069156 | APA Estadual do Pequeno e manancial   |
| Morretes             | Litorânea            | Rio Arraial           | QA-09                | -25,598107                          | -48,952976 | Unidade amostral de fauna aquática  |
| Morretes             | Litorânea            | Rio Fortuna           | QA-08                | -25,598404                          | -48,903298 | Área de contribuição mais preservada  |

| Município | Unidade Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico | ID do Ponto Amostral | Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000 |            | Principais Características dos Pontos                    |
|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|------------|--|
|           |                      |                       |                      | Latitude                            | Longitude  |  |
|           |                      |                       |                      |                                     |            | Drena para o Parque Estadual do Pau Oco                  |
| Morretes  | Litorânea            | Rio dos Padres        | QA-07                | -25,592137                          | -48,870669 | Área de contribuição mais preservada                     |
| Morretes  | Litorânea            | Rio do Neves          | QA-06                | -25,600005                          | -48,811618 | Área de contribuição mais preservada                     |
| Morretes  | Litorânea            | Rio Bom Jardim        | QA-05                | -25,576327                          | -48,777517 | Área de contribuição mais preservada                     |
| Morretes  | Litorânea            | Sem nome              | QA-04                | -25,543011                          | -48,726924 | Planície litorânea                                       |
| Morretes  | Litorânea            | Rio Saquarema         | QA-03                | -25,540428                          | -48,716049 | Planície litorânea                                       |
| Morretes  | Litorânea            | Rio Jacareí           | QA-02                | -25,572091                          | -48,703643 | Planície litorânea<br>Unidade amostral de fauna aquática |
| Paranaguá | Litorânea            | Rio Ribeirão          | QA-01                | -25.563655                          | -48.611456 | Porto, planície litorânea                                |

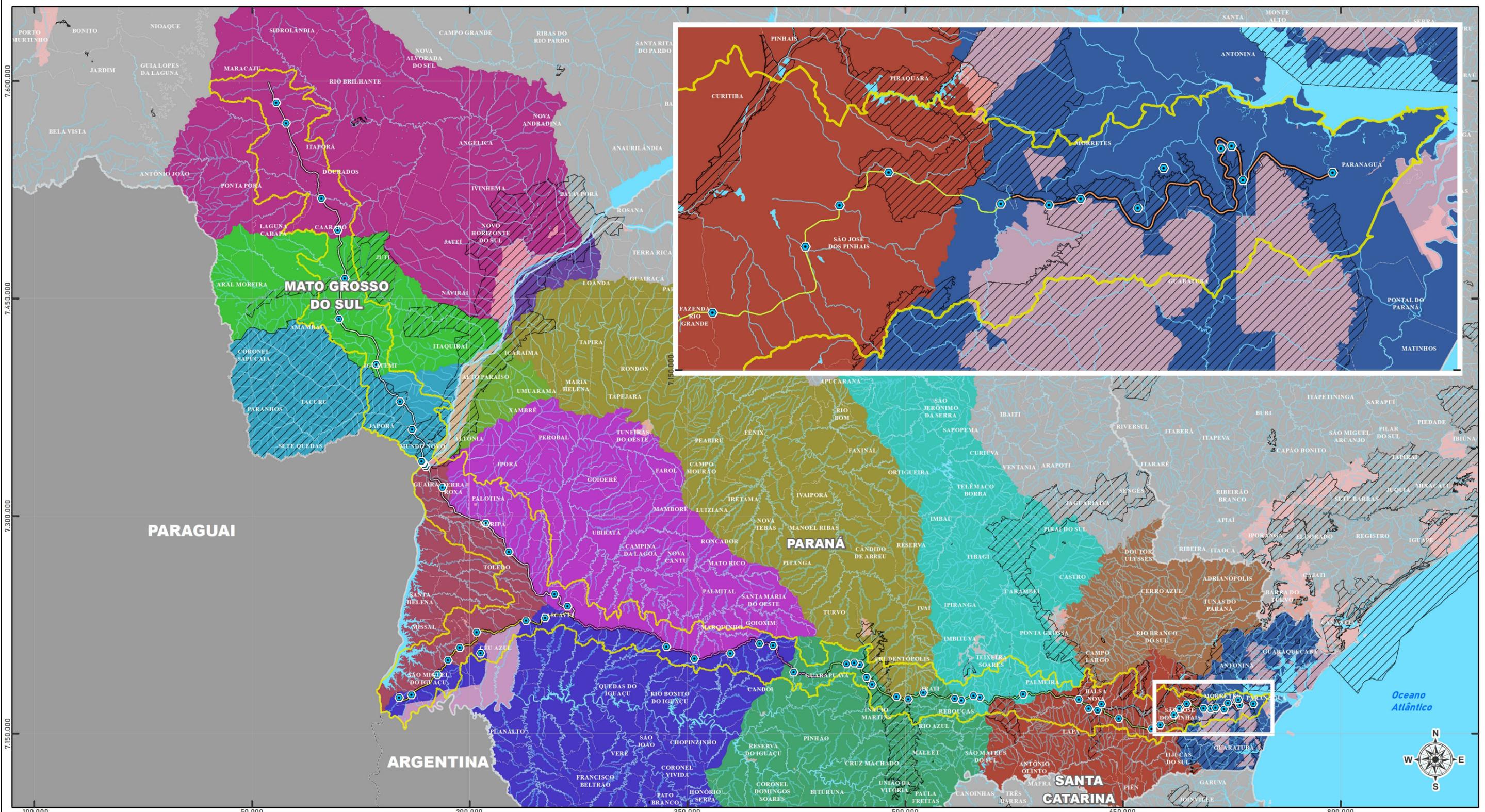
Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para atender aos critérios mencionados, 18% (N=12) dos pontos estão localizados fora do eixo propriamente dito (mas dentro da Área de Estudo) isso, devido ao fato de a ferrovia acompanhar divisores de bacia em grande parte de seu traçado. É importante ressaltar que para esta verificação e validação da quantidade de cursos d'água interceptados pelo traçado, foram consultadas as bases oficiais de hidrografia do IAT (2020) e IBGE (2019). De acordo com as bases consultadas, há entre 72 e 79 rios (cursos d'água perenes, com nomes) interceptados pelo traçado. A amostragem proposta de 65 pontos contempla a grande maioria dos rios de porte na rede amostral.

A distribuição dos pontos de monitoramento de águas superficiais foi definida considerando o traçado proposto, resultando em cinquenta e três (53) pontos (81%) distribuídos no estado do Paraná e doze (12) pontos (18%) distribuídos no estado do Mato Grosso do Sul. Além disso, sete (07) pontos amostrais (QA-33 a QA-27, que representam 11% do total) estão alocados no trecho já em operação, entre os municípios de Cascavel e Guarapuava. Complementarmente à análise da distribuição dos pontos amostrais, ressalta-se que:

- Cinquenta e três pontos amostrais (82%) são corpos d'água interceptados pela ferrovia;
- Dezesesseis pontos amostrais (25%) são corpos d'água inseridos em APA, RPPN ou Parque Estadual;
- Seis pontos amostrais (9%) são corpos d'água que recebem influência de montante de centros urbanos; e
- Oito pontos amostrais (12%) são corpos d'água que também representam unidades amostrais de fauna aquática.

A localização espacial pontos de monitoramento é apresentada no Mapa 5-4 e Apêndice 5-12 – Mapa de Recursos Hídricos, em que é possível notar a satisfatória cobertura que esses 65 pontos possuem ao longo do traçado da ferrovia, garantindo uma boa representatividade dos diversos tipos de usos e ocupação do solo que exercem influência sob a qualidade das águas superficiais ao longo da AE.



**LEGENDA**

- Unidades amostrais de Qualidade da Água
- Rodovia
- Curso d'água
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite estadual
- Limite internacional

**Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste**  
Divisão de trechos - meios físico e biótico

- I - Maracaju a Cascavel
- II - Foz do Iguaçu a Cascavel
- III - Cascavel a Guarapuava
- IV - Guarapuava a São José dos Pinhais
- V - São José dos Pinhais a Paranaguá

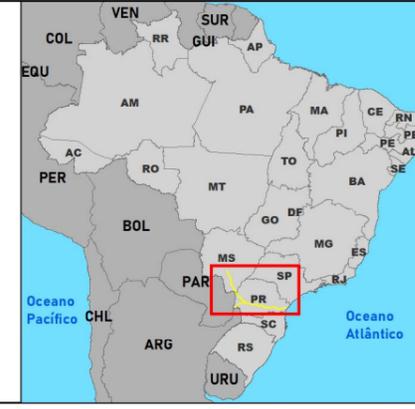
**Unidades hidrográficas**

- |              |           |              |          |         |
|--------------|-----------|--------------|----------|---------|
| Alto Iguaçu  | Iguatemi  | Litorânea    | Paraná 2 | Ribeira |
| Amambai      | Ivaí      | Médio Iguaçu | Paraná 3 | Tibagi  |
| Baixo Iguaçu | Ivinheima | Paraná 1     | Piquiri  |         |

**Unidades de conservação**

- Uso sustentável
- Proteção integral

agosto/2021  
 ESCALA 1:2.500.000  
  
 Projeção policônica  
 Datum horizontal: SIRGAS 2000.  
 Datum vertical: Marégrafo Imbituba, SC.



**5-4 QUALIDADE DA ÁGUA**

**EMPREENDEDOR**  
 Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística (SEIL)

**EMPREENDIMENTO**  
 Corredor Oeste de Exportação - Nova Ferroeste

**FONTES DADOS**  
 Nova Ferroeste: GOV-PR, 2021; Limite estadual, municípios: IBGE, 2020;  
 UCs: MMA, IAT, IMASUL e Prefeituras, 2020; Pontos QA: FIPE 2021;  
 Unidades hidrográficas: IMASUL, IAT, 2020.



A fim de facilitar a apresentação e interpretação dos resultados de qualidade da água, a Tabela 5-65 apresenta a subdivisão dos pontos de monitoramento de qualidade da água considerando a divisão do traçado em cinco trechos. Essa subdivisão contribui com a identificação de possíveis fontes de poluição dos corpos hídricos, sejam pontuais ou difusas, considerando as principais características da bacia hidrográfica em questão.

**Tabela 5-65: Distribuição dos Pontos de Monitoramento de Qualidade da Água Superficial de Acordo com os Trechos da Nova Ferroeste**

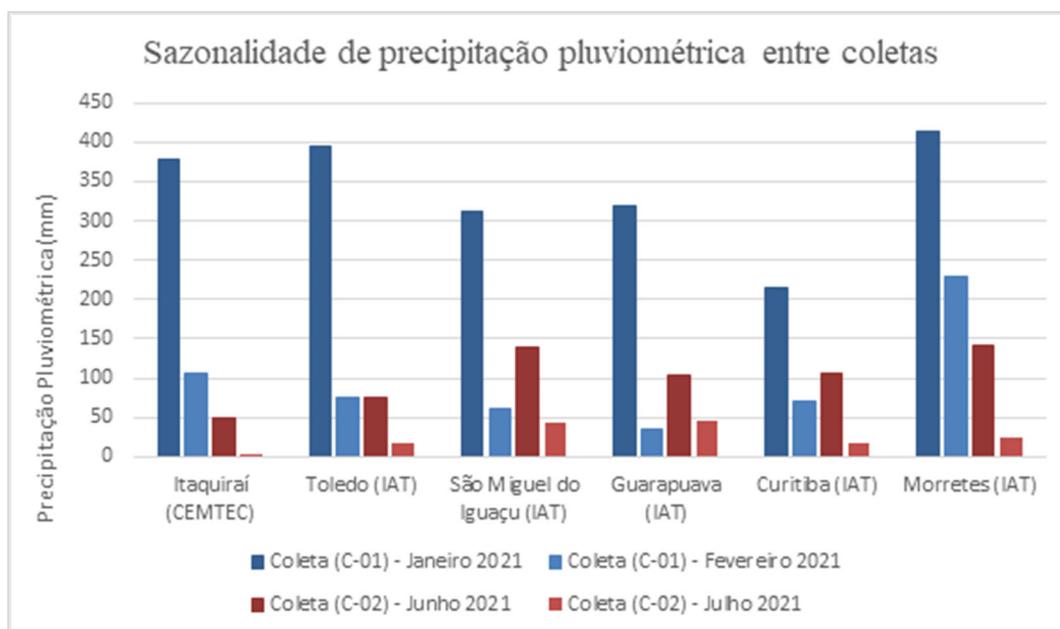
| Trechos                                | ID dos Pontos de QA | Número de Pontos no Trecho |
|--|---------------------|----------------------------|
| I - Maracaju a Cascavel                | QA-65 a QA-48       | 18                         |
| II – Cascavel a Foz do Iguaçu          | QA-47 a QA-39       | 9                          |
| III – Cascavel a Guarapuava            | QA-38 a QA-33       | 6                          |
| IV – Guarapuava a São José dos Pinhais | QA-32 a QA-09       | 24                         |
| V – São José dos Pinhais a Paranaguá   | QA-08 a QA-01       | 8                          |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Foram realizadas duas amostragens simples nos seguintes períodos: a primeira campanha realizada entre os dias 08 e 17 de fevereiro de 2021, denominada de Coleta 01 (C-01), representativa da estação de verão e, em média, com maior índice pluviométrico (Gráfico 5-65); e a segunda campanha realizada entre os dias 05 e 12 de julho de 2021, denominada de Coleta 02 (C-02), representativa da estação de inverno e, em média, com menor índice pluviométrico (Gráfico 5-65).

A amostra de água superficial do ponto QA-42 na C-02 não foi passível de amostragem, pois devido ao período do ano menos chuvoso, o ponto referido estava seco, conforme laudo técnico (Anexo 5-2) da empresa Acquaplant Química do Brasil LTDA., responsável pelas coletas de amostras. Além disso, para o ponto QA-07 foi realizada uma nova amostragem, em 30 de agosto de 2021, pois devido às dificuldades de acesso ao ponto de monitoramento, a amostra deste ponto na C-02 foi coletada fora do local apropriado, sendo solicitada à empresa uma nova amostragem. Portanto, as análises de QA apresentadas para o ponto QA-07 na C-02 correspondem à esta nova coleta realizada, prezando inclusive pela compatibilidade das características sazonais deste período do ano.

**Gráfico 5-65: Precipitação Pluviométrica nas Coletas C-01 e C-02**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

As coletas das amostras e os ensaios laboratoriais foram realizados pela empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda., situada em Joinville/SC, acreditada junto ao Inmetro sob o número CRL 0607, portadora do Certificado de Cadastramento de Laboratório (CCL/IAT) nº017R válido até 14/07/2023. Foram coletadas amostras das águas superficiais dos 65 pontos de monitoramento, previstos e indicados na Tabela 5-64.

A metodologia de amostragem utilizada foi a “POP 117 – Procedimento de amostragem”, protocolo interno da empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda. O recebimento das amostras no laboratório e os procedimentos de armazenamento foram realizados de acordo com o “POP 071 – Gerenciamento de Amostra”, protocolo interno da empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda.

Para cada conjunto de parâmetros de qualidade da água foram considerados métodos de preservação, embalagens e prazo máximo de validade diferentes, de acordo com o previsto no Plano de Amostragem nº 5219-2021.0.

O intervalo entre a Foto 5-259 e a Foto 5-264 mostra aspectos metodológicos das coletas de amostras em campo, e o Apêndice 5-15 apresenta um relatório fotográfico dos pontos amostrais.

**Foto 5-259: Material para Coleta e Medições**



Fonte: Renan Boebel, 08/02/2021.

**Foto 5-260: Medição *in situ* por Meio de Sonda Multiparâmetros**



Fonte: Renan Boebel, 12/07/2021.

**Foto 5-261: Apoio da Polícia Rodoviária Federal para Coleta no Rio Paraná (Pontos QA-53 a QA-56)**



Fonte: Renan Boebel, 08/02/2021.

**Foto 5-262: Rio dos Papagaios (QA-19) sob a Ponte dos Arcos**



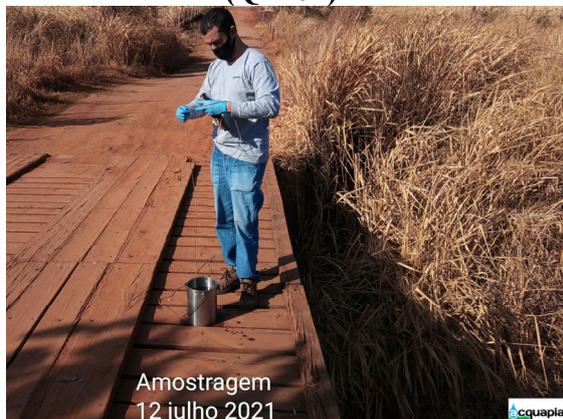
Fonte: Renan Boebel, 15/02/2021.

**Foto 5-263: Coleta de Amostra no Rio Iguatemi (Ponto QA-57)**



Fonte: Renan Boebel, 12/07/2021.

**Foto 5-264: Técnico Realizando Coleta de Amostra no Córrego Caarapó (QA-62)**



Fonte: Renan Boebel, 06/07/2021.

#### 5.1.6.2.1.1 Parâmetros de Qualidade da Água

Os parâmetros de qualidade da água analisados foram o oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), condutividade elétrica (CE), turbidez, fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), as formas de nitrogênio, amoniacal ( $N-NH_4^+$ ), íon amônio ( $NH_4^+$ ), nitrato ( $N-NO_3^-$ ) e íon nitrato ( $NO_3^-$ ), os coliformes totais (CT), óleos e graxas (OG), temperatura do ar e temperatura da água.

Durante a coleta das amostras nos 65 pontos de monitoramento supracitados, os parâmetros OD, temperatura do ar, temperatura da água e pH foram medidos *in situ*, identificados nos laudos como “Resultado(s) do(s) Ensaio(s) em Instalação do Cliente”. Além disso, foram registradas informações sobre aspectos da amostra e condições ambientais do ponto monitorado. As informações sobre o método utilizado, unidades e os Limites de Quantificação (LQ) desses parâmetros são apresentadas na Tabela 5-66.

**Tabela 5-66: Metodologia de Referência Utilizada para a Medição *in situ* de Parâmetros Físico-Químicos**

| Parâmetro           | Unidade | LQ     | Metodologia de Referência                        |
|---------------------|---------|--------|--|
| OD                  | mg/L    | 0,2    | SMWW, 23ª Edição, Método 4500 - O G              |
| pH                  | N.M.    | 1 a 13 | SMWW, 23ª Edição, Método 4500 H <sup>+</sup> - B |
| Temperatura do Ar   | °C      | 0 a 50 | SMWW, 23ª Edição, Método 2550 B                  |
| Temperatura da água | °C      | 0 a 50 | SMWW, 23ª Edição, Método 2550 B                  |

Fonte: Relatórios de Ensaios, referentes à Proposta Comercial PC224/2021.5 da empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda.; Nota: N.M. – não mencionado.

A quantificação dos demais parâmetros de qualidade da água foi realizada nas dependências do laboratório da empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda., identificados nos laudos como “Resultado(s) do(s) Ensaio(s) em Instalação Permanente”. As informações sobre o método utilizado, unidades, incerteza e os LQ desses parâmetros são apresentadas na Tabela 5-67.

**Tabela 5-67: Metodologia de Referência Utilizada para a Medição dos Parâmetros Físico-Químicos em Laboratório**

| Parâmetro                       | Unidade   | LQ    | Incerteza | Metodologia de Referência                               |
|---------------------------------|-----------|-------|-----------|---|
| NT                              | mg/L      | 1,0   | N.M.      | POP 019   |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | mg/L      | 0,05  | 0,005     | POP 002   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>    | mg/L      | 0,2   | 0,008     | SMWW, 23ª Edição, Método 4500 NH <sub>3</sub> F, POP002 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>    | mg/L      | 0,05  | N.M.      | POP 016   |
| N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/L      | 0,010 | N.M.      | POP 016   |
| PT                              | mg/L      | 0,015 | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B, EPA200.2:1994          |
| DBO <sub>5</sub>                | mg/L      | 3,0   | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 5210 B                         |
| CE                              | µS/cm     | 1,0   | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 2510 B                         |
| CT                              | NMP/100mL | 10,0  | 0,1       | SMWW, 23ª Edição, Método 9223 B                         |
| OG                              | mg/L      | 10,0  | N.M.      | SMWW, 22ª Edição, Método 5520 D e F                     |
| SS                              | mg/L      | 15,0  | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 2540 B, C, D e E               |
| ST                              | mg/L      | 15,0  | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 2540 B, C, D e E               |
| Turbidez                        | NTU       | 0,2   | N.M.      | SMWW, 23ª Edição, Método 2130 B                         |

Fonte: Relatórios de Ensaios, referentes à Proposta Comercial PC224/2021.5 da empresa Acquaplant Química do Brasil Ltda.

Nota: N.M. – não mencionado.

As frações de nitrogênio foram apresentadas pelo laboratório de formas distintas, a saber:

- **Nitrogênio Amoniacal:** corresponde à quantificação apenas do elemento N presente na molécula de nitrogênio amoniacal, ou seja,  $\text{N-NH}_3^-/\text{N-NH}_4^+$ ;
- **Amônia:** corresponde a quantificação total da molécula de  $\text{NH}_3^-/\text{NH}_4^+$ , considerando, portanto, o elemento hidrogênio presente. A prevalência da fração específica de amônia é condicionada aos valores de pH do meio;
- **Nitrato-N:** corresponde à quantificação apenas do elemento N presente na molécula de nitrato, ou seja,  $\text{N-NO}_3^-$ ; e
- **Nitrato:** corresponde a quantificação total da molécula de  $\text{NO}_3^-$ , considerando, portanto, o elemento oxigênio presente.

Cabe ressaltar, portanto, que a quantificação de nitrogênio total apresentada, corresponde apenas a totalidade das moléculas de N presentes nas amostras analisadas. Assim, a maneira mais adequada de avaliação de NT nas amostras é comparando com as frações correspondentes de análises apenas do elemento N presente em cada molécula, ou seja, as frações  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ . Os procedimentos analíticos denominados POP 019, POP 002 e POP 016 foram realizados através de Kits Merck Milipore®, protocolo interno estabelecido pelo laboratório.

As unidades dos parâmetros de qualidade da água usadas na interpretação dos resultados neste estudo, são as mesmas fornecidas nos laudos. O laboratório é integralmente responsável pelas informações que constam nos laudos de coleta apresentados no Anexo 5-2.

#### 5.1.6.2.1.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

A partir desta lista de parâmetros de qualidade analisados, foi possível calcular o IQA em cada um dos pontos de monitoramento nas duas campanhas amostrais realizadas.

O IQA é um índice desenvolvido pela Cetesb, que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas: CT, pH, DBO, NT, PT, temperatura da água, turbidez, resíduos totais e OD. O parâmetro 'resíduo total' indicado é o

equivalente ao parâmetro ‘sólidos totais’, o qual será usado nos cálculos do IQA neste estudo.

Este índice foi criado inicialmente, com o objetivo de avaliar a água para utilização em abastecimento público. Contudo, como tais parâmetros também são indicadores de poluição, tem sido amplamente usado na análise da qualidade da água de rios, juntamente com os critérios de enquadramento de corpos d’água previstos na Resolução Conama nº 357/2005 (ANA, 2021).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água das variáveis que integram o índice, por meio da seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \text{ (equação 13)}$$

Onde:

IQA – é o Índice de Qualidade da Água, que será um número entre zero a 100.

$q_i$ : é a qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, que será um número entre zero e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida

$w_i$ : é o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre zero e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \text{ (equação 14)}$$

Sendo  $n$ , o número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Para cada curva média de variação de qualidade foram ajustadas equações que representam o melhor ajuste para o cálculo da qualidade do parâmetro avaliado. Da mesma forma, cada peso do parâmetro é previamente definido, em cada curva média, considerando a sua importância para a conformação global de qualidade (ANA, 2021).

Para o efetivo cálculo do IQA foram consideradas as seguintes condições:

- Para o cálculo da variação da temperatura foi considerado que a temperatura de equilíbrio dos corpos d’água é de 20 °C;

- Para o cálculo da porcentagem da saturação de oxigênio, primeiramente foi realizado o cálculo da concentração de oxigênio baseado na temperatura da água e na altitude de cada ponto de monitoramento. Essa consideração é necessária visto que a solubilidade do OD em corpos d'água varia com a altitude e temperatura (VON SPERLING, 2017);
- Para os parâmetros de qualidade da água que tiveram concentração abaixo do limite de quantificação foram considerados para o cálculo do IQA, o próprio valor do limite de quantificação. Esse critério foi definido considerando que o uso deste limite representará o cenário mais conservador da presença do poluente em questão.

Após o cálculo do IQA usando as equações e critérios supracitados, os valores são classificados em cinco categorias de qualidade, conforme indicadas na Tabela 5-68.

**Tabela 5-68: Intervalo dos Valores de Classificação do IQA**

| Intervalo do IQA           | Qualificação do Corpo d'água |
|----------------------------|------------------------------|
| $79 < \text{IQA} \leq 100$ | Ótima                        |
| $51 < \text{IQA} \leq 79$  | Boa                          |
| $36 < \text{IQA} \leq 51$  | Regular                      |
| $19 < \text{IQA} \leq 36$  | Ruim                         |
| $\text{IQA} \leq 19$       | Péssima                      |

Fonte: Cetesb (2019).

Ressalta-se que no Portal de Qualidade das Águas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, são apresentados diversos indicadores de qualidade da água, incluindo o IQA, e dois intervalos diferentes para a classificação do IQA, que variam entre os estados brasileiros. No caso deste estudo, ambos os intervalos poderiam ser considerados, visto que um intervalo de valores estaria indicado para o estado do Paraná, enquanto o outro intervalo estaria indicado para o estado do Mato Grosso do Sul. A fim de evitar classificações e interpretações discrepantes entre os diferentes cursos d'água em ambos os estados ao longo da extensão da ferrovia e, considerando também a consistência reconhecida ao longo do tempo do uso dos intervalos propostos pela Cetesb, estes serão os intervalos considerados na avaliação deste estudo, conforme apresentado na Tabela 5-68.

Adicionalmente à avaliação do IQA, foi realizada a verificação do enquadramento dos corpos d'água que interceptam o traçado do Nova Ferroeste, de acordo com os critérios determinados na Resolução Conama nº 357/2005. Para tanto, também foram consultadas os respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas para verificar o enquadramento dos corpos hídricos existentes. Em caso de não enquadramento pelo respectivo Comitê, os corpos hídricos serão considerados como de Classe dois, conforme indica o art. 42 da Resolução Conama nº 357/2005:

*“Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe dois, as salinas e salobras Classe um, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.”*

Os resultados das concentrações medidas das amostras dos 65 pontos de monitoramento foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) pela Resolução Conama nº 357/2005, considerando o enquadramento de águas doces. A Tabela 5-69 mostra os VMP dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água para o enquadramento de corpos hídricos de água doce, nas classes um, dois e três.

**Tabela 5-69: Valores Máximos Permitidos dos Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade da Água Previstos na Resolução Conama nº 357/2005 para Rios de Água Doce, Classes Um, Dois e Três**

| Parâmetro  | Unidade              | VMP<br>Classe um  | VMP<br>Classe dois    | VMP<br>Classe três  |
|--|----------------------|---|-----------------------|---|
| CT   | NMP/100mL            | < 200   | < 1000                | < 2500  |
| CE   | µS/cm                | N.M.  | N.M.                  | N.M.  |
| DBO <sub>5</sub>   | mg O <sub>2</sub> /L | < 3,0   | < 5,0                 | < 10,0  |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                   | mg N/L               | 10,0  | 10,0                  | 10,0  |
| N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                   | mg N/L               | 1,0   | 1,0                   | 1,0   |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>N-NH <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg N/L               | 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5<br>2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0<br>1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5<br>0,5 mg/L N, para pH > 8,5 |                       | 13,3 mg/L N, para pH < 7,5<br>5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0<br>2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5<br>1,0 mg/L N, para pH > 8,5 |
| NT   | mg/L                 | N.M.  | N.M.                  | N.M.  |
| OD   | mg O <sub>2</sub> /L | > ou = 6,0  | > ou = 5,0            | > ou = 4  |
| OG   | mg/L                 | Virtualmente Ausentes   | Virtualmente Ausentes | Virtualmente Ausentes   |
| pH   | N.M.                 | 6,0 a 9,0   | 6,0 a 9,0             | 6,0 a 9,0   |

| Parâmetro                        | Unidade | VMP<br>Classe um | VMP<br>Classe dois | VMP<br>Classe três |
|----------------------------------|---------|------------------|--------------------|--------------------|
| PT<br>(ambientes<br>lênticos)    | mg P/L  | 0,10             | 0,10               | 0,15               |
| Sólidos<br>dissolvidos<br>totais | mg/L    | 500              | 500                | 500                |
| ST                               | mg/L    | N.M.             | N.M.               | N.M.               |
| Temperatura<br>do Ar             | °C      | N.M.             | N.M.               | N.M.               |
| Temperatura<br>da Água           | °C      | N.M.             | N.M.               | N.M.               |
| Turbidez                         | NTU     | < 100            | < 100              | < 100              |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Com o uso desses critérios, foi possível analisar a situação qualitativa dos corpos d'água na AE e ADA, considerando o enquadramento previsto na legislação vigente e os valores de IQA, previamente à instalação e operação da Nova Ferroeste. A partir dessas análises, *a posteriori* será viável avaliar a magnitude das transformações ocorridas.

#### 5.1.6.2.2 Resultados

A análise dos resultados do diagnóstico de qualidade da água consiste nos seguintes tópicos: (i) enquadramentos dos cursos d'água selecionados de acordo com o previsto na Resolução Conama n° 357/2005, (ii) análises dos parâmetros de qualidade da água previstos nas classes de enquadramento subdivididos nos trechos, e (iii) avaliação do índice de qualidade da água (IQA). Cada um desses itens será descrito e explorado a seguir.

##### 5.1.6.2.2.1 Enquadramento dos Cursos d'Água

Nesta seção serão apresentadas características sobre a distribuição espacial dos pontos amostrais de água superficial, considerando suas respectivas unidades hidrográficas, bem como as condições atuais de enquadramentos dos corpos hídricos em estudo. A Tabela 5-70 apresenta um breve resumo da distribuição espacial dos 65 pontos monitorados em cada trecho da futura ferrovia, bem como a classe de enquadramento predominante no respectivo trecho.

**Tabela 5-70: Distribuição Espacial dos Pontos de Monitoramento da QA Considerando Divisão por Bacias Hidrográficas**

| Trecho | Quantidade de Bacias Hidrográficas Interceptadas | Quantidade de Corpos Hídricos Analisados | Classe de Enquadramento Dominante |
|--------|--|--|-----------------------------------|
| I      | 05   | 15                                       | Classe dois (100%)                |
| II     | 02   | 09                                       | Classe um (55%)                   |
| III    | 03   | 06                                       | Classe dois (100%)                |
| IV     | 13   | 23                                       | Classe dois (87%)                 |
| V      | 02   | 08                                       | Classe um (50%)                   |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

No Trecho I da Ferrovia (entre Maracaju e Cascavel) o traçado intercepta cinco bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema (MS), Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí (MS), Bacia Hidrográfica do Rio Iguatemi (MS), Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (PR) e Bacia Hidrográfica do Rio Piquiri e Paraná 2 (PR). Neste trecho foram monitorados 15 corpos hídricos distintos, totalizando 18 pontos amostrais (QA65 a QA-48, onde os pontos QA-56 até QA-53 foram amostrados ao longo do leito do rio Paraná).

De acordo com o Cerh/MS os estudos de enquadramento dos corpos hídricos estão em estágio de desenvolvimento inicial. A resolução atual vigente que trata sobre as classes de enquadramento é a Resolução Cerh/MS n° 52/2018. Contudo, esta resolução não abrange todos os cursos d'água do estado, sendo aqueles não especificamente citados pela resolução estadual, classificados de acordo com a Resolução Conama n° 357/2005. Informações adicionais sobre os estudos e pesquisa em recursos hídricos no estado também podem ser encontradas no Portal de Informação e Geoposicionamento de Mato Grosso do Sul (PIN-MS), gerido pela Semagro.

Desta forma, a classe de enquadramento dos corpos hídricos monitorados no Trecho I em MS (QA-65 a QA-54) a ser considerada será a 'Classe dois', considerando o previsto na Resolução Conama n° 357/2005, no art. 42. Adicionalmente, para os corpos hídricos que se encontram no Paraná, os pontos QA-53 a QA-48 são enquadrados como 'Classe dois', considerando os seguintes atos normativos:

- Portaria Surehma n° 010/1991 que enquadra os cursos d'água da Bacia do Paraná
3. Cabe ressaltar que esta BH possui um Comitê Gestor, o qual também aprovou

uma nova proposta de enquadramento (Deliberação nº 05/2020 CBH – Paraná 3), a partir do desenvolvimento do Plano de Bacia. Contudo, esta nova proposta ainda não foi deliberada pelo Conselho Estadual, sendo o ato vigente válido o apresentado; e

- Portaria Surehma nº 017/1991 que enquadra os cursos d'água das Bacias dos Rios Piquiri e Paraná 2. Estas bacias não apresentam Comitê Gestor eleito, Plano de Bacia ou enquadramento específico.

No Trecho II da Ferrovia (entre Cascavel e Foz do Iguaçu) o traçado intercepta duas bacias: Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 e Bacia Hidrográfica do Baixo Iguaçu. Neste trecho foram monitorados nove (09) corpos hídricos (QA-47 a QA-39), onde o enquadramento varia entre “Classe um” e “Classe dois”, de acordo com os seguintes atos vigentes:

- Portaria Surehma nº 010/1991 que enquadra os cursos d'água da Bacia do Paraná 3, de acordo com as normativas supracitadas; e
- Portaria Surehma nº 020/1992 que enquadra os cursos d'água da Bacia do Rio Iguaçu. O Plano de Bacia encontra-se em estágio de elaboração e, portanto, o ato vigente válido é o apresentado.

Desta forma, os pontos amostrais QA-46, QA-45, QA-42, QA-40 (BH Baixo Iguaçu), e QA-44 (BH Paraná 3) são enquadrados como rios ‘Classe um’, enquanto os demais pontos QA-47, QA-39 (BH do Baixo Iguaçu), QA-43 e QA-41 (BH Paraná 3) são enquadrados como rios ‘Classe dois’.

No Trecho III da Ferrovia (entre Cascavel a Guarapuava) o traçado intercepta três bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3, Bacia Hidrográfica do Baixo Iguaçu e Bacia Hidrográfica do Médio Iguaçu. Neste trecho foram monitorados seis (06) corpos hídricos (QA-38 a QA-33), onde o enquadramento é “Classe dois”, de acordo com os seguintes atos vigentes:

- Portaria Surehma nº 010/1991 que enquadra os cursos d’água da Bacia do Paraná 3, de acordo com as normativas supracitadas; e
- Portaria Surehma nº 020/1992 que enquadra os cursos d’água da Bacia do Rio Iguaçu, de acordo com as normativas supracitadas, que abrangem neste trecho as bacias do Baixo Iguaçu e do Médio Iguaçu. Cabe ressaltar que a bacia do Médio Iguaçu não possui Comitê Gestor definido e, portanto, nenhum dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos elaborados, sendo este ato vigente apresentando como o válido.

No Trecho IV da Ferrovia (entre Guarapuava e São José dos Pinhais) o traçado intercepta cinco bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Médio Iguaçu, Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí, Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu e Bacia Hidrográfica Litorânea. Neste trecho foram monitorados 23 corpos hídricos (QA-32 a QA-09), em que o enquadramento varia entre ‘Classe Especial’, ‘Classe dois’ e ‘Classe três’, de acordo com os seguintes atos vigentes:

- Portaria Surehma nº 020/1992 que enquadra os cursos d’água da Bacia do Rio Iguaçu, de acordo com as normativas supracitadas;
- Resolução Cerh/PR nº 100/2016, que aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais na área de abrangência do Comitê da Bacia do Rio Tibagi, em classes, de acordo com os usos preponderantes (Deliberação nº 11/2016 CBH-Tibagi);
- Resolução Cerh/PR nº 84/2013, que aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio do estado do Paraná, na área de abrangência do Comitê

das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira, em classes, de acordo com os usos preponderantes (Resolução nº 04/2013 - Coalizar); e

- Resolução Cerh/PR nº 004/2019, que aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais na área de abrangência do Comitê da Bacia Litorânea, em classes, de acordo com os usos preponderantes.

Cabe ressaltar que apenas as bacias do Médio Iguaçu e do Rio Ivaí não possuem Comitê Gestor ativo, fato que conseqüentemente reflete na falta de desenvolvimento de instrumentos de gestão de recursos hídricos nessas regiões, sendo os atos vigentes os supracitados. As demais bacias possuem Comitê Gestor ativo em âmbito estadual, com Planos de Bacias vigentes e atuantes.

Desta forma, os pontos amostrais QA-18 e QA-15 (Bacia do Alto Iguaçu) são classificados como rios ‘Classe três’, o ponto amostral QA-09 é classificado como rio ‘Classe Especial’ e os demais pontos amostrais deste trecho são classificados como rios ‘Classe dois’.

No Trecho V da ferrovia (entre São José dos Pinhais e Paranaguá) o traçado intercepta apenas a Bacia Hidrográfica Litorânea. Nesse trecho foram monitorados oito corpos hídricos (QA-08 a QA-01), em que o enquadramento varia entre ‘Classe Especial’, ‘Classe um’ e ‘Classe dois’, de acordo com o seguinte ato vigente:

- Resolução Cerh/PR nº 004/2019, que aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais na área de abrangência do Comitê da Bacia Litorânea, em classes, de acordo com os usos preponderantes.

Dessa forma, os pontos amostrais QA-08 e QA-07 são classificados como rios ‘Classe Especial’, os pontos amostrais QA-06, QA-05, QA-04 e QA-02 são classificados como rios ‘Classe um’, enquanto os pontos, QA-03 e QA-01 são classificados como rios ‘Classe dois’.

Cabe ressaltar que os corpos d’água que não dispunham de uma classe de enquadramento direta prevista pelo Comitê Gestor da Bacia, foram então considerados no enquadramento ‘Classe dois’, de acordo com previsto na Resolução Conama nº 357/2005, art. 42. A

Taboça 5-71 apresenta a classe de enquadramento vigente dos pontos amostrais monitorados na AE e ADA.

**Tabela 5-71: Classe de Enquadramento Vigente dos 65 Pontos de Monitoramento de Águas Superficiais**

| ID do Ponto Amostral | Bacia Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico             | Enquadramento Previsto | Resolução Vigente do Enquadramento |
|----------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| QA-65                | Ivinheima          | Córrego Sete Voltas               | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-64                | Ivinheima          | Rio Santa Maria                   | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-63                | Ivinheima          | Rio Dourados                      | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-62                | Ivinheima          | Córrego Caarapó                   | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-61                | Amambaí            | Rio Amambaí                       | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-60                | Amambaí            | Córrego Itaipá                    | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-59                | Amambaí            | Córrego Guavirá                   | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-58                | Iguatemi           | Córrego Ibiauí                    | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-57                | Iguatemi           | Rio Iguatemi                      | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-56                | Iguatemi           | Rio Paraná                        | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-55                | Iguatemi           | Rio Paraná                        | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-54                | Iguatemi           | Rio Paraná                        | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-53                | Paraná 3           | Rio Paraná                        | Classe dois            | Portaria Surehma nº 010/1991       |
| QA-52                | Paraná 3           | Rio Taturi                        | Classe dois            | Portaria Surehma nº 010/1991       |
| QA-51                | Piquiri            | Lajeado Araras                    | Classe dois            | Portaria Surehma nº 017/1991       |
| QA-50                | Piquiri            | Rio Descoberto                    | Classe dois            | Portaria Surehma nº 017/1991       |
| QA-49                | Piquiri            | Córrego Acero                     | Classe dois            | Portaria Surehma nº 017/1991       |
| QA-48                | Piquiri            | Rio Sapucaia                      | Classe dois            | Portaria Surehma nº 017/1991       |
| QA-47                | Baixo Iguaçu       | Rio Tamanduá                      | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-46                | Baixo Iguaçu       | Rio São João                      | Classe um              | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-45                | Baixo Iguaçu       | Rio Represinha                    | Classe um              | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-44                | Paraná 3           | Rio Alegria                       | Classe um              | Portaria Surehma nº 010/1991       |
| QA-43                | Paraná 3           | Rio Ouro Verde                    | Classe dois            | Portaria Surehma nº 010/1991       |
| QA-42                | Baixo Iguaçu       | Rio Silva Jardim                  | Classe um              | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-41                | Paraná 3           | Rio São Francisco Falso Braço Sul | Classe dois            | Portaria Surehma nº 010/1991       |
| QA-40                | Baixo Iguaçu       | Rio Gonçalves Dias                | Classe um              | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-39                | Baixo Iguaçu       | Rio Cascavel                      | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-38                | Baixo Iguaçu       | Rio Guarani                       | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |

| ID do Ponto Amostral | Bacia Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico       | Enquadramento Previsto | Resolução Vigente do Enquadramento |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------------|
| QA-37                | Piquiri            | Rio da Erveira              | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-36                | Baixo Iguaçu       | Rio Cantagalo               | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-35                | Baixo Iguaçu       | Rio Juquiá                  | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-34                | Baixo Iguaçu       | Rio Araras                  | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-33                | Médio Iguaçu       | Rio Campo Real              | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-32                | Médio Iguaçu       | Rio das Mortes              | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-31                | Médio Iguaçu       | Rio das Pedras              | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-30                | Médio Iguaçu       | Rio das Pombas              | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-29                | Médio Iguaçu       | Rio Bananas                 | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-28                | Médio Iguaçu       | Rio Iratim                  | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-27                | Ivaí               | Rio Linha "B"               | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-26                | Ivaí               | Arroio Faxinal dos Antônios | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-25                | Médio Iguaçu       | Rio Preto                   | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-24                | Médio Iguaçu       | Rio Riozinho                | Classe dois            | Portaria Surehma nº 020/1992       |
| QA-23                | Tibagi             | Rio Barreiro                | Classe dois            | Deliberação nº 11/2016 CBH-Tibagi  |
| QA-22                | Tibagi             | Sem nome                    | Classe dois            | Deliberação nº 11/2016 CBH-Tibagi  |
| QA-21                | Tibagi             | Rio Imbituva                | Classe dois            | Deliberação nº 11/2016 CBH-Tibagi  |
| QA-20                | Tibagi             | Rio Passo Fundo             | Classe dois            | Deliberação nº 11/2016 CBH-Tibagi  |
| QA-19                | Alto Iguaçu        | Rio dos Papagaios           | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-18                | Alto Iguaçu        | Rio Iguaçu                  | Classe três            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-17                | Alto Iguaçu        | Rio Corrisco                | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-16                | Alto Iguaçu        | Rio Pitangueiras            | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-15                | Alto Iguaçu        | Rio Isabel Alves            | Classe três            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-14                | Alto Iguaçu        | Rio Maurício                | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-13                | Alto Iguaçu        | Rio Despique                | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-12                | Alto Iguaçu        | Rio Miringuava Mirim        | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-11                | Alto Iguaçu        | Rio Miringuava              | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-10                | Alto Iguaçu        | Rio Pequeno                 | Classe dois            | Resolução Cerh nº 84/2013          |
| QA-09                | Litorânea          | Rio Arraial                 | Classe Especial        | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-08                | Litorânea          | Rio Fortuna                 | Classe Especial        | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-07                | Litorânea          | Rio dos Padres              | Classe Especial        | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-06                | Litorânea          | Rio do Neves                | Classe um              | Resolução Cerh nº 004/2019         |

| ID do Ponto Amostral | Bacia Hidrográfica | Nome do Corpo Hídrico | Enquadramento Previsto | Resolução Vigente do Enquadramento |
|----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|
| QA-05                | Litorânea          | Rio Bom Jardim        | Classe um              | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-04                | Litorânea          | Sem nome              | Classe um              | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-03                | Litorânea          | Rio Saquarema         | Classe dois            | Resolução Conama nº357/2005        |
| QA-02                | Litorânea          | Rio Jacareí           | Classe um              | Resolução Cerh nº 004/2019         |
| QA-01                | Litorânea          | Rio Ribeirão          | Classe dois            | Resolução Cerh nº 004/2019         |

Fonte: Elaborado pela Fipec.

Diante do exposto, as classes de enquadramento vigentes ao longo do traçado se distribuem em três corpos d'água na 'Classe Especial' (5%), nove corpos d'água na 'Classe um' (14%), 51 corpos d'água na 'Classe dois' (78%) e dois corpos d'água na 'Classe três' (3%).

#### 5.1.6.2.2.2 Qualidade da Água: Atendimento à Classe de Enquadramento

Nesta seção serão apresentados os resultados das análises de qualidade da água superficial dos 65 pontos de monitoramento escolhidos, considerando a respectiva classe de enquadramento vigente.

Serão avaliadas concomitantemente as campanhas de amostragem C-01 e C-02, apresentando respectivamente (i) a análise do atendimento ao enquadramento dos corpos hídricos previsto na Resolução Conama nº 357/2005 e (ii) o IQA em cada trecho da ferrovia.

A Tabela 5-72 e a Tabela 5-73 apresentam as concentrações dos parâmetros de qualidade da água dos 65 pontos monitorados neste estudo, respectivamente para C-01 e C-02.

Cabe ressaltar que o parâmetro da DBO é o parâmetro de qualidade da água utilizado para o efetivo enquadramento dos corpos hídricos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas. Nesta análise também serão considerados os demais parâmetros previstos na Resolução Conama nº 357/2005.

A Tabela 5-76 indica a condição de atendimento aos VMP previstos para as respectivas classes de enquadramento considerando os parâmetros de OD e DBO<sub>5</sub>.

**Tabela 5-72: Concentrações dos Parâmetros Medidos nos 65 Pontos de Monitoramento na Coleta C-01**

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-01 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |       |          |       |                     |                   |      |      |     |      |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|-------|----------|-------|---------------------|-------------------|------|------|-----|------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT    | Turbidez | CE    | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT   |
| QA-65                                  | 6,40 | < LQ             | 6,47 | 0,04                           | 0,18                         | 0,69                         | 0,54                           | 1,90 | < LQ  | 36,70    | 32,74 | 21,30               | 24,00             | < LQ | 16   | 69  | 2064 |
| QA-64                                  | 5,90 | < LQ             | 6,93 | 0,11                           | 0,49                         | 0,51                         | 0,40                           | 2,20 | 0,05  | 36,20    | 40,98 | 23,00               | 24,00             | < LQ | 19   | 91  | 789  |
| QA-63                                  | 6,50 | 6,00             | 6,88 | 0,25                           | 1,09                         | 0,45                         | 0,35                           | < LQ | 0,06  | 31,30    | 40,86 | 22,70               | 24,00             | < LQ | < LQ | 81  | 677  |
| QA-62                                  | 6,20 | 3,00             | 6,79 | 0,98                           | 4,35                         | 0,79                         | 0,61                           | 1,90 | 0,08  | 16,90    | 50,04 | 21,40               | 25,00             | < LQ | < LQ | 60  | 1515 |
| QA-61                                  | 6,00 | 5,00             | 7,15 | 0,26                           | 1,14                         | 0,58                         | 0,45                           | 1,50 | 0,05  | 31,80    | 35,24 | 24,00               | 25,00             | < LQ | < LQ | 96  | 336  |
| QA-60                                  | 6,00 | 7,00             | 6,98 | 0,19                           | 0,86                         | 0,50                         | 0,39                           | < LQ | 0,02  | 76,00    | 22,67 | 23,70               | 25,00             | < LQ | 37   | 94  | < LQ |
| QA-59                                  | 5,30 | 5,00             | 6,85 | 0,33                           | 1,46                         | 0,71                         | 0,55                           | 1,10 | 0,02  | 59,50    | 12,03 | 25,50               | 27,00             | < LQ | 35   | 111 | 122  |
| QA-58                                  | 6,00 | < LQ             | 6,77 | 0,44                           | 1,94                         | 0,95                         | 0,74                           | 1,20 | < LQ  | 22,40    | 12,73 | 22,50               | 26,00             | < LQ | < LQ | 41  | 52   |
| QA-57                                  | 6,00 | 3,00             | 7,10 | 0,46                           | 2,04                         | < LQ                         | >0,050                         | < LQ | 0,03  | 41,20    | 21,46 | 22,50               | 26,00             | < LQ | < LQ | 61  | 189  |
| QA-56                                  | 1,90 | 9,00             | 6,32 | 0,04                           | 0,18                         | 0,68                         | 0,53                           | 1,30 | 0,06  | 35,70    | 56,34 | 24,00               | 26,00             | < LQ | 20   | 163 | 122  |
| QA-55                                  | 2,80 | 4,00             | 6,24 | 0,07                           | 0,31                         | 0,20                         | 0,16                           | < LQ | 0,05  | 15,10    | 34,49 | 26,00               | 28,00             | < LQ | < LQ | 58  | 1785 |
| QA-54                                  | 5,30 | 6,00             | 6,79 | 0,33                           | 1,46                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,03  | 14,90    | 55,56 | 25,00               | 28,00             | < LQ | < LQ | 64  | 41   |
| QA-53                                  | 4,70 | 5,00             | 6,66 | < LD                           | < LD                         | 0,22                         | 0,17                           | 1,10 | 0,03  | 20,40    | 55,11 | 26,00               | 28,00             | < LQ | < LQ | 79  | 265  |
| QA-52                                  | 5,30 | 4,00             | 6,34 | 1,56                           | 6,90                         | 0,12                         | 0,09                           | 2,60 | 39,00 | 44,00    | 34,12 | 23,70               | 26,00             | < LQ | 18   | 78  | 4884 |
| QA-51                                  | 6,60 | 3,00             | 7,22 | 0,45                           | 1,98                         | 0,47                         | 0,37                           | 1,40 | 0,06  | 45,90    | 31,77 | 23,10               | 26,00             | < LQ | < LQ | 75  | 435  |
| QA-50                                  | 6,90 | 3,00             | 6,75 | 1,20                           | 5,31                         | 0,55                         | 0,43                           | 1,70 | 0,09  | 22,90    | 19,38 | 22,70               | 24,00             | < LQ | 20   | 57  | 1291 |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-01 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |       |      |          |        |                     |                   |      |      |     |           |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|--------|---------------------|-------------------|------|------|-----|-----------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT    | PT   | Turbidez | CE     | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT        |
| QA-49                                  | 5,60 | 10,00            | 6,70 | 3,60                           | 15,93                        | 6,82                         | 5,29                           | 9,40  | 0,80 | 9,30     | 159,20 | 21,90               | 25,00             | < LQ | < LQ | 90  | > 24196,0 |
| QA-48                                  | 5,90 | 4,00             | 6,44 | 4,77                           | 21,11                        | 0,77                         | 0,60                           | 5,40  | < LQ | 12,00    | 40,38  | 22,50               | 25,00             | < LQ | < LQ | 64  | 199       |
| QA-47                                  | 6,30 | 4,00             | 6,99 | 0,57                           | 2,52                         | 0,74                         | 0,57                           | 1,20  | < LQ | 16,70    | 31,13  | 21,80               | 23,00             | < LQ | < LQ | 63  | 689       |
| QA-46                                  | 4,70 | < LQ             | 6,46 | 1,09                           | 4,82                         | 0,58                         | 0,45                           | 1,60  | < LQ | 11,70    | 24,52  | 24,80               | 25,00             | < LQ | < LQ | 67  | 295       |
| QA-45                                  | 6,10 | 6,00             | 6,61 | 1,80                           | 7,96                         | 0,53                         | 0,41                           | 2,20  | < LQ | 6,00     | 72,89  | 22,30               | 25,00             | < LQ | < LQ | 111 | 1211      |
| QA-44                                  | 5,60 | 9,00             | 7,26 | 3,72                           | 16,47                        | 11,62                        | 9,02                           | 12,80 | 0,95 | 29,10    | 300,10 | 23,80               | 26,00             | < LQ | < LQ | 179 | > 24196,0 |
| QA-43                                  | 6,90 | < LQ             | 7,47 | 2,22                           | 9,82                         | 0,97                         | 0,75                           | 3,00  | 0,04 | 17,50    | 10,17  | 24,20               | 26,00             | < LQ | < LQ | 140 | 3609      |
| QA-42                                  | 5,40 | < LQ             | 7,40 | 0,11                           | 0,47                         | 0,65                         | 0,50                           | < LQ  | < LQ | 6,40     | 86,44  | 23,80               | 26,00             | < LQ | < LQ | 86  | 160       |
| QA-41                                  | 6,60 | < LQ             | 7,30 | 1,74                           | 7,71                         | 0,49                         | 0,38                           | 2,20  | 0,04 | 28,40    | 57,03  | 22,20               | 25,00             | < LQ | < LQ | 92  | 12033     |
| QA-40                                  | 4,70 | < LQ             | 6,66 | < LD                           | < LD                         | 0,58                         | 0,45                           | < LQ  | < LQ | 11,30    | 7,24   | 22,00               | 25,00             | < LQ | < LQ | 50  | 84        |
| QA-39                                  | 5,40 | < LQ             | 6,54 | 1,51                           | 6,70                         | 0,45                         | 0,35                           | 1,90  | < LQ | 15,90    | 49,84  | 22,50               | 25,00             | < LQ | < LQ | 66  | 228       |
| QA-38                                  | 6,30 | < LQ             | 6,34 | 0,23                           | 1,00                         | 0,76                         | 0,59                           | < LQ  | 0,02 | 11,00    | 67,89  | 21,30               | 23,00             | < LQ | < LQ | 80  | 457       |
| QA-37                                  | 6,80 | 5,00             | 6,48 | 0,09                           | 0,39                         | 0,39                         | 0,30                           | < LQ  | < LQ | 3,20     | 53,40  | 17,80               | 22,00             | < LQ | < LQ | 72  | 262       |
| QA-36                                  | 6,80 | 5,00             | 7,06 | 0,43                           | 1,88                         | 0,83                         | 0,64                           | 2,00  | < LQ | 2,70     | 47,35  | 18,20               | 22,00             | < LQ | < LQ | 56  | 285       |
| QA-35                                  | 5,80 | < LQ             | 7,46 | 0,48                           | 2,10                         | 0,36                         | 0,28                           | < LQ  | 0,04 | 13,30    | 53,17  | 19,10               | 24,00             | < LQ | < LQ | 114 | 17329     |
| QA-34                                  | 6,40 | < LQ             | 6,86 | 0,60                           | 2,65                         | 0,94                         | 0,73                           | 1,40  | 0,03 | 28,60    | 39,77  | 20,10               | 24,00             | < LQ | < LQ | 83  | 305       |
| QA-33                                  | 5,90 | 9,00             | 6,58 | 0,22                           | 0,96                         | 0,83                         | 0,64                           | 1,00  | 0,04 | 42,90    | 17,48  | 21,30               | 24,00             | < LQ | < LQ | 56  | 345       |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-01 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |      |          |        |                     |                   |      |      |     |      |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|--------|---------------------|-------------------|------|------|-----|------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT   | Turbidez | CE     | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT   |
| QA-32                                  | 6,60 | 6,00             | 8,52 | 0,49                           | 2,17                         | 0,15                         | 0,12                           | < LQ | 0,02 | 5,40     | 13,15  | 16,60               | 23,00             | < LQ | < LQ | 68  | 631  |
| QA-31                                  | 5,90 | 6,00             | 6,89 | 0,35                           | 1,56                         | 0,10                         | 0,08                           | < LQ | < LQ | 10,30    | 16,10  | 18,80               | 23,00             | < LQ | < LQ | 71  | 420  |
| QA-30                                  | 5,50 | 6,00             | 6,76 | 0,53                           | 2,36                         | 0,24                         | 0,19                           | < LQ | 0,02 | 11,50    | 14,82  | 19,90               | 24,00             | < LQ | < LQ | 78  | 380  |
| QA-29                                  | 7,50 | 5,00             | 6,82 | 0,05                           | 0,23                         | 0,25                         | 0,19                           | 0,20 | < LQ | 10,70    | 14,83  | 20,10               | 24,00             | < LQ | < LQ | 41  | 190  |
| QA-28                                  | 6,40 | 5,00             | 6,44 | < LD                           | < LD                         | 0,24                         | 0,19                           | < LQ | < LQ | 6,80     | 13,67  | 21,10               | 24,00             | < LQ | < LQ | 49  | 20   |
| QA-27                                  | 6,70 | 6,00             | 6,44 | 0,19                           | 0,86                         | 0,19                         | 0,15                           | < LQ | 0,02 | 1,60     | 10,84  | 19,50               | 24,00             | < LQ | < LQ | 154 | 300  |
| QA-26                                  | 6,00 | 6,00             | 6,55 | 0,32                           | 1,43                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,03 | 3,60     | 17,69  | 21,30               | 25,00             | < LQ | < LQ | 83  | 41   |
| QA-25                                  | 6,40 | 9,00             | 6,74 | 1,14                           | 5,06                         | 0,29                         | 0,23                           | 2,00 | 0,12 | 6,70     | 30,65  | 21,50               | 25,00             | < LQ | < LQ | 88  | 556  |
| QA-24                                  | 6,20 | 7,00             | 6,85 | 0,78                           | 3,45                         | 0,08                         | 0,06                           | 1,40 | 0,11 | 14,00    | 33,47  | 20,50               | 25,00             | < LQ | < LQ | 59  | 41   |
| QA-23                                  | 6,90 | 6,00             | 7,05 | 0,14                           | 0,60                         | 0,07                         | 0,05                           | < LQ | < LQ | 9,50     | 18,51  | 22,50               | 26,00             | < LQ | < LQ | 78  | 30   |
| QA-22                                  | 5,80 | 6,00             | 6,59 | 0,45                           | 2,00                         | 0,08                         | 0,06                           | 1,50 | < LQ | 7,60     | 17,05  | 21,60               | 25,00             | < LQ | < LQ | 36  | 375  |
| QA-21                                  | 5,40 | 6,00             | 7,16 | < LQ                           | < LQ                         | 0,11                         | 0,09                           | 1,70 | 0,03 | 33,10    | 24,34  | 22,80               | 25,00             | < LQ | < LQ | 75  | 345  |
| QA-20                                  | 5,60 | 4,00             | 6,97 | < LD                           | < LD                         | 0,21                         | 0,16                           | 1,10 | 0,02 | 10,80    | 19,78  | 22,40               | 24,00             | < LQ | < LQ | 56  | 266  |
| QA-19                                  | 5,40 | 14,00            | 6,38 | 0,45                           | 1,97                         | 1,24                         | 0,96                           | 1,60 | 0,07 | 15,80    | 56,31  | 22,10               | 25,00             | < LQ | < LQ | 62  | 1722 |
| QA-18                                  | 6,80 | 14,00            | 6,73 | 0,35                           | 1,53                         | 6,41                         | 4,97                           | 6,10 | 0,33 | 9,50     | 245,70 | 22,30               | 25,00             | < LQ | < LQ | 155 | 573  |
| QA-17                                  | 6,20 | 18,00            | 6,68 | 1,22                           | 5,39                         | < LQ                         | < LQ                           | 1,40 | 0,02 | 6,40     | 56,97  | 21,80               | 25,00             | < LQ | < LQ | 181 | 52   |
| QA-16                                  | 5,90 | 14,00            | 6,97 | 0,32                           | 1,40                         | 0,11                         | 0,09                           | < LQ | 0,02 | 9,30     | 56,08  | 21,80               | 25,00             | < LQ | < LQ | 74  | 383  |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-01 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |      |          |        |                     |                   |      |      |     |       |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|--------|---------------------|-------------------|------|------|-----|-------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT   | Turbidez | CE     | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT    |
| QA-15                                  | 6,30 | 23,00            | 7,11 | 0,51                           | 2,26                         | 0,32                         | 0,25                           | 1,50 | 0,21 | 76,60    | 86,62  | 21,70               | 24,00             | < LQ | 59   | 155 | 24196 |
| QA-14                                  | 5,50 | 13,00            | 6,55 | 0,21                           | 0,91                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,05 | 11,50    | 58,01  | 20,80               | 24,00             | < LQ | < LQ | 80  | 630   |
| QA-13                                  | 2,80 | 16,00            | 6,47 | < LD                           | < LD                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,03 | 17,10    | 16,23  | 20,80               | 24,00             | < LQ | 62   | 65  | 800   |
| QA-12                                  | 5,30 | 10,00            | 6,61 | 0,27                           | 1,21                         | 0,09                         | 0,07                           | < LQ | 0,04 | 22,70    | 60,47  | 22,30               | 25,00             | < LQ | < LQ | 67  | 510   |
| QA-11                                  | 4,90 | 9,00             | 6,68 | 0,26                           | 1,15                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,05 | 25,10    | 45,17  | 21,60               | 26,00             | < LQ | < LQ | 96  | 452   |
| QA-10                                  | 6,90 | 6,00             | 6,70 | 0,08                           | 0,36                         | 0,08                         | 0,06                           | < LQ | 0,02 | 8,40     | 26,46  | 22,80               | 25,00             | < LQ | < LQ | 31  | 300   |
| QA-09                                  | 5,90 | 5,00             | 6,80 | < LQ                           | < LQ                         | < LQ                         | < LQ                           | < LQ | 0,06 | 4,20     | 21,29  | 20,40               | 26,00             | < LQ | < LQ | 55  | 300   |
| QA-08                                  | 6,90 | 10,00            | 6,41 | 0,23                           | 1,02                         | 0,60                         | 0,47                           | < LQ | 0,02 | 1,70     | 31,12  | 20,30               | 26,90             | < LQ | < LQ | 46  | 51    |
| QA-07                                  | 6,70 | 11,00            | 6,65 | 0,33                           | 1,46                         | 0,11                         | 0,09                           | < LQ | 0,03 | 3,70     | 63,07  | 20,30               | 26,90             | < LQ | < LQ | 68  | 52    |
| QA-06                                  | 7,60 | 10,00            | 6,32 | < LQ                           | < LQ                         | 0,30                         | 0,23                           | < LQ | < LQ | 1,00     | 34,31  | 22,10               | 25,60             | < LQ | < LQ | 80  | 504   |
| QA-05                                  | 6,60 | 5,00             | 6,71 | < LQ                           | < LQ                         | 0,36                         | 0,28                           | < LQ | 0,02 | 5,30     | 39,77  | 25,50               | 26,00             | < LQ | < LQ | 71  | 2500  |
| QA-04                                  | 3,70 | 39,00            | 6,06 | < LD                           | < LD                         | 0,13                         | 0,10                           | < LQ | 0,07 | 9,00     | 80,72  | 29,20               | 30,00             | < LQ | < LQ | 133 | 195   |
| QA-03                                  | 5,70 | 12,00            | 6,77 | < LD                           | < LD                         | 0,07                         | 0,05                           | 1,00 | 0,06 | 8,60     | 113,70 | 24,70               | 25,20             | < LQ | < LQ | 101 | 650   |
| QA-02                                  | 6,80 | 16,00            | 7,39 | 0,45                           | 2,00                         | 0,17                         | 0,13                           | < LQ | < LQ | 2,90     | 28,23  | 24,00               | 24,60             | < LQ | < LQ | 49  | 801   |
| QA-01                                  | 4,20 | 19,00            | 6,54 | < LD                           | < LD                         | 0,31                         | 0,24                           | < LQ | 0,04 | 7,50     | 42,99  | 23,20               | 22,20             | < LQ | < LQ | 65  | 957   |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Tabela 5-73: Concentrações dos Parâmetros Medidos nos 65 Pontos de Monitoramento na Campanha C-02**

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-02 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |      |          |       |                     |                   |      |      |     |      |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|-------|---------------------|-------------------|------|------|-----|------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT   | Turbidez | CE    | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT   |
| QA-65                                  | 7,30 | < LQ             | 6,45 | 0,03                           | 0,13                         | 0,33                         | 0,26                           | < LQ | < LQ | 11,10    | 32,47 | 14,00               | 13,00             | < LQ | < LQ | 56  | 860  |
| QA-64                                  | 7,30 | < LQ             | 6,28 | 0,15                           | 0,65                         | 1,19                         | 0,92                           | 1,20 | 0,03 | 16,80    | 31,40 | 15,80               | 13,10             | < LQ | < LQ | 58  | 399  |
| QA-63                                  | 6,40 | < LQ             | 6,03 | 0,10                           | 0,44                         | 0,24                         | 0,19                           | 1,50 | 0,03 | 8,30     | 41,31 | 15,80               | 14,60             | < LQ | < LQ | 66  | 146  |
| QA-62                                  | 7,00 | 3,00             | 5,92 | 0,85                           | 3,74                         | 0,20                         | 0,16                           | 1,20 | 0,07 | 5,80     | 65,80 | 16,00               | 16,20             | < LQ | < LQ | 68  | 6131 |
| QA-61                                  | 6,50 | < LQ             | 6,49 | 0,09                           | 0,42                         | 0,30                         | 0,23                           | 1,50 | < LQ | 9,80     | 32,98 | 17,80               | 19,20             | < LQ | < LQ | 66  | 350  |
| QA-60                                  | 6,20 | < LQ             | 7,12 | 0,05                           | 0,23                         | 0,25                         | 0,19                           | < LQ | < LQ | 11,70    | 12,91 | 19,90               | 22,00             | < LQ | < LQ | 48  | 85   |
| QA-59                                  | 6,00 | < LQ             | 7,14 | 0,29                           | 1,28                         | 0,18                         | 0,14                           | 2,70 | < LQ | 11,30    | 14,22 | 21,10               | 24,00             | < LQ | < LQ | 38  | 52   |
| QA-58                                  | 6,40 | < LQ             | 6,91 | 0,35                           | 1,57                         | 0,36                         | 0,28                           | < LQ | < LQ | 10,80    | 14,71 | 20,90               | 22,30             | < LQ | < LQ | 34  | 52   |
| QA-57                                  | 4,00 | < LQ             | 7,75 | 0,19                           | 0,82                         | 0,28                         | 0,22                           | < LQ | < LQ | 12,40    | 19,39 | 20,20               | 27,00             | < LQ | < LQ | 40  | 86   |
| QA-56                                  | 2,30 | < LQ             | 7,79 | < LD                           | < LD                         | 0,26                         | 0,20                           | 1,10 | 0,03 | 6,10     | 46,54 | 20,60               | 24,00             | < LQ | < LQ | 66  | 767  |
| QA-55                                  | 3,20 | < LQ             | 7,45 | 0,15                           | 0,66                         | 0,34                         | 0,26                           | < LQ | < LQ | 6,20     | 49,96 | 19,40               | 22,00             | < LQ | < LQ | 36  | 373  |
| QA-54                                  | 4,90 | < LQ             | 7,80 | 0,23                           | 1,00                         | 0,36                         | 0,28                           | 1,00 | < LQ | 1,90     | 67,88 | 19,70               | 22,00             | < LQ | < LQ | 76  | < LQ |
| QA-53                                  | 4,00 | < LQ             | 7,85 | 0,35                           | 1,54                         | 0,20                         | 0,16                           | < LQ | 0,03 | 15,80    | 64,15 | 19,10               | 20,00             | < LQ | < LQ | 60  | 171  |
| QA-52                                  | 4,30 | < LQ             | 7,17 | 0,96                           | 4,23                         | 0,24                         | 0,19                           | 2,20 | 0,08 | 16,50    | 41,32 | 16,20               | 19,00             | < LQ | < LQ | 106 | 4884 |
| QA-51                                  | 3,60 | < LQ             | 7,58 | 0,20                           | 0,89                         | 0,38                         | 0,30                           | 1,10 | < LQ | 9,10     | 21,88 | 16,70               | 18,00             | < LQ | < LQ | 68  | 148  |
| QA-50                                  | 4,30 | < LQ             | 7,40 | 0,34                           | 1,51                         | 0,28                         | 0,22                           | < LQ | < LQ | 2,50     | 22,24 | 16,40               | 18,00             | < LQ | < LQ | 82  | 355  |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-02 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |       |      |          |         |                     |                   |      |      |     |           |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------|------|----------|---------|---------------------|-------------------|------|------|-----|-----------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT    | PT   | Turbidez | CE      | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT        |
| QA-49                                  | 4,50 | 10,00            | 6,18 | 4,60                           | 20,33                        | 30,10                        | 23,36                          | 32,60 | 3,09 | 18,80    | 463,00  | 16,00               | 16,20             | < LQ | 16   | 158 | 173       |
| QA-48                                  | 6,90 | 4,00             | 6,92 | 1,55                           | 6,85                         | 0,14                         | 0,11                           | 1,90  | < LQ | 1,90     | 56,00   | 15,80               | 16,20             | < LQ | < LQ | 26  | 295       |
| QA-47                                  | 7,00 | 4,00             | 6,21 | 0,24                           | 1,07                         | 0,12                         | 0,09                           | < LQ  | < LQ | 4,90     | 66,00   | 13,20               | 10,20             | < LQ | < LQ | 30  | > 24196,0 |
| QA-46                                  | 7,80 | 3,00             | 5,51 | 0,06                           | 0,28                         | 0,52                         | 0,40                           | 3,60  | < LQ | 8,50     | 27,00   | 14,60               | 10,00             | < LQ | < LQ | 38  | > 24196,0 |
| QA-45                                  | 5,20 | 5,00             | 6,82 | 0,02                           | 0,08                         | 3,26                         | 2,53                           | 3,40  | 0,03 | 15,30    | 79,00   | 12,20               | 13,00             | < LQ | < LQ | 76  | 10        |
| QA-44                                  | 5,90 | 9,00             | 6,49 | 2,05                           | 9,07                         | 0,39                         | 0,30                           | 41,40 | 4,48 | 2,80     | 1135,00 | 12,30               | 14,80             | < LQ | < LQ | 168 | 657       |
| QA-43                                  | 6,30 | 4,00             | 6,27 | 10,26                          | 45,41                        | 0,32                         | 0,25                           | 11,40 | 0,05 | 1,00     | 305,00  | 12,00               | 15,10             | < LQ | < LQ | 118 | 288       |
| QA-42                                  |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |       |      |          |         |                     |                   |      |      |     |           |
| QA-41                                  | 7,00 | 3,00             | 6,23 | 1,27                           | 5,64                         | 0,15                         | 0,12                           | 1,50  | 0,16 | 1,80     | 87,00   | 14,70               | 16,80             | < LQ | < LQ | 56  | 487       |
| QA-40                                  | 5,40 | < LQ             | 6,10 | 0,02                           | 0,07                         | 0,20                         | 0,16                           | < LQ  | < LQ | 3,80     | 29,00   | 17,60               | 16,30             | < LQ | < LQ | 36  | > 24196,0 |
| QA-39                                  | 5,00 | 3,00             | 5,76 | 1,09                           | 4,84                         | 0,16                         | 0,13                           | 1,90  | < LQ | 3,00     | 66,00   | 14,40               | 16,10             | < LQ | < LQ | 42  | 203       |
| QA-38                                  | 4,60 | < LQ             | 6,27 | 0,15                           | 0,67                         | 0,36                         | 0,28                           | < LQ  | < LQ | 6,20     | 101,20  | 10,00               | 11,10             | < LQ | < LQ | 100 | 173       |
| QA-37                                  | 4,20 | < LQ             | 5,75 | 0,07                           | 0,32                         | 0,27                         | 0,21                           | 1,20  | < LQ | 3,40     | 75,83   | 14,00               | 15,00             | < LQ | < LQ | 30  | 161       |
| QA-36                                  | 6,40 | < LQ             | 7,15 | 0,23                           | 1,03                         | 0,34                         | 0,26                           | 2,40  | < LQ | 1,80     | 60,22   | 14,30               | 16,30             | < LQ | < LQ | 72  | 292       |
| QA-35                                  | 5,50 | < LQ             | 6,80 | 0,58                           | 2,55                         | 0,50                         | 0,39                           | 1,60  | 0,04 | 6,30     | 81,20   | 14,60               | 16,80             | < LQ | < LQ | 72  | 1019      |
| QA-34                                  | 6,70 | < LQ             | 6,46 | 0,19                           | 0,85                         | 0,29                         | 0,23                           | 1,10  | < LQ | 6,70     | 60,21   | 13,60               | 16,30             | < LQ | < LQ | 80  | 98        |
| QA-33                                  | 6,20 | 4,00             | 6,53 | 0,47                           | 2,08                         | 0,31                         | 0,24                           | 1,00  | < LQ | 3,80     | 25,81   | 11,10               | 6,20              | < LQ | < LQ | 48  | 269       |
| QA-32                                  | 6,00 | 5,00             | 6,48 | 0,74                           | 3,28                         | 0,46                         | 0,36                           | 1,30  | 0,03 | 11,50    | 33,04   | 11,70               | 6,30              | < LQ | < LQ | 64  | 97        |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-02 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |      |          |        |                     |                   |      |      |     |       |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|--------|---------------------|-------------------|------|------|-----|-------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT   | Turbidez | CE     | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT    |
| QA-31                                  | 7,60 | 4,00             | 6,17 | 0,23                           | 1,00                         | 0,19                         | 0,15                           | 1,50 | < LQ | 14,30    | 35,33  | 9,40                | 6,00              | < LQ | < LQ | 64  | 75    |
| QA-30                                  | 7,70 | 4,00             | 6,06 | 0,27                           | 1,18                         | 0,75                         | 0,58                           | 1,00 | < LQ | 11,90    | 40,55  | 8,40                | 6,00              | < LQ | < LQ | 64  | < LQ  |
| QA-29                                  | 7,70 | 5,00             | 6,05 | 0,59                           | 2,59                         | 0,18                         | 0,14                           | 1,80 | < LQ | 12,30    | 32,50  | 10,10               | 8,40              | < LQ | < LQ | 92  | 30    |
| QA-28                                  | 6,50 | 5,00             | 6,12 | 0,46                           | 2,02                         | 0,14                         | 0,11                           | < LQ | < LQ | 9,00     | 29,61  | 10,10               | 9,80              | < LQ | < LQ | 62  | 10    |
| QA-27                                  | 6,70 | 4,00             | 6,62 | 0,13                           | 0,59                         | 0,49                         | 0,38                           | < LQ | < LQ | 1,20     | 21,99  | 11,80               | 12,30             | < LQ | < LQ | 26  | 10    |
| QA-26                                  | 7,60 | 4,00             | 6,35 | 0,38                           | 1,66                         | 0,34                         | 0,26                           | 1,30 | 0,02 | 2,60     | 40,05  | 13,10               | 15,20             | < LQ | < LQ | 38  | 197   |
| QA-25                                  | 6,90 | < LQ             | 6,25 | 1,65                           | 7,28                         | 2,61                         | 2,03                           | 3,30 | 0,31 | 5,40     | 100,00 | 11,30               | 14,70             | < LQ | < LQ | 88  | 613   |
| QA-24                                  | 5,60 | 4,00             | 5,37 | < LD                           | < LD                         | 0,47                         | 0,37                           | 1,30 | 0,09 | 11,40    | 74,23  | 12,20               | 16,70             | < LQ | < LQ | 62  | 12033 |
| QA-23                                  | 6,20 | 3,00             | 5,22 | 0,65                           | 2,86                         | 0,15                         | 0,12                           | < LQ | < LQ | 7,10     | 41,27  | 14,60               | 16,70             | < LQ | < LQ | 42  | 52    |
| QA-22                                  | 5,80 | 5,00             | 5,34 | 1,01                           | 4,47                         | 0,14                         | 0,11                           | 1,20 | < LQ | 6,40     | 36,52  | 13,10               | 16,80             | < LQ | < LQ | 28  | 30    |
| QA-21                                  | 5,70 | 5,00             | 6,29 | 1,23                           | 5,42                         | 0,13                         | 0,10                           | 2,10 | < LQ | 9,80     | 63,42  | 12,50               | 14,10             | < LQ | < LQ | 80  | 97    |
| QA-20                                  | 6,50 | 6,00             | 6,44 | 1,17                           | 5,18                         | 0,21                         | 0,16                           | 2,30 | < LQ | 9,30     | 51,12  | 12,90               | 13,90             | < LQ | < LQ | 38  | 121   |
| QA-19                                  | 6,20 | 6,00             | 6,61 | 0,22                           | 0,99                         | 0,20                         | 0,16                           | 1,50 | < LQ | 5,60     | 49,65  | 13,60               | 11,10             | < LQ | < LQ | 64  | 146   |
| QA-18                                  | 4,60 | 11,00            | 6,05 | 0,68                           | 3,00                         | 8,97                         | 6,96                           | 7,90 | 0,39 | 13,20    | 280,60 | 14,50               | 17,00             | < LQ | < LQ | 228 | 1296  |
| QA-17                                  | 3,10 | 7,00             | 6,31 | 0,02                           | 0,09                         | 0,67                         | 0,52                           | 1,50 | < LQ | 5,00     | 43,93  | 14,20               | 16,90             | < LQ | < LQ | 46  | < LQ  |
| QA-16                                  | 6,00 | 4,00             | 6,33 | 0,34                           | 1,48                         | 0,53                         | 0,41                           | < LQ | < LQ | 5,80     | 56,11  | 12,90               | 15,90             | < LQ | < LQ | 62  | 457   |
| QA-15                                  | 6,10 | 14,00            | 6,41 | 0,46                           | 2,04                         | 0,38                         | 0,30                           | 1,30 | 0,20 | 160,00   | 82,22  | 13,30               | 17,20             | < LQ | 90   | 258 | 919   |
| QA-14                                  | 6,30 | 9,00             | 6,22 | 0,16                           | 0,71                         | 0,53                         | 0,41                           | 1,00 | 0,03 | 8,60     | 53,90  | 12,40               | 16,20             | < LQ | < LQ | 86  | 109   |

| Parâmetros de Qualidade da Água – C-02 |      |                  |      |                                |                              |                              |                                |      |      |          |        |                     |                   |      |      |     |      |
|--|------|------------------|------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|------|----------|--------|---------------------|-------------------|------|------|-----|------|
| Pontos Amostrais                       | OD   | DBO <sub>5</sub> | pH   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NT   | PT   | Turbidez | CE     | Temperatura da Água | Temperatura do Ar | OG   | SS   | ST  | CT   |
| QA-13                                  | 6,60 | 29,00            | 6,97 | < LQ                           | < LQ                         | 0,68                         | 0,53                           | 1,60 | 0,04 | 39,50    | 37,61  | 11,20               | 15,30             | < LQ | < LQ | 112 | 85   |
| QA-12                                  | 5,70 | 12,00            | 6,37 | 0,03                           | 0,15                         | 0,42                         | 0,33                           | < LQ | 0,02 | 12,70    | 61,73  | 12,30               | 11,60             | < LQ | < LQ | 104 | 146  |
| QA-11                                  | 6,50 | 7,00             | 7,24 | 0,35                           | 1,54                         | 0,45                         | 0,35                           | 1,00 | 0,02 | 7,90     | 43,42  | 12,70               | 14,00             | < LQ | < LQ | 86  | 74   |
| QA-10                                  | 7,40 | 7,00             | 8,07 | 0,19                           | 0,84                         | 0,56                         | 0,44                           | 1,20 | < LQ | 3,40     | 26,93  | 12,50               | 10,20             | < LQ | 16   | 72  | 31   |
| QA-09                                  | 6,70 | 6,00             | 7,14 | 0,10                           | 0,45                         | 0,38                         | 0,30                           | 1,00 | 0,05 | 5,00     | 22,05  | 12,80               | 10,00             | < LQ | < LQ | 60  | 41   |
| QA-08                                  | 4,60 | 5,00             | 7,02 | 0,20                           | 0,90                         | 0,57                         | 0,44                           | 1,60 | 0,03 | 1,60     | 73,58  | 12,30               | 10,40             | < LQ | < LQ | 66  | 31   |
| QA-07                                  | 6,70 | < LQ             | 6,05 | 0,26                           | 1,15                         | 0,52                         | 0,40                           | 1,18 | 0,02 | 1,70     | 41,40  | 14,40               | 15,70             | < LQ | < LQ | 34  | 153  |
| QA-06                                  | 4,20 | 9,00             | 6,78 | 0,04                           | 0,17                         | 0,40                         | 0,31                           | 1,30 | 0,08 | 26,80    | 55,75  | 12,90               | 10,80             | < LQ | < LQ | 86  | 275  |
| QA-05                                  | 6,90 | 8,00             | 6,76 | 0,14                           | 0,60                         | 0,45                         | 0,35                           | 1,30 | < LQ | 1,90     | 45,08  | 16,60               | 17,70             | < LQ | < LQ | 46  | 187  |
| QA-04                                  | 2,80 | 16,00            | 7,64 | 0,08                           | 0,34                         | 0,46                         | 0,36                           | 1,70 | 0,08 | 5,10     | 58,37  | 16,90               | 17,90             | < LQ | < LQ | 92  | 75   |
| QA-03                                  | 3,10 | 5,00             | 6,65 | 0,51                           | 2,27                         | 0,44                         | 0,34                           | < LQ | 0,05 | 6,10     | 125,70 | 16,70               | 18,10             | < LQ | < LQ | 122 | 5172 |
| QA-02                                  | 5,20 | 5,00             | 6,59 | 0,02                           | 0,09                         | 1,20                         | 0,93                           | 1,00 | < LQ | 2,90     | 32,78  | 16,90               | 18,10             | < LQ | < LQ | 44  | < LQ |
| QA-01                                  | 5,30 | 8,00             | 6,81 | 0,06                           | 0,27                         | 0,28                         | 0,22                           | < LQ | < LQ | 5,10     | 717,30 | 16,80               | 18,20             | < LQ | < LQ | 442 | 279  |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Tabela 5-74: Atendimento aos Critérios de Enquadramento das Concentrações de OD e DBO Medidos ao Longo de Todo o Trecho da Ferrovia nas Duas Campanhas de Monitoramento Realizadas**

| Pontos | Classe de Enquadramento | C-01      |                              | C-02      |                              | C-01                    |                              | C-02                    |                              |
|--------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|        |                         | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento |
| QA-65  | Classe dois             | 6,4       | Atende                       | 7,3       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-65  | Classe dois             | 6,4       | Atende                       | 7,3       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-64  | Classe dois             | 5,9       | Atende                       | 7,3       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-63  | Classe dois             | 6,5       | Atende                       | 6,4       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       |
| QA-62  | Classe dois             | 6,2       | Atende                       | 7,0       | Atende                       | 3                       | Atende                       | 3                       | Atende                       |
| QA-61  | Classe dois             | 6,0       | Atende                       | 6,5       | Atende                       | 5                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-60  | Classe dois             | 6,0       | Atende                       | 6,2       | Atende                       | 7                       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       |
| QA-59  | Classe dois             | 5,3       | Atende                       | 6,0       | Atende                       | 5                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-58  | Classe dois             | 6,0       | Atende                       | 6,4       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-57  | Classe dois             | 6,0       | Atende                       | 4,0       | Não Atende                   | 3                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-56  | Classe dois             | 1,9       | Não Atende                   | 2,3       | Não Atende                   | 9                       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       |
| QA-55  | Classe dois             | 2,8       | Não Atende                   | 3,2       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-54  | Classe dois             | 5,3       | Atende                       | 4,9       | Não Atende                   | 6                       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       |
| QA-53  | Classe dois             | 4,7       | Não Atende                   | 4,0       | Não Atende                   | 5                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-52  | Classe dois             | 5,3       | Atende                       | 4,3       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-51  | Classe dois             | 6,6       | Atende                       | 3,6       | Não Atende                   | 3                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-50  | Classe dois             | 6,9       | Atende                       | 4,3       | Não Atende                   | 3                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-49  | Classe dois             | 5,6       | Atende                       | 4,5       | Não Atende                   | 10                      | Não Atende                   | 10                      | Não Atende                   |

| Pontos | Classe de Enquadramento | C-01      |                              | C-02      |                              | C-01                    |                              | C-02                    |                              |
|--------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|        |                         | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento |
| QA-48  | Classe dois             | 5,9       | Atende                       | 6,9       | Atende                       | 4                       | Atende                       | 4                       | Atende                       |
| QA-47  | Classe dois             | 6,3       | Atende                       | 7,0       | Atende                       | 4                       | Atende                       | 4                       | Atende                       |
| QA-46  | Classe um               | 4,7       | Não Atende                   | 7,8       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | 3                       | Atende                       |
| QA-45  | Classe um               | 6,1       | Atende                       | 5,2       | Não Atende                   | 6                       | Não Atende                   | 5                       | Não Atende                   |
| QA-44  | Classe um               | 5,6       | Não Atende                   | 5,9       | Não Atende                   | 9                       | Não Atende                   | 9                       | Não Atende                   |
| QA-43  | Classe dois             | 6,9       | Atende                       | 6,3       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | 4                       | Atende                       |
| QA-42  | Classe um               | 5,4       | Não Atende                   |           |                              | < LD                    | Atende                       |                         |                              |
| QA-41  | Classe dois             | 6,6       | Atende                       | 7,0       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | 3                       | Atende                       |
| QA-40  | Classe um               | 4,7       | Não Atende                   | 5,4       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-39  | Classe dois             | 5,4       | Atende                       | 5,0       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       | 3                       | Atende                       |
| QA-38  | Classe dois             | 6,3       | Atende                       | 4,6       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-37  | Classe dois             | 6,8       | Atende                       | 4,2       | Não Atende                   | 5                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-36  | Classe dois             | 6,8       | Atende                       | 6,4       | Atende                       | 5                       | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-35  | Classe dois             | 5,8       | Atende                       | 5,5       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-34  | Classe dois             | 6,4       | Atende                       | 6,7       | Atende                       | < LD                    | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-33  | Classe dois             | 5,9       | Atende                       | 6,2       | Atende                       | 9                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-32  | Classe dois             | 6,6       | Atende                       | 6,0       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 5                       | Atende                       |
| QA-31  | Classe dois             | 5,9       | Atende                       | 7,6       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-30  | Classe dois             | 5,5       | Atende                       | 7,7       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |

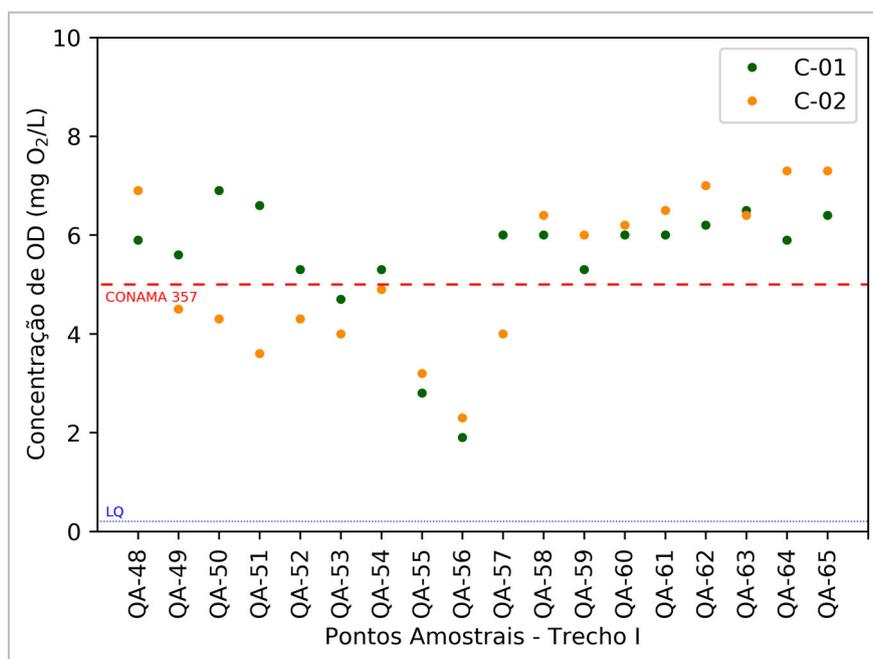
| Pontos | Classe de Enquadramento | C-01      |                              | C-02      |                              | C-01                    |                              | C-02                    |                              |
|--------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|        |                         | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento |
| QA-29  | Classe dois             | 7,5       | Atende                       | 7,7       | Atende                       | 5                       | Atende                       | 5                       | Atende                       |
| QA-28  | Classe dois             | 6,4       | Atende                       | 6,5       | Atende                       | 5                       | Atende                       | 5                       | Atende                       |
| QA-27  | Classe dois             | 6,7       | Atende                       | 6,7       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-26  | Classe dois             | 6,0       | Atende                       | 7,6       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-25  | Classe dois             | 6,4       | Atende                       | 6,9       | Atende                       | 9                       | Não Atende                   | < LD                    | Atende                       |
| QA-24  | Classe dois             | 6,2       | Atende                       | 5,6       | Atende                       | 7                       | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-23  | Classe dois             | 6,9       | Atende                       | 6,2       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 3                       | Atende                       |
| QA-22  | Classe dois             | 5,8       | Atende                       | 5,8       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 5                       | Atende                       |
| QA-21  | Classe dois             | 5,4       | Atende                       | 5,7       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 5                       | Atende                       |
| QA-20  | Classe dois             | 5,6       | Atende                       | 6,5       | Atende                       | 4                       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   |
| QA-19  | Classe dois             | 5,4       | Atende                       | 6,2       | Atende                       | 14                      | Não Atende                   | 6                       | Não Atende                   |
| QA-18  | Classe três             | 6,8       | Atende                       | 4,6       | Atende                       | 14                      | Não Atende                   | 11                      | Não Atende                   |
| QA-17  | Classe dois             | 6,2       | Atende                       | 3,1       | Não Atende                   | 18                      | Não Atende                   | 7                       | Não Atende                   |
| QA-16  | Classe dois             | 5,9       | Atende                       | 6,0       | Atende                       | 14                      | Não Atende                   | 4                       | Atende                       |
| QA-15  | Classe três             | 6,3       | Atende                       | 6,1       | Atende                       | 23                      | Não Atende                   | 14                      | Não Atende                   |
| QA-14  | Classe dois             | 5,5       | Atende                       | 6,3       | Atende                       | 13                      | Não Atende                   | 9                       | Não Atende                   |
| QA-13  | Classe dois             | 2,8       | Não Atende                   | 6,6       | Atende                       | 16                      | Não Atende                   | 29                      | Não Atende                   |
| QA-12  | Classe dois             | 5,3       | Atende                       | 5,7       | Atende                       | 10                      | Não Atende                   | 12                      | Não Atende                   |
| QA-11  | Classe dois             | 4,9       | Não Atende                   | 6,5       | Atende                       | 9                       | Não Atende                   | 7                       | Não Atende                   |
| QA-10  | Classe dois             | 6,9       | Atende                       | 7,4       | Atende                       | 6                       | Não Atende                   | 7                       | Não Atende                   |

| Pontos | Classe de Enquadramento | C-01      |                              | C-02      |                              | C-01                    |                              | C-02                    |                              |
|--------|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
|        |                         | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | OD (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | Atendimento ao Enquadramento |
| QA-09  | Classe Especial         | 5,9       | Não Atende                   | 6,7       | Atende                       | 5                       | Não Atende                   | 6                       | Não Atende                   |
| QA-08  | Classe Especial         | 6,9       | Atende                       | 4,6       | Não Atende                   | 10                      | Não Atende                   | 5                       | Não Atende                   |
| QA-07  | Classe Especial         | 6,7       | Atende                       | 5,0       | Não Atende                   | 6,7                     | Atende                       | < LD                    | Atende                       |
| QA-06  | Classe um               | 7,6       | Atende                       | 4,2       | Não Atende                   | 10                      | Não Atende                   | 9                       | Não Atende                   |
| QA-05  | Classe um               | 6,6       | Atende                       | 6,9       | Atende                       | 5                       | Não Atende                   | 8                       | Não Atende                   |
| QA-04  | Classe um               | 3,7       | Não Atende                   | 2,8       | Não Atende                   | 39                      | Não Atende                   | 16                      | Não Atende                   |
| QA-03  | Classe dois             | 5,7       | Atende                       | 3,1       | Não Atende                   | 12                      | Não Atende                   | 5                       | Atende                       |
| QA-02  | Classe um               | 6,8       | Atende                       | 5,2       | Não Atende                   | 16                      | Não Atende                   | 5                       | Não Atende                   |
| QA-01  | Classe dois             | 4,2       | Não Atende                   | 5,3       | Atende                       | 19                      | Não Atende                   | 8                       | Não Atende                   |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

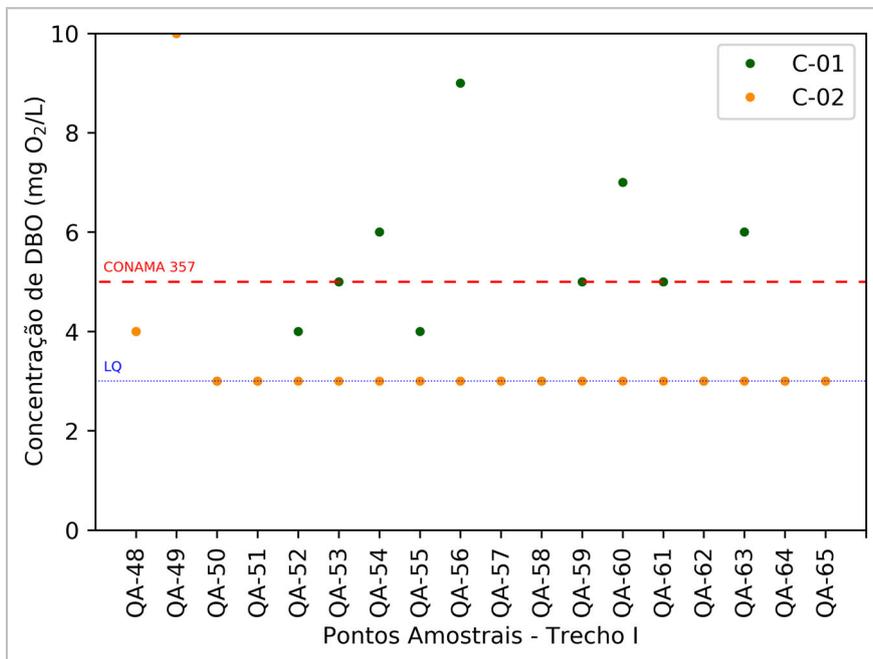
Para o Trecho I, que corresponde aos pontos QA-65 a QA-48, todos os cursos d'água são enquadrados como 'Classe dois'. Considerando os parâmetros de OD e DBO, tem-se o seguinte cenário: na C-01, 83% (15 de 18) e 72% (13 de 18) dos pontos monitorados atendem, respectivamente, aos valores de OD e DBO previstos para a classe de enquadramento; enquanto na C-02, a quantidade de pontos que atendem ao enquadramento diminui para 50% (9 de 18) para o parâmetro de OD, contudo aumentam para 94% (17 de 18) para o parâmetro de DBO. O Gráfico 5-66 e o Gráfico 5-67 mostram, respectivamente, a concentração dos parâmetros OD e DBO ao longo do Trecho I:

**Gráfico 5-66: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-67 Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**

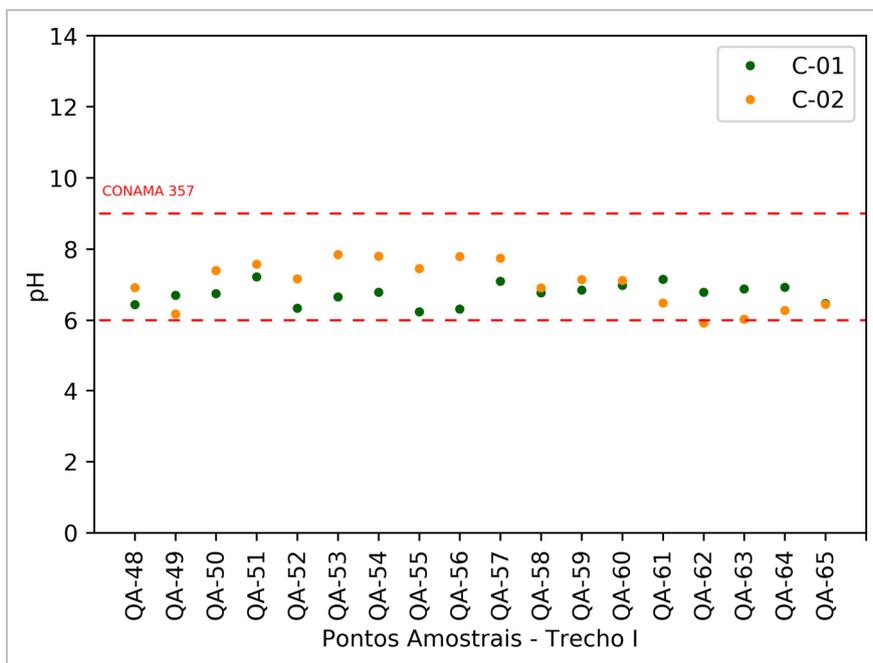


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para pH, todas os pontos monitorados (com exceção para o ponto QA-62, na C-02) atendem ao previsto na classe de enquadramento em ambas as campanhas amostrais. O valor médio ( $\pm$  desvio padrão) de pH na C-01 foi de  $6,74 \pm 0,23$ , enquanto na C-02 foi de  $7,01 \pm 0,55$ , indicando que as amostras possuem característica geral de neutralidade e que possuem pouca variabilidade sazonal ao longo do tempo.

O Gráfico 5-68 mostra os valores de pH ao longo do Trecho I. Além disso, a partir desses valores médios, é possível estabelecer que a forma ionizada de nitrogênio amoniacal presente é a  $\text{NH}_4^+$ , além de que a verificação ao enquadramento será feita considerando o VMP de nitrogênio amoniacal na faixa de  $\text{pH} < 7,5$ .

**Gráfico 5-68: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**



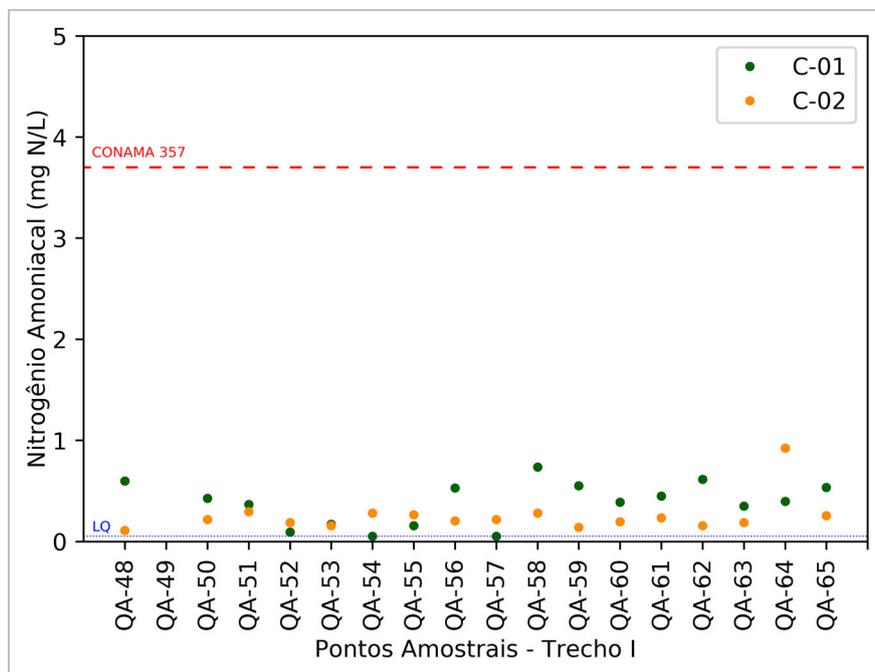
Fonte: Elaborado pela Fipe.

Portanto, considerando as frações de nitrogênio avaliadas, apenas o ponto QA-49 não atende ao VMP de  $N-NH_4^+$ , enquadramento ‘Classe dois’ em  $pH < 7,5$ , com valores de 5,29 mg N/L na C-01 e 23,36 mg N/L na C-02. Tais valores podem estar relacionados à influência da área urbana do município de Cascavel. Elevados valores de nitrogênio na forma amoniacal representam poluição recente, similar a esgoto sanitário (VON SPERLING, 2017).

Para os demais pontos no Trecho I, a concentração média ( $\pm$  desvio padrão) de  $N-NH_4^+$  foi de  $0,38 \pm 0,17$  mg N/L na C-01 e  $0,25 \pm 0,09$  mg N/L na C-02, indicando as baixas concentrações e atendimento aos VMP na classe de enquadramento.

O Gráfico 5-69 mostra as concentrações de  $N-NH_4^+$  ao longo do Trecho I.

**Gráfico 5-69: Concentrações de  $N-NH_4^+$  nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**

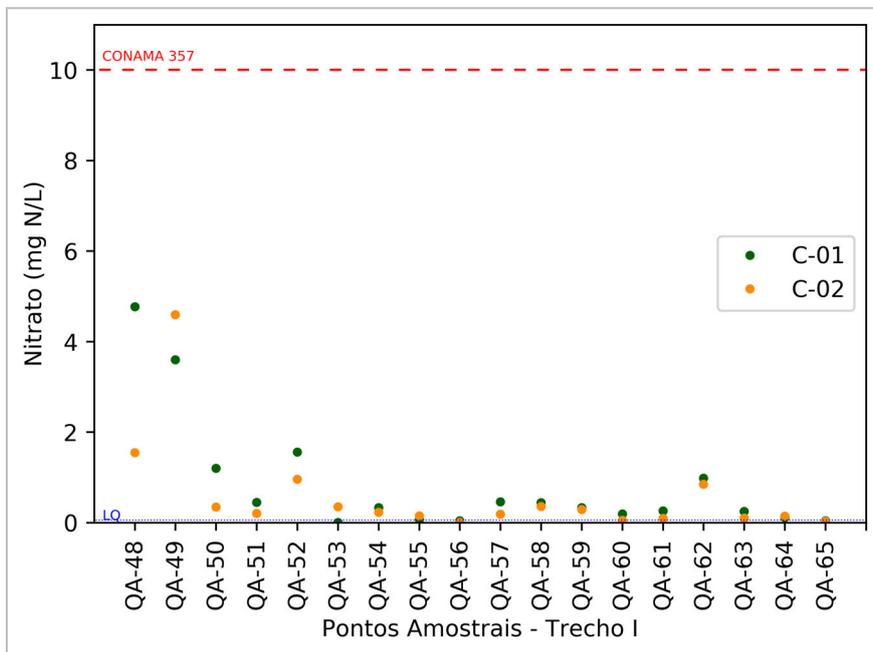


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para o  $N-NO_3^-$ , todas as amostras nas C-01 e C-02 atendem aos VMP na classe de enquadramento. As concentrações médias ( $\pm$  desvio padrão) de  $N-NO_3^-$  foram de  $0,84 \pm 0,88$  mg N/L na C-01 e  $0,58 \pm 0,62$  mg N/L na C-02. É importante ressaltar que nesse trecho, os pontos QA-48 e QA-49 possuem concentrações de  $N-NO_3^-$  mais elevadas em comparação aos demais pontos em ambas as campanhas de monitoramento, enquanto o ponto QA-53 na C-01 e QA-56 na C-02 tiveram concentrações  $< LQ$ , justificando os valores de desvio levemente superiores deste parâmetro.

O Gráfico 5-70 mostra as concentrações de  $N-NO_3^-$  ao longo do Trecho I.

**Gráfico 5-70: Concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**

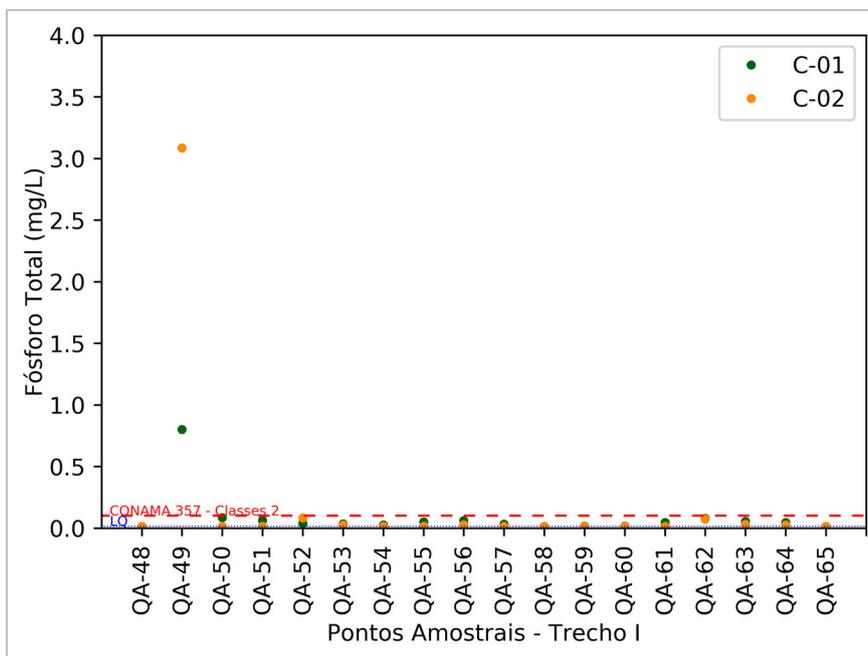


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para o parâmetro PT, assim como para N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, apenas o ponto QA-49 não atende ao VMP previsto para enquadramento ‘Classe dois’ (PT < 0,10 mg/L), em ambas as campanhas de monitoramento. Nesse ponto, as concentrações medidas foram de 0,80 mg P/L na C-01 e 3,09 mg P/L na C-02, que também está relacionada com a influência da área urbana de Cascavel. Para os demais pontos deste trecho, as concentrações médias (± desvio padrão) foram de 0,04 ± 0,02 mg P/L na C-01 e 0,03 ± 0,01 mg P/L na C-02, indicando a baixa presença deste elemento nos corpos hídricos no Trecho I. Além disso, 11 pontos amostrais tiveram concentrações < LQ na C-02 (período menos chuvoso) enquanto apenas três pontos amostrais tiveram concentrações < LQ na C-01 (período mais chuvoso). Isto indica que as características de uso e ocupação do solo neste trecho, podem conferir uma tendência de arraste de poluição por vias difusas para os corpos hídricos durante períodos de chuva.

O Gráfico 5-71 mostra as concentrações de PT ao longo do Trecho I nas campanhas C-01 e C-02.

**Gráfico 5-71: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**

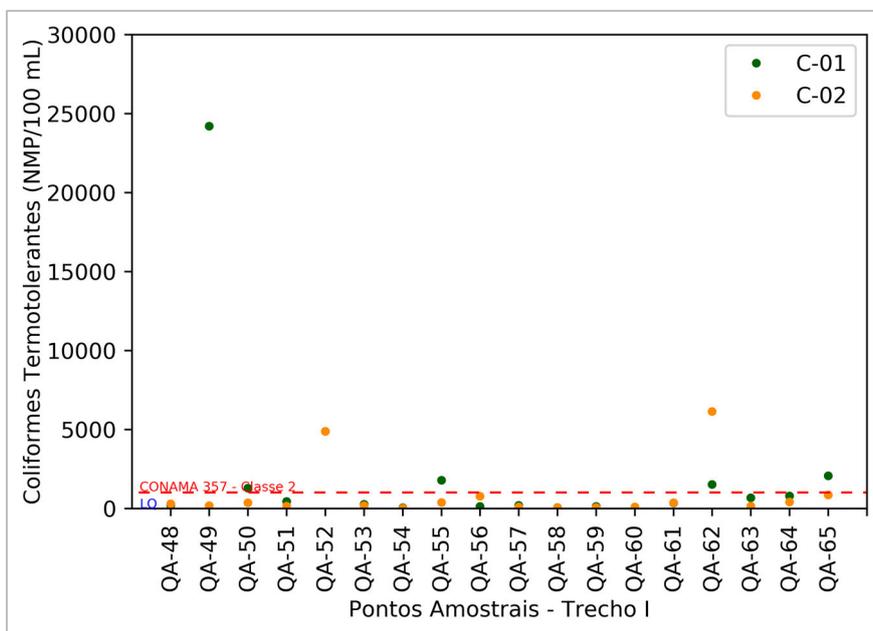


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Tal avaliação é corroborada pelos valores de turbidez, em que apresentam valores médios mais elevados na C-01 ( $31,79 \pm 13,43$  NTU) do que na C-02 ( $9,82 \pm 4,09$  NTU), possivelmente devido à influência das chuvas. Apesar de tais diferenças, 100% das amostras em ambas as campanhas de monitoramento atendem aos VMP previstos na classe de enquadramento. Para o parâmetro CT, 67% (12 de 18) dos pontos monitorados na C-01, e 89% (16 de 18) dos pontos monitorados na C-02, atendem ao VMP previsto para a respectiva classe de enquadramento do Trecho I. Os pontos QA-52 e QA-62, não atendem ao VMP em ambas as campanhas de monitoramento. Os valores médios de CT quantificados na C-01 foram de 2165 NMP/100mL, enquanto na C-02 o valor médio foi de 852 NMP/100mL. Novamente, o ponto QA-49 se destaca na C-01 atingindo valores acima do limite de quantificação do método utilizado ( $> 24196$  NMP/100mL).

O Gráfico 5-72 mostra os valores de CT para o Trecho I.

**Gráfico 5-72: Concentrações de Coliformes Termotolerantes nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho I**



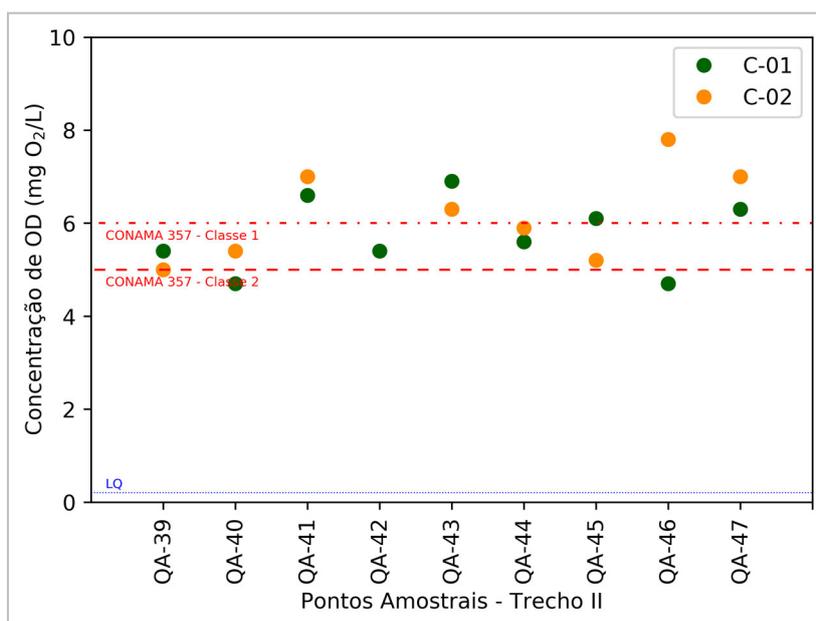
Fonte: Elaborado pela Fipe.

De maneira geral, os parâmetros de qualidade da água monitorados no Trecho I, apresentam boa qualidade com atendimento aos critérios de enquadramento em mais de 60% dos pontos monitorados em C-01, e 50% dos pontos monitorados em C-02. Os piores índices analisados neste trecho são OD, DBO e CT, o que indicam contribuição de matéria orgânica e microorganismos típicos do trato intestinal humano e de animais. Para os pontos de monitoramento QA-65 a QA-59, de acordo com Imasul (2014) e Mato Grosso do Sul (2020), os rios destas bacias apresentam características gerais de cursos d'água pouco impactados, onde os poluentes mais comumente observados nos rios pertencentes à Bacia do Rio Ivinhema (como Rio Dourados e Rio Santa Maria), são PT e *E. coli*, enquanto para os rios pertencentes à Bacia do Rio Amambaí, os parâmetros que mais influenciaram na piora de suas águas são CT, PT e NT. Adicionalmente, Imasul (2014) ressalta que esses corpos hídricos na porção da Bacia do Rio Ivinhema não sofrem alterações relevantes quando comparadas as épocas de seca e chuva. Contudo, Mato Grosso do Sul (2020) indica que a Bacia do Rio Amambaí apresenta uma forte tendência de melhor qualidade durante o período seco.

Para o Trecho II, que corresponde aos pontos de monitoramento QA-47 a QA-39, cinco pontos são enquadrados na ‘Classe um’ (QA-40, QA-42, QA-44, QA-45 e QA-46), enquanto os demais são ‘Classe dois’ (QA-39, QA-41, QA-43 e QA-47). Desta forma, alguns valores de enquadramento tornam-se mais restritivos conforme apresentado na Tabela 5-71 e na Tabela 5-72. Cabe destacar novamente que o ponto QA-42 não possui concentrações na C-02, pois devido à baixa ocorrência de chuvas no período de inverno, o ponto estava seco no momento da coleta.

Para as concentrações de OD, todos os pontos de monitoramento de Classe dois atendem ao critério do enquadramento previsto, com exceção ao ponto QA-39 da C-02. Para os pontos de monitoramento de ‘Classe um’ somente há atendimento ao critério de enquadramento no ponto QA-45 na C-01 e QA-46 na C-02, devido a maior exigência de qualidade que esta classificação requer. Apesar dos corpos hídricos de Classe um no Trecho II não apresentarem enquadramento satisfatório, as concentrações de OD estão próximas ao limite estabelecido (Classe um – maior que 6 mg O<sub>2</sub>/L), tendo concentrações médias de  $5,30 \pm 0,48$  mg O<sub>2</sub>/L para C-01 e  $6,08 \pm 0,86$  mg O<sub>2</sub>/L para C-02. O Gráfico 5-73 mostra as concentrações de OD ao longo do Trecho II, considerando ambas as classes de enquadramento.

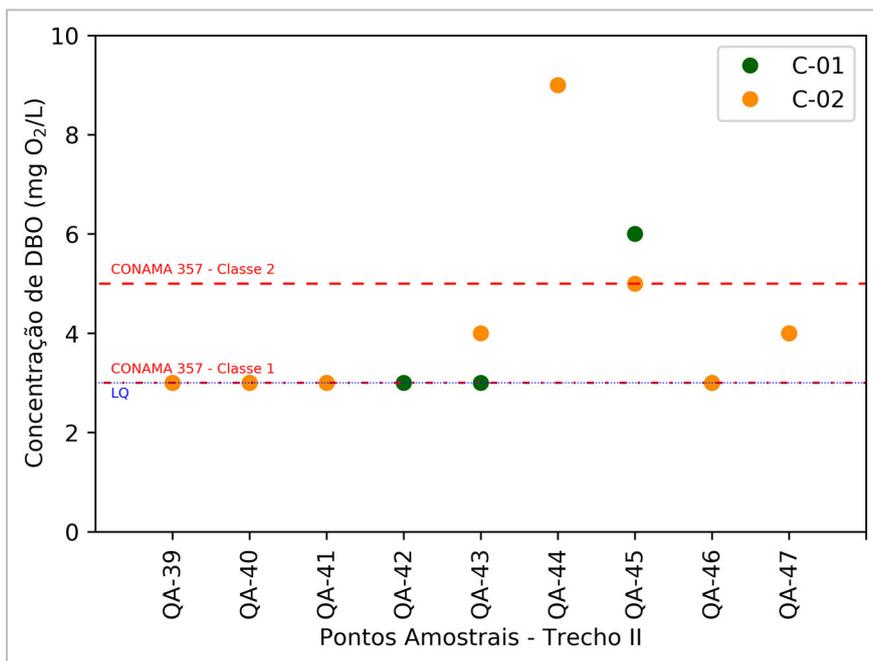
**Gráfico 5-73: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para a DBO, na C-01 somente o ponto QA-47 teve concentração acima do LQ, enquanto na C-02 todas as amostras tiveram concentrações acima do LQ. Assim, para os corpos hídricos de ‘Classe dois’ no Trecho II, todos os corpos hídricos atendem ao previsto na respectiva classe de enquadramento. Contudo, para os corpos hídricos de ‘Classe um’ no Trecho II, apenas três pontos atendem para os requisitos da classe de enquadramento, em ambas as campanhas de monitoramento, e destes apenas a QA-46 teve concentração medida acima do LQ, enquanto os demais tiveram DBO < LQ. Neste caso, os pontos QA-44 e QA-45 apresentaram valores acima dos VMP estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005 na C-01 e C-02, o que pode estar associado à localização de ambos à jusante da área urbana de Medianeira, o que pode contribuir com a introdução de matéria orgânica nos corpos d’água via esgotos sanitários. O Gráfico 5-74 mostra as concentrações de DBO ao longo do Trecho II, para as campanhas C-01 e C-02. Cabe destacar que uma vez que a concentração do parâmetro ficou abaixo do seu limite de quantificação, e considerando que esse limite está abaixo do previsto na classe de enquadramento, entende-se que o critério exigido foi atendido.

**Gráfico 5-74: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**

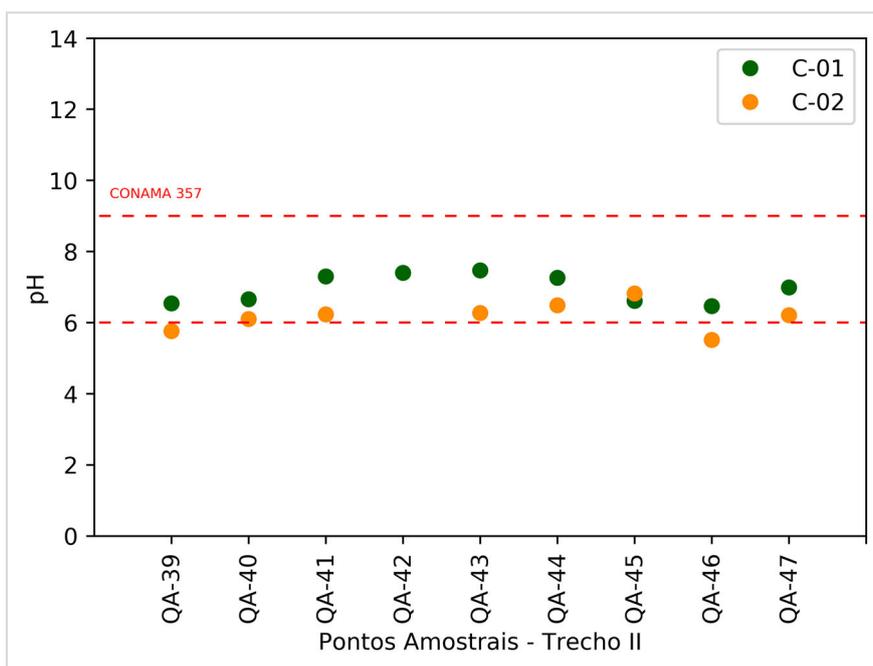


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Nota: quando para o mesmo ponto amostral há o mesmo valor de concentração (exemplo: QA-39), o símbolo referente à concentração na C-02 sobrepõe o símbolo de concentração em C-01.

Para o pH, na ‘Classe um’ e ‘Classe dois’, apenas dois pontos de monitoramento (QA-39 e QA-46, ambos na C-02) possuem valores de pH abaixo do limite mínimo estabelecido. Apesar do não atendimento aos critérios, os valores medidos estão próximos ao valor requisitado. Os valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de pH foram de  $6,97 \pm 0,35$  na C-01 e  $6,17 \pm 0,29$  na C-02, indicando que os corpos hídricos possuem característica geral de neutralidade com pouca variabilidade sazonal ao longo do tempo. O Gráfico 5-75 mostra os valores medidos de pH ao longo do Trecho II, nas campanhas C-01 e C-02. Com esses valores, similar ao Trecho I, é possível estabelecer que a forma ionizada de nitrogênio amoniacal presente também foi a  $\text{NH}_4^+$ . Assim, a verificação ao enquadramento será feita considerando o VMP de nitrogênio amoniacal na faixa de  $\text{pH} < 7,5$ .

**Gráfico 5-75: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**



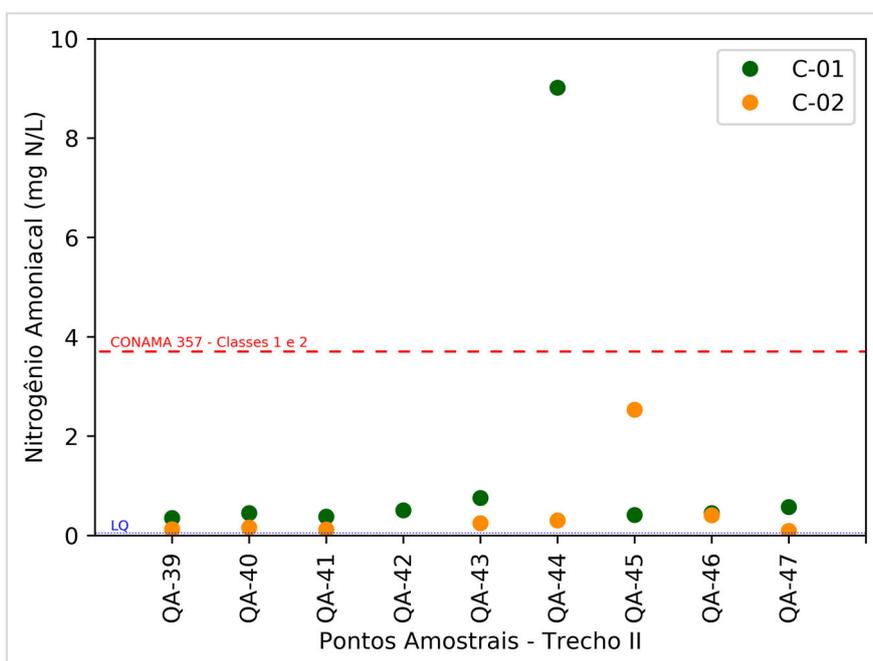
Fonte: Elaborado pela Fipe.

Assim, considerando as concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  quantificadas ao longo do Trecho II, apenas o ponto QA-44 na C-01 não atende ao VMP previsto para o enquadramento na Classe um, atingindo a concentração de  $9,02 \text{ mg N/L}$ . Tal valor elevado e discrepante dos demais pode estar associado à influência da área urbana de Medianeira em uma época do ano mais chuvosa, favorecendo o transporte de poluição urbana recente. Para os demais pontos de monitoramento, em ambas as campanhas C-01 e C-02, os valores atendem ao

previsto para o enquadramento em ‘Classe um’ e ‘Classe dois’. As concentrações médias de  $\text{N-NH}_4^+$  (retirando o *outlier* da QA-44) foram de  $0,48 \pm 0,09$  mg N/L na C-01, e  $0,50 \pm 0,51$  mg N/L na C-02.

O Gráfico 5-76 mostra as concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  ao longo do Trecho II para as duas campanhas de monitoramento.

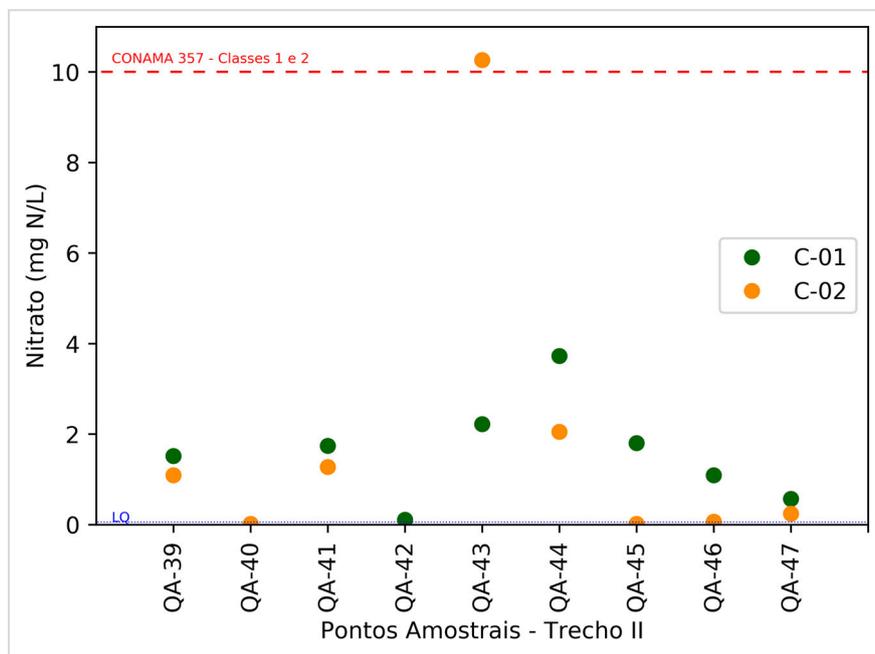
**Gráfico 5-76: Concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Já para a fração de nitrogênio em forma de nitrato, apenas o ponto QA-43 na C-02 não atende ao previsto na Resolução Conama nº 357/2005 para ‘Classe dois’ de enquadramento, atingindo um valor de  $10,30$  mg N/L, valor aproximado ao VMP. Os demais pontos atendem ao previsto para as duas classes de enquadramento neste trecho, e campanhas de monitoramento. As concentrações médias quantificadas de  $\text{N-NO}_3^-$  (retirando o *outlier* do ponto QA-43) foram de  $1,42 \pm 0,87$  mg N/L na C-01, e  $0,68 \pm 0,68$  mg N/L na C-02. O Gráfico 5-77 mostra a distribuição de  $\text{N-NO}_3^-$  ao longo do Trecho II para as campanhas C-01 e C-02.

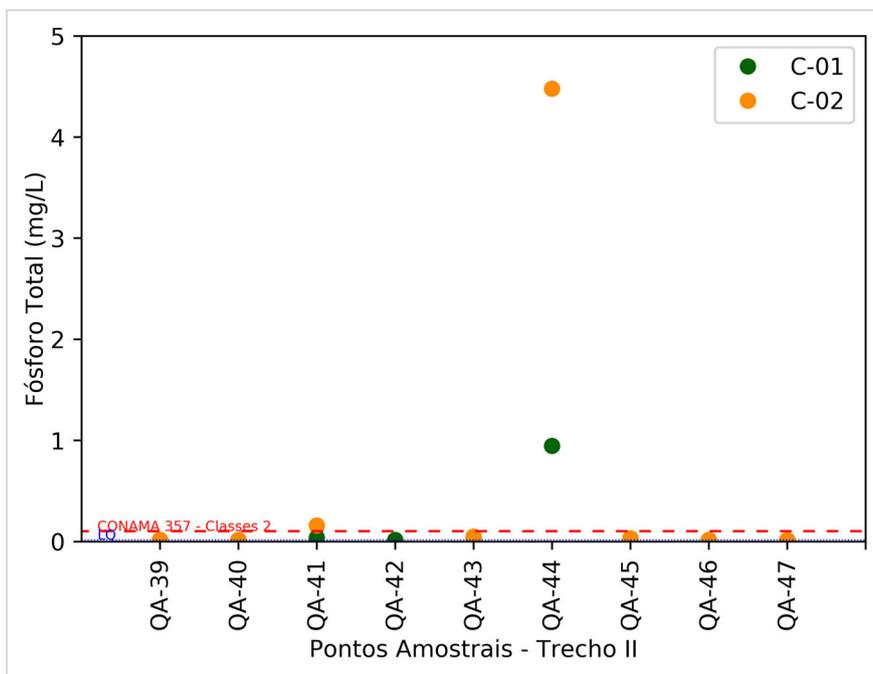
**Gráfico 5-77: Concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para as concentrações de PT na C-01, todas as amostras atendem ao VMP previsto na ‘Classe dois’, sendo que em dois pontos de monitoramento (QA-39 e QA-47) a concentração foi < LQ. Para a ‘Classe um’ de enquadramento, apenas o ponto QA-44 não atende ao previsto na Resolução Conama nº 357/2005, enquanto nos demais pontos as concentrações foram < LQ. Na C-02, o mesmo padrão se repete para os corpos hídricos de ‘Classe um’ em que o ponto QA-44 excede o VMP. Enquanto isso, para os corpos hídricos de ‘Classe dois’ o ponto QA-41 também excede o VMP estabelecido. Neste momento, são quatro pontos amostrais que tem concentrações medidas < LQ (QA-19, QA-47, QA-40 e QA-46). As elevadas concentrações medidas no ponto QA-44 podem estar associadas à influência da área urbana de Medianeira, assim como observado nos parâmetros N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, DBO e OD. O Gráfico 5-78 mostra as concentrações de PT ao longo do Trecho II nas campanhas C-01 e C-02 de monitoramento.

**Gráfico 5-78: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**

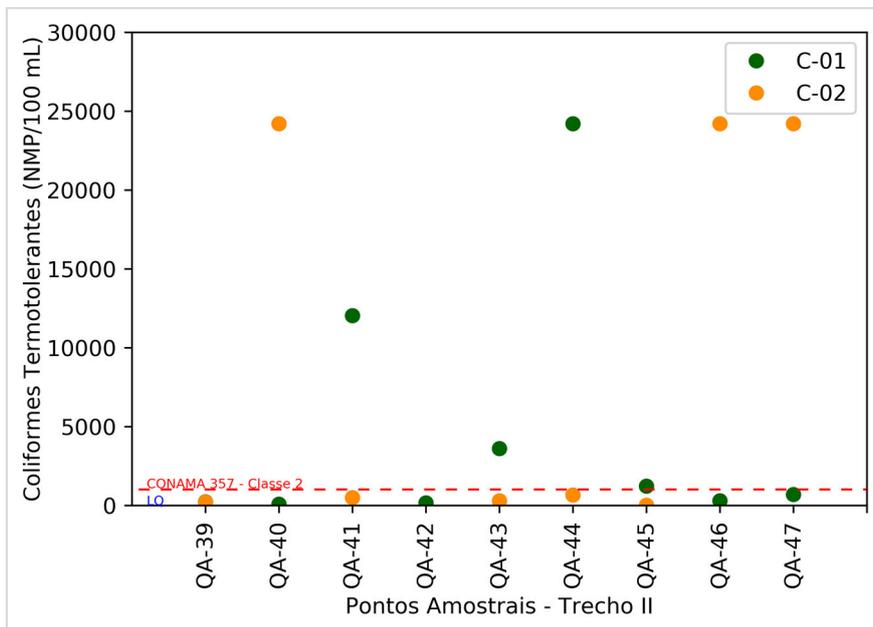


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os valores medidos de CT para os corpos hídricos de ‘Classe um’ apresentam dois pontos em atendimento do VMP (QA-40 e QA-42) na C-01, e um ponto em atendimento ao VMP (QA-45) na C-02. Para os corpos hídricos de ‘Classe dois’ os pontos QA-41 e QA-43 não atendem ao previsto no enquadramento na C-01, e o ponto QA-47 na C-02. Tais valores indicam presença elevada de CT neste trecho da ferrovia, em que a classe predominante de enquadramento é mais exigente e os altos valores quantificados não apresentam diferença considerando os aspectos de sazonalidade. Isso pode estar associado com o tipo de uso e ocupação da terra nas próximas dos corpos hídricos analisados, onde pequenos aglomerados urbanos podem contribuir constantemente com esse tipo de poluição para os cursos d’água.

O Gráfico 5-79 mostra os valores de CT medidos ao longo do Trecho II para as campanhas C-01 e C-02. Cabe destacar que os pontos QA-44 na C-01 e QA-47, QA-40 e QA-46 tiveram concentrações acima do limite máximo de detecção do método (> 24196 NMP/100 mL).

**Gráfico 5-79: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho II**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para o Trecho II, o parâmetro turbidez teve valores abaixo do VMP em todos os pontos monitorados nas campanhas C-01 e C-02, em atendimento a ‘Classe um’ e ‘Classe dois’. Os valores médios medidos foram de  $15,89 \pm 6,26$  NTU na C-01 e  $5,14 \pm 3,38$  NTU na C-02, mostrando que a campanha com maior incidência de chuva também produziu os maiores valores de turbidez nos corpos hídricos monitorados no Trecho II.

De maneira geral, os pontos monitorados no Trecho II apresentam um atendimento às classes de enquadramento acima de 40% na C-01, e 50% na C-02. Os parâmetros que possuem as menores porcentagens de atendimento aos VMP são OD e CT, que podem estar associadas às ações diversificadas de agricultura de culturas anuais, como soja, milho, trigo, além de pastagens para criação de bovinos de leite e de corte (SEMA, 2013). Adicionalmente, as concentrações médias dos parâmetros analisados neste Trecho não apresentaram amplas diferenças entre a C-01 e C-02, sendo uma região com uso e ocupação da terra de uso misto sofrendo pouca influência sazonal. Poersh (2018) analisou oito corpos d’água superficiais na região do Baixo Iguaçu, e observou que os valores dos parâmetros de qualidade da água estiveram em atendimento ao previsto na Resolução Conama nº 357/2005 para ‘Classe um’. Nessa região, destaca-se o uso e ocupação do solo

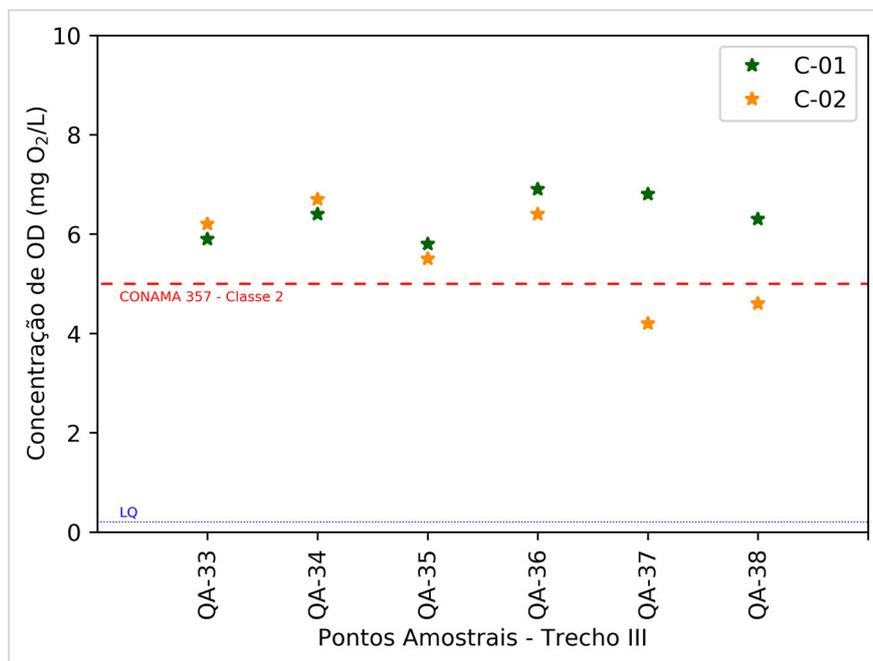
misto, entre práticas agrícolas, solo exposto e vegetação nativa. Além disso, o aspecto menos urbanizado desta BH, em especial nos córregos que continham uma estrutura vegetal mais complexa apresentaram melhores condições de OD,  $\text{NH}_4^+$  e pH, por exemplo (POERSCH, 2018). Adicionalmente, outros estudos realizados especificamente no Rio Alegria (próximo à área de contribuição do ponto QA-44) mostram resultados que corroboram com o explorado no monitoramento deste EIA, alto índice de enquadramento dos parâmetros de qualidade considerando o previsto na Resolução Conama nº 357/2005, com altas concentrações de OD, pH próximo à neutralidade e baixas concentrações de DBO e  $\text{N-NH}_4^+$  (CECCHIN, 2017; FLECK et al., 2012). Além disso, Cecchin (2017) destaca que o ponto localizado à jusante do município de Medianeira possui concentrações mais elevadas de  $\text{N-NH}_4^+$ , devido à influência de fontes pontuais de poluição.

Para o Trecho III, que corresponde aos pontos de monitoramento QA-38 a QA-33, todos os corpos hídricos são enquadrados como rios ‘Classe dois’. Além disso, este é o trecho onde já existe a ferrovia da Ferroeste operante (e que será requalificada), o que contribui para o entendimento de como a qualidade da água poderá sofrer influência futura.

Para o parâmetro de OD, todos os pontos da C-01 atendem ao VMP previsto, enquanto na C-02 apenas os pontos QA-37 e QA-38 não atendem. Apesar do não atendimento desses dois pontos ao enquadramento previsto, as concentrações estão próximas ao exigido na Resolução Conama nº 357/2005. A concentração média medida de OD para a C-01 foi de  $6,33 \pm 0,33$  mg  $\text{O}_2/\text{L}$ , enquanto na C-02 foi de  $5,60 \pm 0,83$  mg  $\text{O}_2/\text{L}$ .

O Gráfico 5-80 mostra as concentrações medidas de OD ao longo do Trecho III.

**Gráfico 5-80: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**

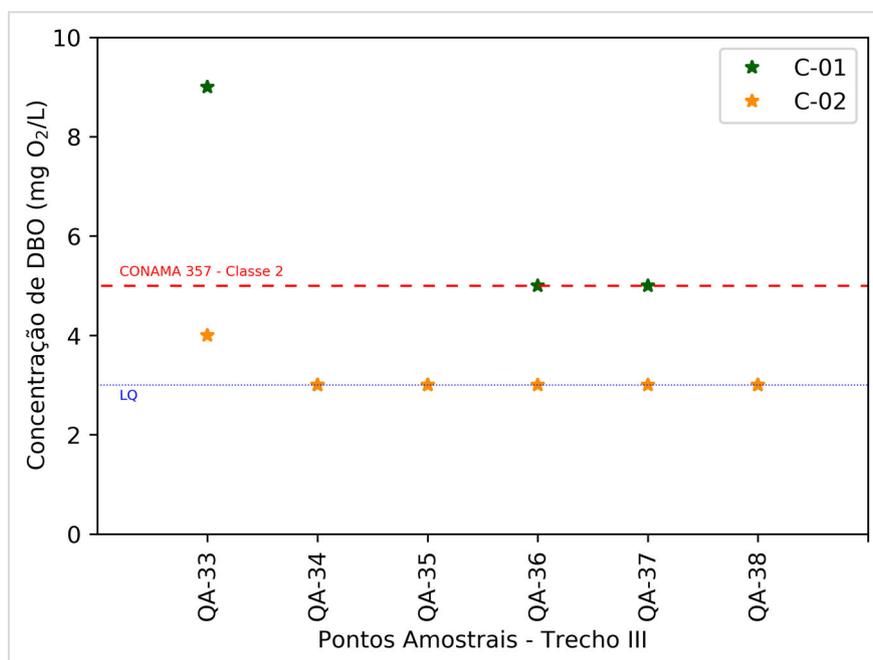


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para o parâmetro da DBO, todos os pontos monitorados atendem ao VMP previsto para a respectiva classe de enquadramento, com exceção para o ponto QA-33 (DBO = 9 mg O<sub>2</sub>/L). Contudo, para a C-02, o VMP de enquadramento é atendido, o que pode sugerir uma quantificação casual acima dos limites exigidos. Considerando as análises de OD e DBO neste trecho, é possível sugerir que os corpos hídricos neste trecho possuem boa qualidade e atendem à classe de enquadramento vigente.

O Gráfico 5-81 mostra as concentrações medidas de DBO ao longo do Trecho III. Cabe ressaltar que apenas os pontos QA-33, QA-36 e QA-37 na C-01 e o ponto QA-33 na C-02, tiveram concentração acima do LQ.

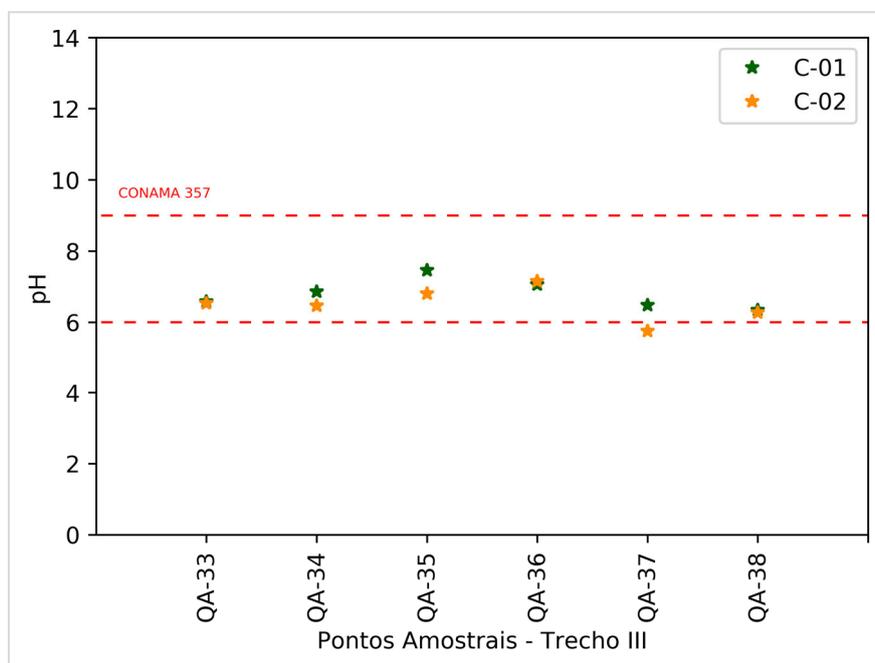
**Gráfico 5-81: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os valores de pH medidos nas C-01 e C-02 atendem ao previsto para a classe de enquadramento, com exceção ao ponto QA-37 na C-02 (pH = 5,75). Apesar do não atendimento deste ponto, o valor medido está próximo ao VMP da classe de enquadramento. Os valores médios de pH foram  $6,80 \pm 0,33$  na C-01 e  $6,49 \pm 0,33$  na C-02, indicando que os corpos hídricos possuem característica geral de neutralidade, com pouca variabilidade sazonal ao longo do tempo. O Gráfico 5-82 mostra os valores medidos de pH ao longo do Trecho III, nas campanhas C-01 e C-02. Assim como nos demais trechos analisados, é possível estabelecer que a forma ionizada de nitrogênio amoniacal presente também foi o  $\text{NH}_4^+$ , assim a verificação deste parâmetro ao enquadramento será feita considerando o VMP de nitrogênio amoniacal na faixa de pH < 7,5.

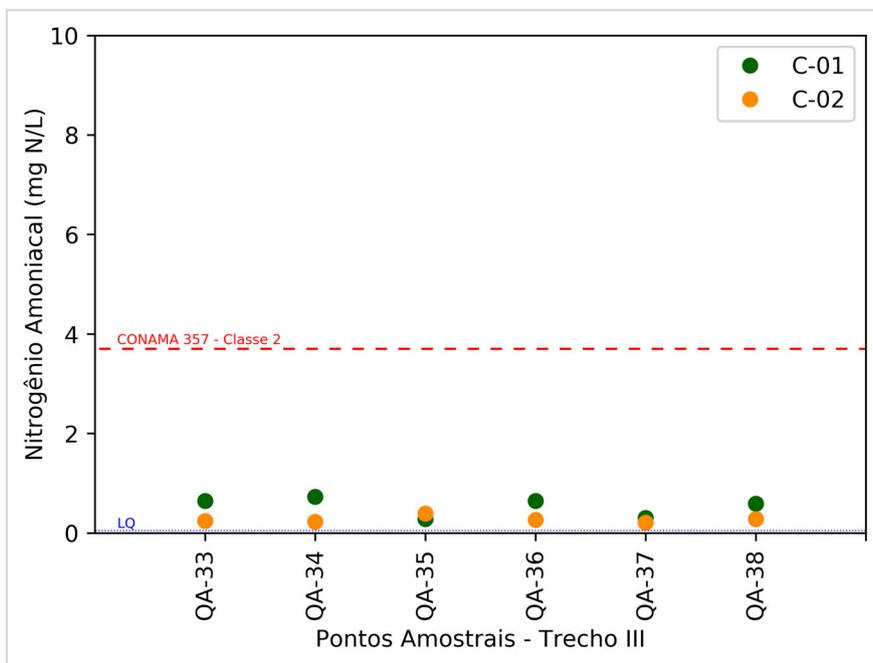
**Gráfico 5-82: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

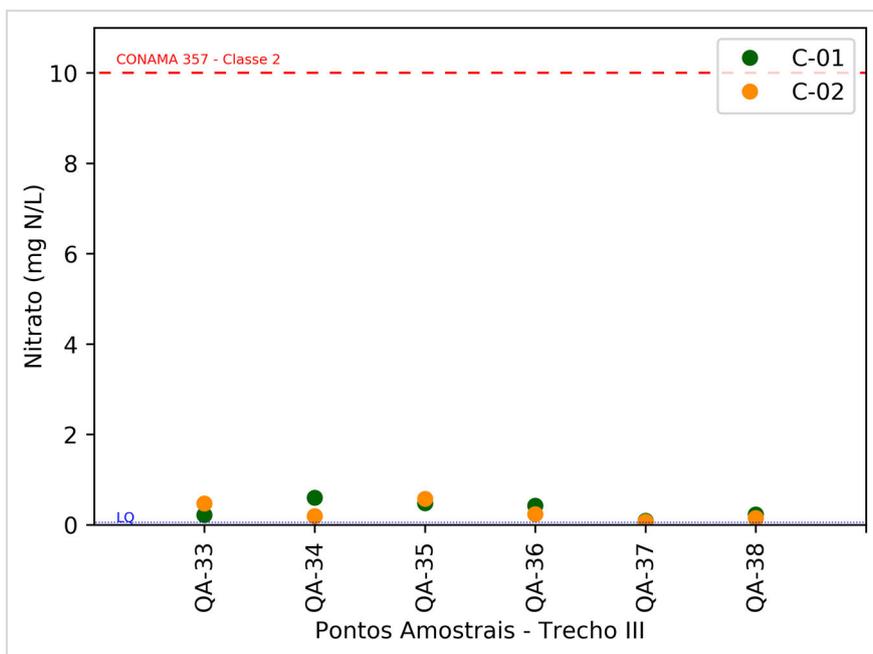
Para as frações de nitrogênio  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  medidas neste trecho, todas as amostras atendem ao VMP previsto a classe de enquadramento vigente. As concentrações médias de  $N-NH_4^+$  ( $0,62 \pm 0,16$  mg N/L na C-01 e  $0,25 \pm 0,04$  mg N/L na C-02) e  $N-NO_3^-$  ( $0,34 \pm 0,16$  mg N/L na C-01 e  $0,28 \pm 0,16$  mg N/L na C-02) tiveram baixas concentrações em ambas as campanhas de monitoramento, indicando pouca influência de fontes pontuais ou difusas de poluição neste trecho da ferrovia. Além disso, a baixa variabilidade nas concentrações medidas entre as campanhas, indica que os corpos hídricos monitorados neste trecho apresentam pouca influência da sazonalidade, atendendo aos critérios de enquadramento nos períodos mais e menos chuvosos. O Gráfico 5-83 e o Gráfico 5-84 mostram, respectivamente, as concentrações de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$  ao longo do Trecho III para as C-01 e C-02.

**Gráfico 5-83: Concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-84: Concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**

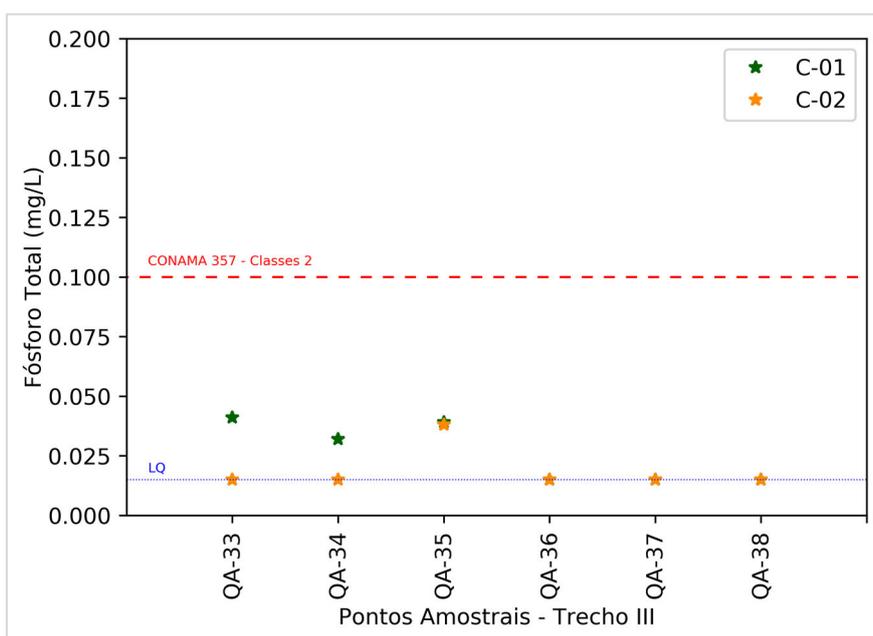


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Assim como para as frações de nitrogênio, todos os pontos do Trecho III atendem ao critério de enquadramento de ‘Classe dois’ para o parâmetro de PT, reforçando a pouca influência de fontes pontuais ou difusas de poluição. Além disso, cabe ressaltar que os pontos QA-36 e QA-37 na C-01 tiveram concentrações < LQ e na C-02, apenas o ponto QA-35 teve concentração > LQ.

O Gráfico 5-85 mostra as concentrações de PT medidas ao longo do Trecho III.

**Gráfico 5-85: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

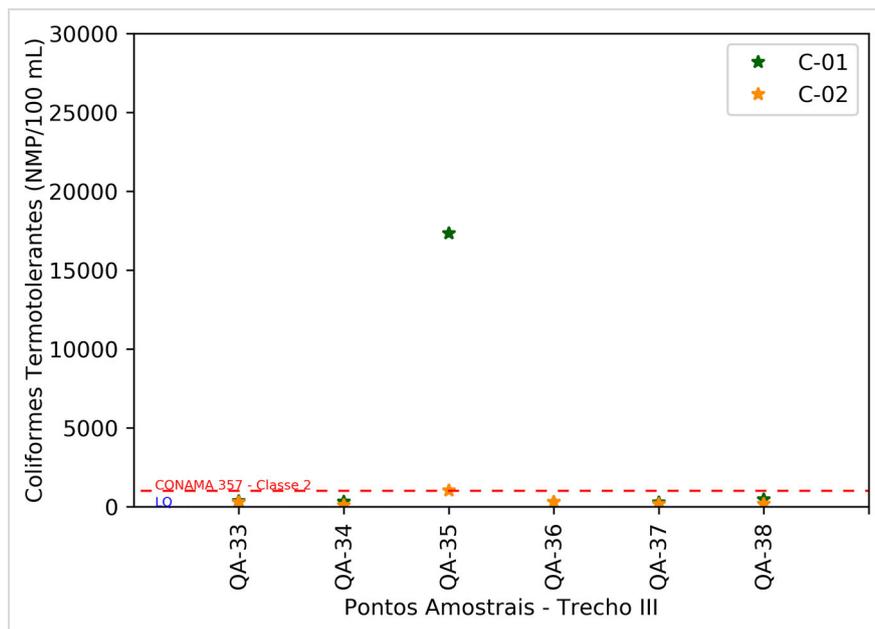
Para o parâmetro turbidez, todos os pontos monitorados atendem ao previsto para a respectiva classe de enquadramento, nas campanhas C-01 e C-02. Os valores médios medidos foram de  $16,95 \pm 12,53$  NTU na C-01 e  $4,70 \pm 1,70$  NTU na C-02, que indicam baixos valores de turbidez nos corpos hídricos deste trecho, mesmo na coleta durante período mais chuvoso (C-01).

Para o parâmetro CT, apenas o ponto QA-35 não atende ao VMP previsto para a classe de enquadramento, tanto na C-01 quanto na C-02. Esse ponto está localizado à jusante da área urbana do município de Goioxim, o que justifica a elevada concentração deste parâmetro, que é um indicador de organismos originários predominantemente do trato

intestinal humano e outros animais (VON SPERLING, 2017). Apesar dessa influência, este é o único parâmetro que não atende aos critérios de enquadramento, sugerindo maiores cuidados no uso previsto desta água.

O Gráfico 5-86 mostra os valores medidos de CT ao longo do Trecho III.

**Gráfico 5-86: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho III**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

De maneira geral, esse é o trecho onde se encontram as concentrações mais baixas dos parâmetros de qualidade analisados, e onde a porcentagem de pontos que atendem aos critérios previstos para a classe de enquadramento é maior, acima de 83% na C-01 e 67% na C-02. Os parâmetros mais sensíveis monitorados neste trecho foram OD e DBO. Nesse trecho da bacia existem poucos estudos sobre a qualidade da água dos rios para que possam ser passíveis de discussão neste EIA.

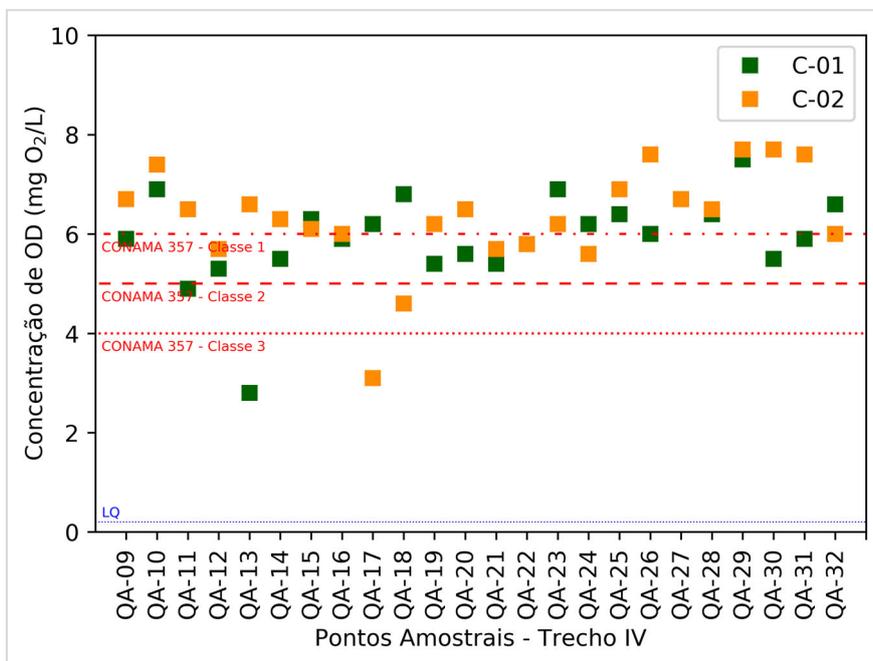
Para o Trecho IV, que corresponde aos pontos de monitoramento QA-32 a QA-09, existem três classificações de enquadramento distintas. Os pontos QA-15 e QA-18 são classificados como rios ‘Classe três’, o ponto QA-09 é classificado como ‘Classe Especial’ e os demais pontos são classificados como ‘Classe dois’ de acordo com o enquadramento vigente. De acordo com a Resolução Conama n° 357/2005, é previsto no art. 13° que “nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do

corpo de água”, não apresentando critérios específicos de avaliação do enquadramento. Neste estudo, será considerado que os rios de ‘Classe Especial’ serão analisados a partir dos critérios de enquadramento da ‘Classe um’, considerando sempre o atendimento pleno aos VMP.

Para o parâmetro OD quantificado neste trecho, tem-se que o ponto QA-09 na C-01 não atende ao VMP previsto para ‘Classe um’, apesar de ter concentração medida próxima ao limite. Além disso, os pontos QA-11 e QA-13 não atendem ao enquadramento ‘Classe dois’ apenas na C-01, o que pode estar associado à influência do período mais chuvoso no arraste de poluentes para estes corpos hídricos. De maneira oposta, o ponto QA-17 não atende ao enquadramento apenas na C-02, sofrendo uma redução de cerca de 50% na concentração entre as campanhas, que pode estar associado à falta dos efeitos de diluição de poluentes durante períodos de estiagem. Os dois pontos ‘Classe três’ atendem, em ambas as campanhas de monitoramento, os VMP previstos. Apesar destas amostras em específico, os corpos hídricos no Trecho IV apresentam bons índices de OD, com concentração média de  $5,95 \pm 0,63$  mg O<sub>2</sub>/L na C-01, e  $6,32 \pm 0,71$  mg O<sub>2</sub>/L na C-02.

O Gráfico 5-87 mostra a concentração de OD medida ao longo do Trecho IV nas campanhas C-01 e C-02.

**Gráfico 5-87: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**

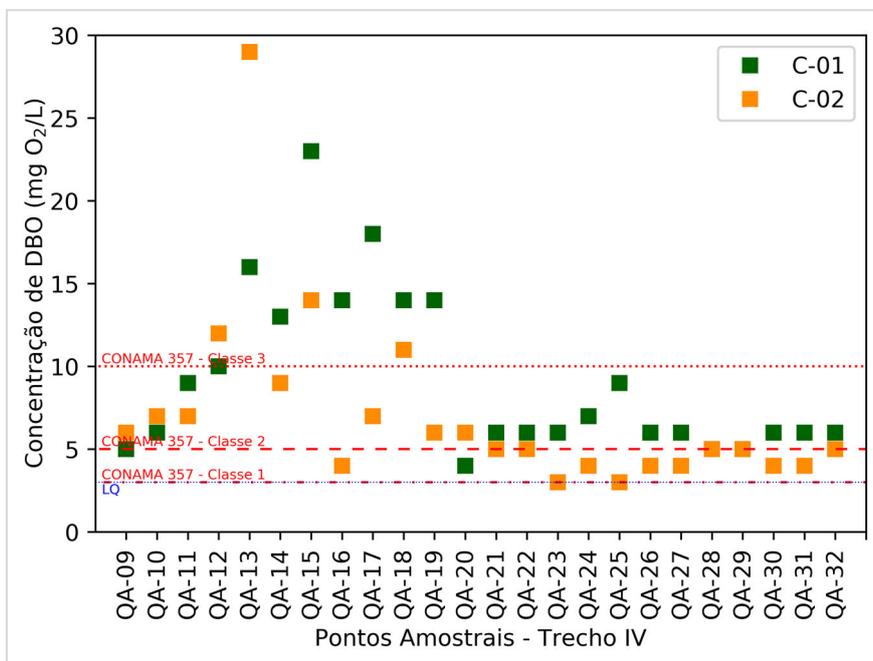


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Contudo, para o parâmetro da DBO, na C-01 apenas três pontos monitorados (QA-20, QA-28 e QA-29) apresentam valores que atendem aos VMP previstos para enquadramento ‘Classe dois’, enquanto os demais pontos deste trecho na C-01, que são ‘Classe dois’, não atendem VMP previstos, com concentrações maiores que 5,00 mg O<sub>2</sub>/L. A concentração média de DBO durante a C-01 foi de  $9,17 \pm 4,06$  mg O<sub>2</sub>/L. Para a C-02, o cenário de enquadramento tem uma leve melhora, em que 54% das amostras atendem ao previsto para a ‘Classe dois’ de enquadramento. Os pontos classificados como ‘Classe Especial/um’ e ‘Classe três’ também não atendem aos VMP na C-02. A concentração média de DBO durante a C-02 foi de  $7,04 \pm 3,32$  mg O<sub>2</sub>/L. Os pontos que possuem as maiores concentrações de DBO medidos estão localizados na Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu, amplamente conhecida como uma bacia hidrográfica que recebe forte influência da Região Metropolitana de Curitiba.

O Gráfico 5-88 mostra as concentrações medidas de DBO ao longo do Trecho IV, nas coletas C-01 e C-02.

**Gráfico 5-88: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**

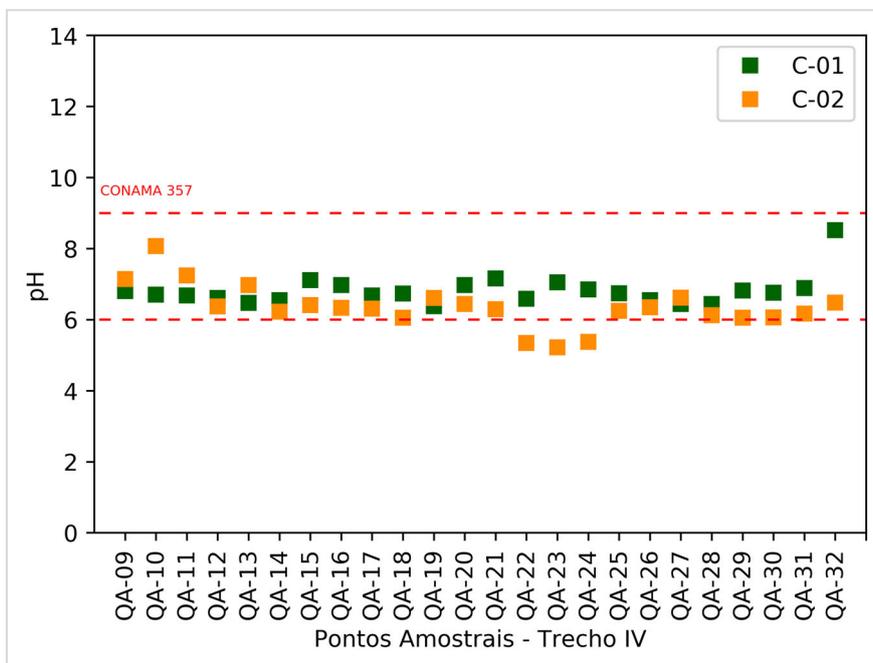


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os valores de pH na C-01 atendem aos VMP previstos nas classes um, dois e três de enquadramento, com valor médio de  $6,81 \pm 0,25$ . Para a C-02, apenas os pontos QA-22, QA-23 e QA-24 não atendem ao VMP para o enquadramento na Classe dois, com valores de pH menores que seis. Para os demais pontos e classes de enquadramento, os valores atendem ao VMP, sendo o valor médio de pH na C-02 de  $6,35 \pm 0,40$ . Tais valores médios medidos indicam que os corpos hídricos neste trecho apresentam características de neutralidade, e com baixa variabilidade sazonal.

O Gráfico 5-89 mostra os valores de pH ao longo do Trecho IV, nas duas campanhas de monitoramento realizadas.

**Gráfico 5-89: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**

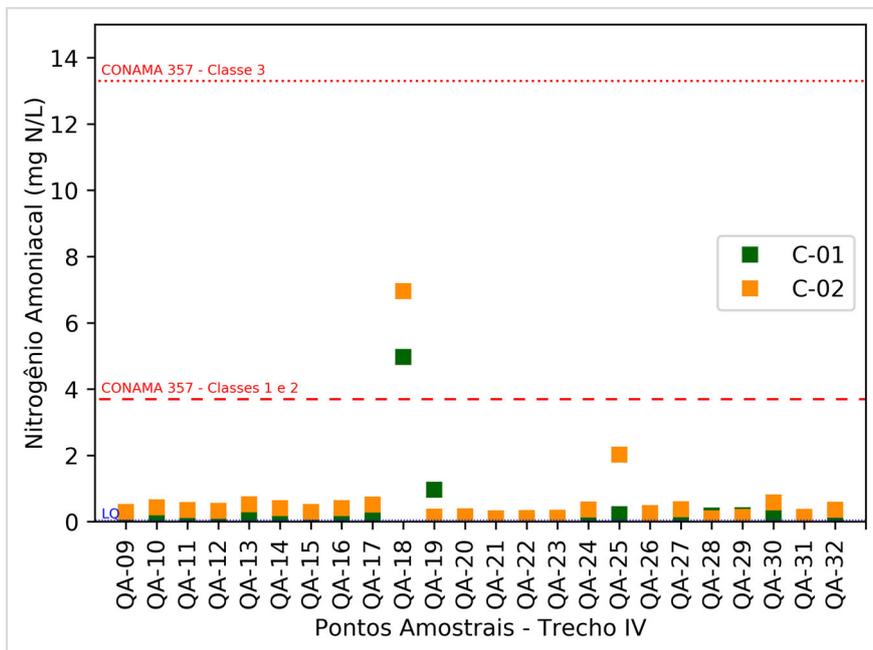


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Considerando o valor médio de pH, é possível estabelecer que a forma ionizada de nitrogênio amoniacal presente é o  $\text{NH}_4^+$ , assim a verificação desse parâmetro ao enquadramento será feita considerando VMP de nitrogênio amoniacal na faixa de  $\text{pH} < 7,5$ . As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  medidas atendem aos VMP em todos os pontos de monitoramento tanto na C-01 e C-02 com concentrações médias de  $0,34 \pm 0,44 \text{ mg N/L}$  e  $0,65 \pm 0,64 \text{ mg N/L}$ , respectivamente. O ponto QA-18 apresentou as maiores concentrações no Trecho IV, em ambas as campanhas de monitoramento. Apesar da grande influência da área urbana nos pontos monitorados na Bacia do Alto Iguaçu, os valores medidos nesse trabalho apresentam baixas concentrações.

O Gráfico 5-90 mostra as concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  ao longo do Trecho IV, nas coletas C-01 e C-02.

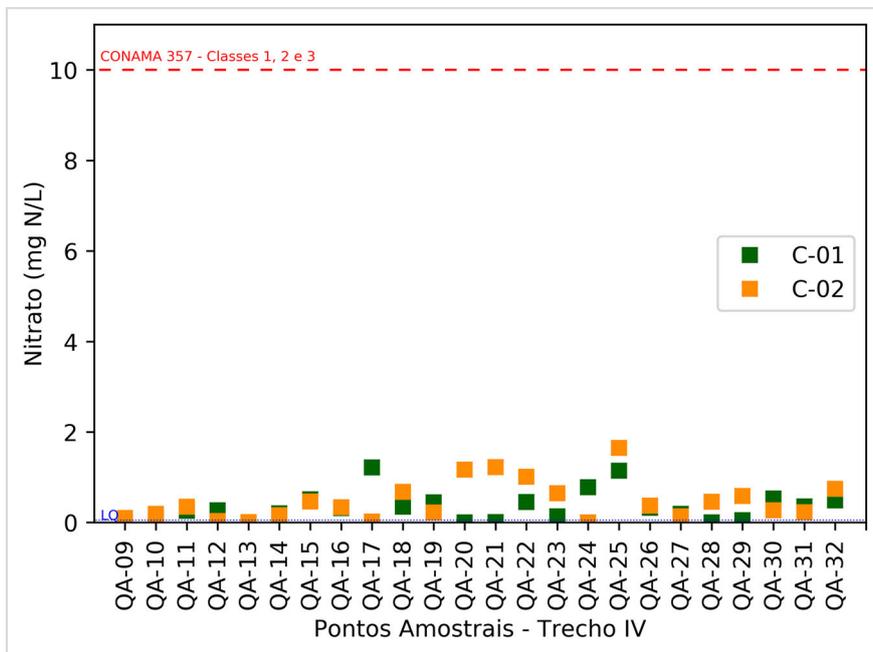
**Gráfico 5-90: Concentrações de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para a fração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, todos os pontos de monitoramento atendem aos VMP estabelecidos em cada classe de enquadramento determinada no Trecho IV, tanto na C-01 quanto na C-02. As concentrações médias na C-01 foram de 0,34 ± 0,24 mg N/L, e na C-02 foram de 0,46 ± 0,34 mg N/L. Essas baixas concentrações indicam a pouca influência de fontes de poluição, durante essas campanhas de monitoramento. O Gráfico 5-91 mostra a concentração de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ao longo do Trecho IV.

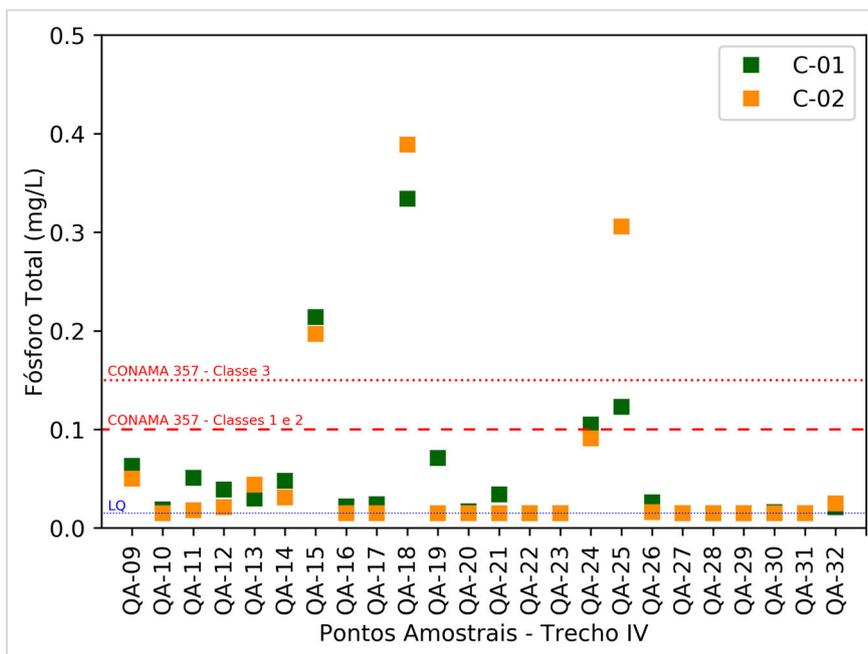
**Gráfico 5-91: Concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Para o parâmetro PT, o ponto QA-09 (Classe Especial/1) atende ao VMP previsto para a classe de enquadramento. Para os pontos ‘Classe dois’, o ponto QA-24 na C-01 e o ponto QA-25 nas duas campanhas de monitoramento não atendem ao VMP previsto para a classe de enquadramento. Os pontos ‘Classe três’ não atendem ao VMP previsto, para a classe de enquadramento em nenhuma das campanhas de monitoramento. Cabe ressaltar que na C-01 foi possível quantificar PT > LQ em 79% dos pontos de monitoramento (19 de 24), enquanto na C-02 foi possível quantificar PT > LQ em 54% dos pontos de monitoramento (13 dos 24). Isto indica que as concentrações estavam mais elevadas durante o período mais chuvoso do ano, do que durante o período de menos chuva. O Gráfico 5-92 mostra as concentrações de PT ao longo do Trecho IV na C-01 e C-02.

**Gráfico 5-92: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**



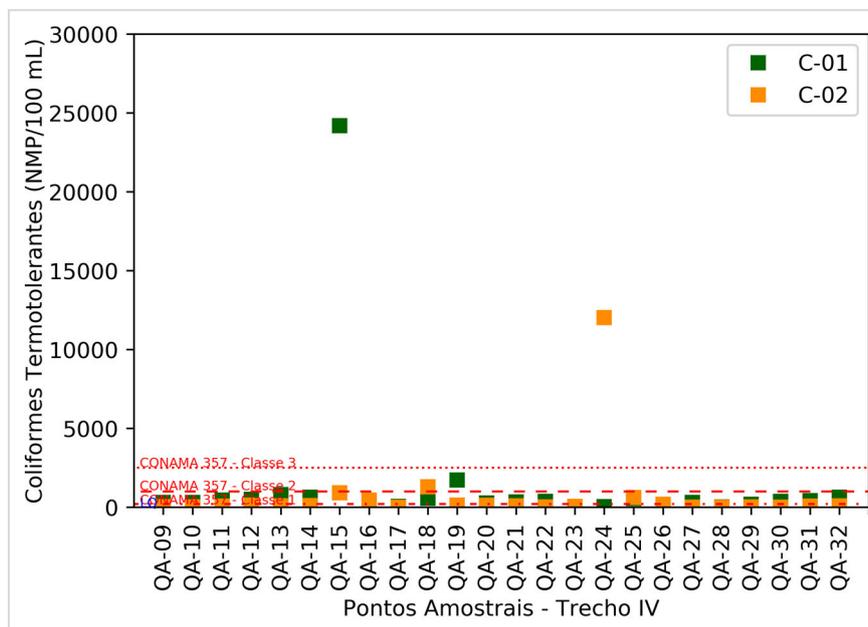
Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os valores medidos de turbidez atendem aos VMP previstos para todas as classes de enquadramento contidas no Trecho IV, com exceção para o ponto QA-15 na C-02, que apresentou valor de 160 NTU. Apesar disso, a turbidez medida apresenta baixos valores, assim como nos demais trechos analisados anteriormente, com valores médios de  $14,09 \pm 8,82$  NTU na C-01, e  $9,52 \pm 4,43$  NTU na C-02 (retirando o *outlier* do ponto QA-15). Igualmente aos demais trechos, os valores mais elevados de turbidez correspondem à campanha C-01, realizada durante o período mais chuvoso do ano.

Para o parâmetro de CT, apenas os pontos QA-09, QA-15 e QA-19 na C-01 e o ponto QA-24 na C-02, não atendem ao VMP previsto para as respectivas classes de enquadramento. O ponto QA-15 na C-01 teve concentração  $> LQ$ , que pode ser reflexo da influência da área urbana a montante desse ponto, assim como observado para DBO e PT.

O Gráfico 5-93 mostra os valores de CT medidos ao longo do Trecho IV na C-01 e C-02.

**Gráfico 5-93: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho IV**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

De maneira geral, o Trecho IV apresenta baixas concentrações dos parâmetros de QA analisados durante o monitoramento nas C-01 e C-02, com exceção do parâmetro DBO. Os pontos de monitoramento que se encontram nas BH do Rio Tibagi, Rio Ivaí e Médio Iguaçu (QA-32 a QA-20), apesar de não atenderem ao VMP previsto, possuem concentrações de DBO próximas ao exigido na legislação, indicando um cenário geral de boa qualidade da água.

Assunção et al. (2018) analisaram a variação temporal e espacial da qualidade da água na BH do Rio Tibagi e constataram um leve crescimento da área urbanizada desta bacia, com reduções no uso da terra por vegetação nativa e vegetação rasteira e expressivo aumento de áreas com solo exposto. Essa mudança, conseqüentemente trouxe leves alterações na qualidade da água da bacia com um todo, aumentando as concentrações de NT e PT, principalmente. Apesar disso, as concentrações de OD permanecem elevadas, enquanto os valores de DBO permanecem baixos. De toda forma, os autores destacam que apesar da visão generalista de boa qualidade da água, as concentrações de nutrientes indicam potencial de eutrofização, o que requer a adoção de medidas de prevenção e controle em relação a esses parâmetros (ASSUNÇÃO et al., 2018).

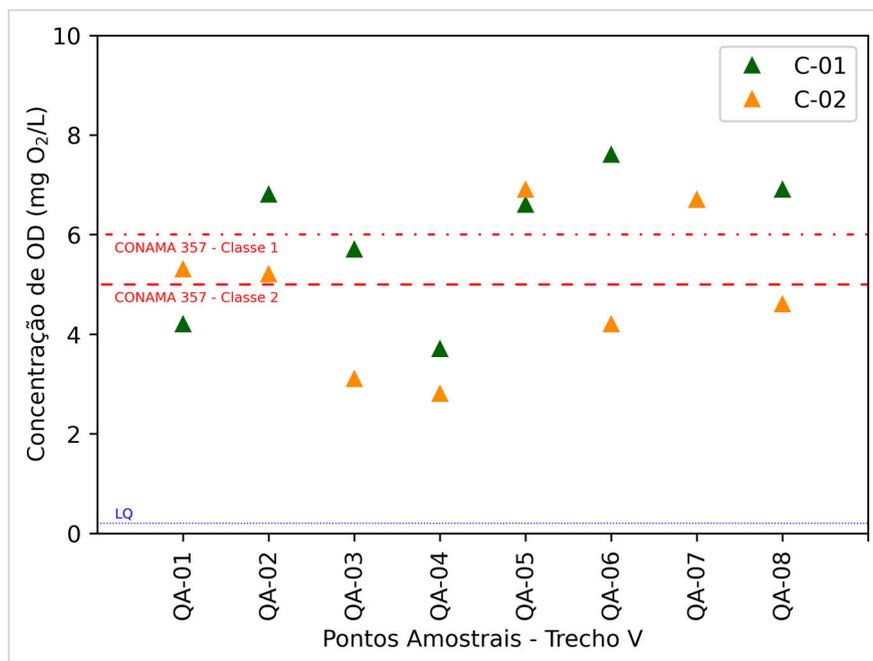
Contudo, para os demais pontos monitorados (QA-19 a QA-10) que se localizam na BH do Alto Iguaçu, as concentrações de DBO ultrapassam consideravelmente o previsto na Resolução Conama nº 357/2005 para Classe dois (até 5,00 mg/L), e as concentrações de CT aumentam. Isso ocorre devido ao crescente aumento da região urbanizada nesta BH (25% da população total e 30% da população urbana do estado do Paraná), principalmente na margem direita do rio Iguaçu, promovendo a ocupação irregular das várzeas e áreas de manancial, intensificados pelos baixos índices de atendimento e tratamento de esgoto sanitário (KRAMER et al., 2015; IDE et al., 2013; KNAPIK et al., 2011).

Bacovis & Lohmann (2017) destacam que ao longo dos anos a qualidade da água dos corpos hídricos que cortam Curitiba e região metropolitana, na BH do Alto Iguaçu, apresentam perda progressiva de qualidade. Adicionalmente, os autores destacam que essa perda é mais expressiva nos afluentes da margem direita do rio Iguaçu, que recebem diretamente a influência do adensamento populacional. Contudo, nos afluentes da margem esquerda, é possível verificar menores índices de urbanização e, conseqüentemente, de poluição hídrica. Este último fato, ratifica o cenário geral de qualidade da água monitorado neste EIA, onde não há o atendimento dos VMP de DBO, mas ocorre o atendimento dos demais parâmetros monitorados.

Para o Trecho V, que corresponde aos pontos QA-08 a QA-01, há enquadramentos em ‘Classe Especial’ (pontos QA-07 e QA-08), ‘Classe um’ (pontos QA-02, QA-04, QA-05 e QA-06) e ‘Classe dois’ (pontos QA-01 e QA-03) de enquadramento. Da mesma forma que foi considerado no Trecho IV, os corpos hídricos de ‘Classe Especial’ serão analisados a partir dos critérios de enquadramento da ‘Classe um’, considerando sempre o atendimento pleno aos VMP.

Para o parâmetro de OD, na C-01, apenas os pontos QA-01 e QA-04 não atendem ao VMP previsto para a respectiva classe de enquadramento. Contudo, na C-02, o cenário geral piora, em que apenas os pontos QA-05, QA-07 e QA-01 atendem ao VMP previsto para a sua classe de enquadramento. A concentração média de OD neste trecho foi de  $6,03 \pm 1,12$  mg O<sub>2</sub>/L na C-01 e  $4,85 \pm 1,18$  mg O<sub>2</sub>/L na C-02, o que indica uma diminuição geral de OD nos corpos hídricos durante o período do ano menos chuvoso. O Gráfico 5-94 mostra as concentrações de OD medidas ao longo do Trecho V.

**Gráfico 5-94: Concentrações de OD nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**

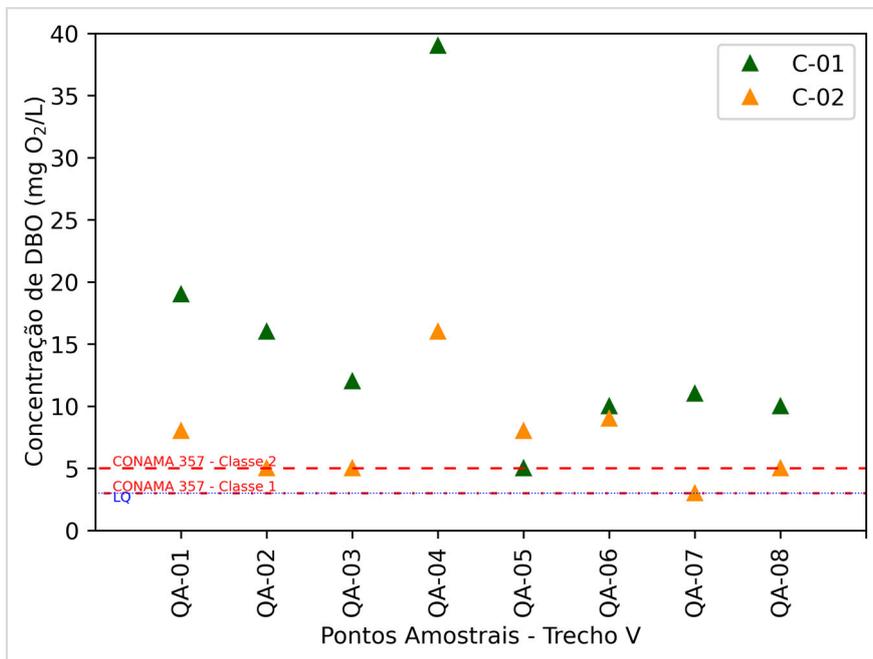


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Quando analisados os valores de DBO, apenas os pontos QA-07 e QA-03 na C-02 atende ao VMP previsto na sua classe de enquadramento, enquanto os demais pontos estão todos excedentes ao VMP. As concentrações médias medidas são de  $15,25 \pm 7,06$  mg O<sub>2</sub>/L na C-01 e  $7,38 \pm 2,88$  mg O<sub>2</sub>/L na C-02. Apesar dos valores médios serem intermediários, esse é o trecho da ferrovia que apresenta o pior cenário de não enquadramento dos corpos hídricos no parâmetro DBO, em que a maior concentração medida foi de 39 mg O<sub>2</sub>/L no ponto QA-04 (Classe um) na C-02. Esse cenário pode estar associado à evolução do uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica Litorânea, onde as regiões de vegetação vêm sendo gradativamente substituídas por ocupações humanas, que contribuem para a descarga inadequada de matéria orgânica *in natura* no meio ambiente.

O Gráfico 5-95 mostra as concentrações de DBO medidas ao longo do Trecho V.

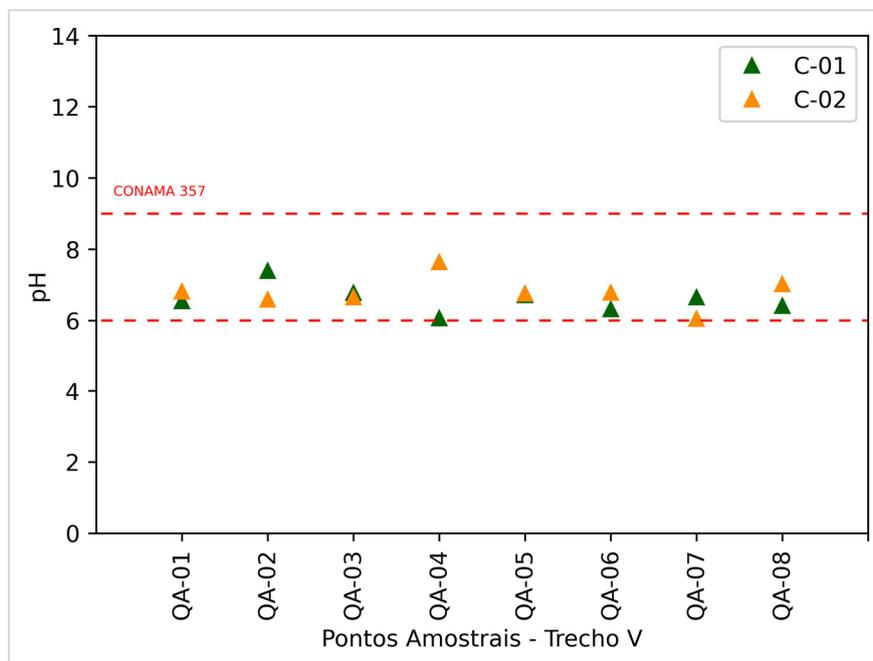
**Gráfico 5-95: Concentrações de DBO nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

Os valores de pH em todos os pontos monitorados no Trecho V nas coletas C-01 e C-02, atendem integralmente ao VMP previsto para as classes de enquadramento. Os valores médios foram de  $6,61 \pm 0,27$  na C-01 e  $6,79 \pm 0,28$  na C-02, indicando características gerais de neutralidade nos corpos hídricos deste trecho, além da baixa variabilidade sazonal. O Gráfico 5-96 mostra os valores de pH medidos ao longo do Trecho V.

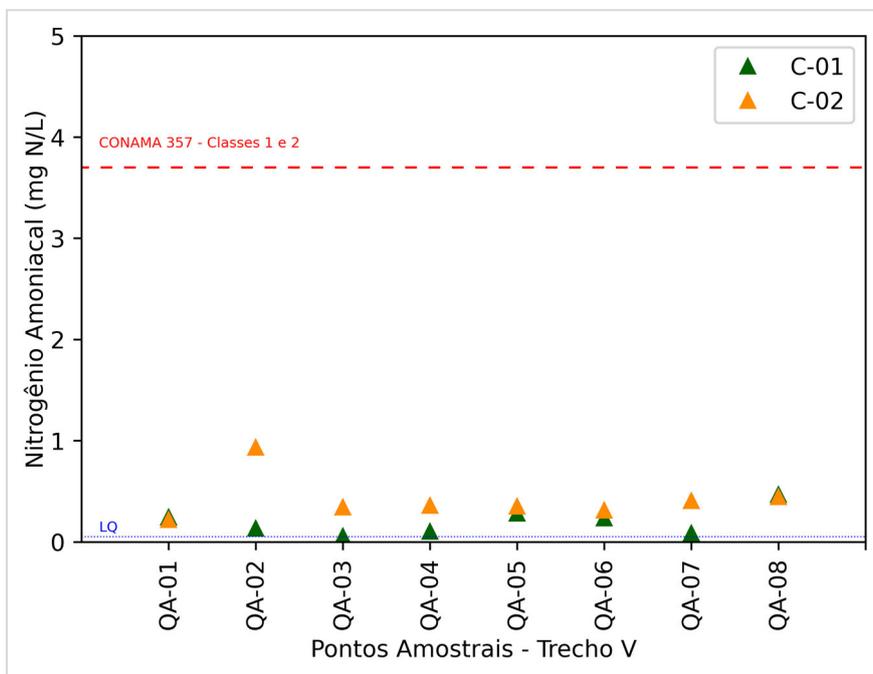
**Gráfico 5-96: Valores de pH nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

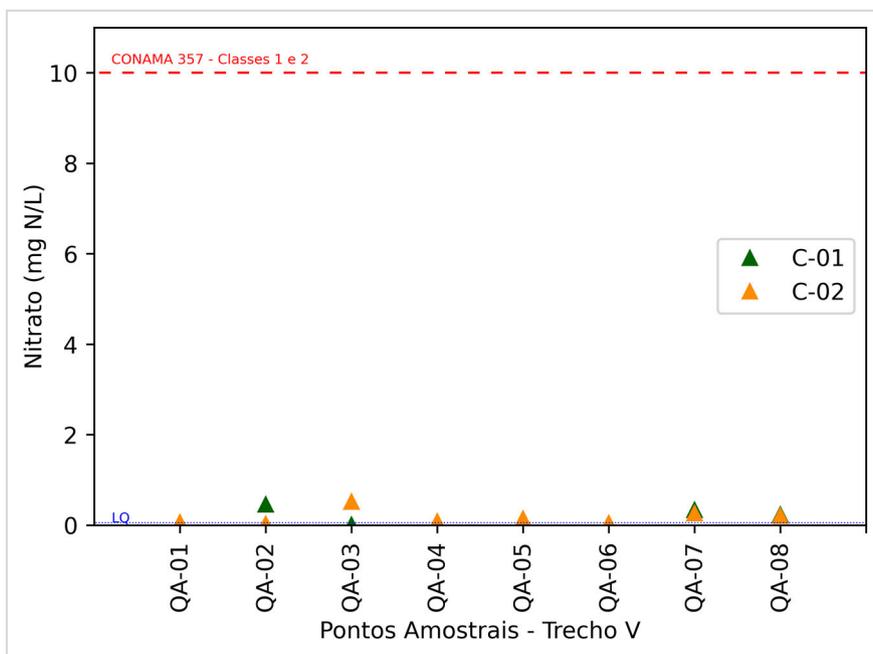
Considerando o valor médio de pH, é possível estabelecer que a forma ionizada de nitrogênio amoniacal presente é o  $\text{NH}_4^+$ , assim a verificação deste parâmetro ao enquadramento será feita considerando o VMP de nitrogênio amoniacal na faixa de  $\text{pH} < 7,5$ . As concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  medidas atendem ao VMP em 100% dos pontos de monitoramento em ambas as campanhas amostrais. Assim como no Trecho IV, as concentrações médias das duas frações de nitrogênio tiveram baixas concentrações:  $0,20 \pm 0,11$  mg N/L na C-01 e  $0,42 \pm 0,13$  mg N/L na C-02 para a fração de  $\text{N-NH}_4^+$ , e  $0,13 \pm 0,16$  mg N/L na C-01 e  $0,16 \pm 0,12$  mg N/L na C-02 para a fração de  $\text{N-NO}_3^-$ . Cabe destacar que na C-01 apenas três pontos (QA-02, QA-07 e QA-08) tiveram concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  acima do LQ. Similarmente, as concentrações de PT atenderam em 100% dos pontos monitorados o VMP previsto para as respectivas classes de enquadramento, tanto na C-01 quanto na C-02. As concentrações médias de PT também apresentam baixas concentrações medidas, com média de  $0,03 \pm 0,02$  mg/L na C-01 e  $0,04 \pm 0,02$  mg/L na C-02. O Gráfico 5-97, Gráfico 5-98, e o Gráfico 5-99 mostram as concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  e PT medidas ao longo do Trecho V.

**Gráfico 5-97: Concentrações de  $N-NH_4^+$  nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**



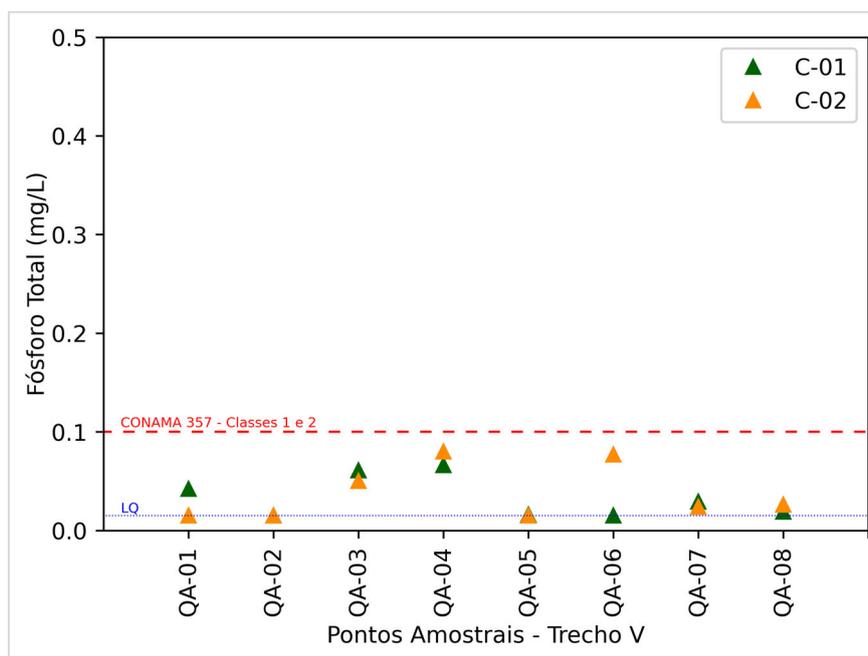
Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-98: Concentrações de  $N-NO_3^-$  nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

**Gráfico 5-99: Concentrações de PT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**

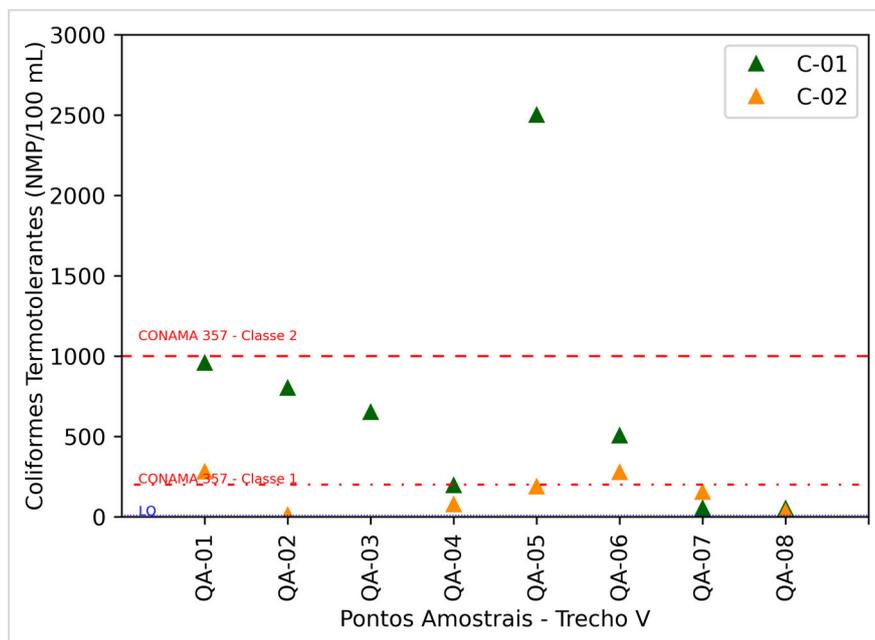


Fonte: Elaborado pela Fipe.

Assim como observado nos demais trechos, os valores de turbidez em todos os pontos monitorados, atendem ao VMP previsto nas respectivas classes de enquadramento. Os valores médios medidos foram de  $4,96 \pm 2,64$  NTU na C-01 e  $6,40 \pm 5,10$  NTU na C-02. Para o parâmetro de CT, na C-01 apenas os pontos QA-01, QA05 e QA06 excedem ao VMP previstos para a ‘Classe um’ de enquadramento. Na C-02, os pontos QA-06 e QA-03 não atendem ao previsto para as classes de enquadramento um e dois, respectivamente. Apesar do ponto QA-01 atender ao VMP para a ‘Classe dois’, os valores quantificados indicam alta presença de CT no corpo hídrico. Os corpos hídricos monitorados neste trecho, principalmente entre os pontos QA-06 e QA-01, apesar de estarem localizados na Bacia Hidrográfica Litorânea, que apresenta uma porção ainda preservada de Mata Atlântica, recebe influência de pequenos aglomerados humanos, em constante expansão e, possivelmente, com déficit no sistema de esgotamento sanitário, o que justifica a presença de CT nestes pontos.

O Gráfico 5-100 mostra as concentrações de CT medidas ao longo do Trecho V.

**Gráfico 5-100: Concentrações de CT nas Campanhas C-01 e C-02 - Trecho V**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

De maneira geral, considerando todos os parâmetros de qualidade da água previstos para o enquadramento dos corpos hídricos, os que tiveram menos porcentagem de atendimento ao enquadramento foram OD, variando entre 56 a 100% entre os trechos, DBO, variando entre zero a 83% entre os trechos, e CT, variando entre 44 a 88% entre os trechos, na C-01, e também na C-02, em que o OD varia entre 43 a 96% entre os trechos, DBO varia entre 29 a 100% entre os trechos e CT varia entre 50 a 96% entre os trechos.

A Tabela 5-75 mostra a porcentagem de pontos monitorados que atendem aos critérios de enquadramento previstos para cada classe correspondente, divididos entre os trechos da Nova Ferroeste.

**Tabela 5-75: Porcentagem de Pontos de Monitoramento Separados por Trechos que Atendem aos VMP das Classes de Enquadramento Correspondentes**

| Parâmetro                      | Trecho I |      | Trecho II |      | Trecho III |      | Trecho IV |      | Trecho V |      |
|--------------------------------|----------|------|-----------|------|------------|------|-----------|------|----------|------|
|                                | C-01     | C-02 | C-01      | C-02 | C-01       | C-02 | C-01      | C-02 | C-01     | C-02 |
| OD                             | 83%      | 50%  | 56%       | 50%  | 100%       | 67%  | 88%       | 96%  | 75%      | 43%  |
| DBO                            | 72%      | 94%  | 78%       | 75%  | 83%        | 100% | 13%       | 54%  | 0%       | 29%  |
| CT                             | 67%      | 89%  | 44%       | 50%  | 83%        | 83%  | 88%       | 96%  | 71%      | 75%  |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 94%      | 94%  | 89%       | 89%  | 100%       | 100% | 100%      | 100% | 100%     | 100% |

| Parâmetro                      | Trecho I |      | Trecho II |      | Trecho III |      | Trecho IV |      | Trecho V |      |
|--------------------------------|----------|------|-----------|------|------------|------|-----------|------|----------|------|
|                                | C-01     | C-02 | C-01      | C-02 | C-01       | C-02 | C-01      | C-02 | C-01     | C-02 |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 100%     | 100% | 100%      | 88%  | 100%       | 100% | 100%      | 100% | 100%     | 100% |
| PT                             | 94%      | 94%  | 89%       | 75%  | 100%       | 100% | 83%       | 88%  | 100%     | 100% |
| pH                             | 100%     | 94%  | 100%      | 75%  | 100%       | 83%  | 100%      | 88%  | 100%     | 100% |
| Turbidez                       | 100%     | 100% | 100%      | 100% | 100%       | 100% | 100%      | 96%  | 100%     | 100% |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

Este panorama geral indica que as principais fontes de poluição dos corpos hídricos ao longo de toda extensão da ADA, e possivelmente da AE, estão relacionados com a matéria orgânica (baixos índices de enquadramento para OD e DBO nas classes). A provável fonte de poluição considerando a presença de concentrações acima do VMP de CT, remete às contribuições por fontes pontuais de poluição, como esgoto sanitário advindas das áreas urbanas, por exemplo.

Adicionalmente, o trecho que apresenta o pior atendimento às classes de enquadramento, mesmo que mais restritivas que os demais trechos, é o Trecho V, associado às elevadas concentrações de DBO registradas em ambas as campanhas de monitoramento realizadas. Em seguida, o Trecho IV apresenta menores porcentagens de atendimento ao enquadramento, principalmente para os parâmetros OD, DBO e CT. Em ambos os trechos, a ocupação humana em áreas outrora preservadas, a pressão urbana em crescente expansão e a densa área urbana da Região Metropolitana de Curitiba refletem nos altos valores medidos desses poluentes. Os demais trechos monitorados, que contém menores adensamentos populacionais e mais áreas de agricultura e vegetação, possuem valores de atendimento ao enquadramento acima de 75%, sugerindo que nos Trechos I, II e III tem-se maior qualidade das águas.

Com relação à sazonalidade dos parâmetros de qualidade da água entre as campanhas C-01 e C-02, observou-se que para sete dos oito parâmetros analisados nos critérios de enquadramento, as maiores concentrações médias medidas foram durante a C-01 (maior índice pluviométrico), com exceção do parâmetro N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Tal comportamento reflete que períodos mais chuvosos tendem a carrear maior carga poluidora para dentro dos corpos hídricos do que em períodos menos chuvosos. Isso ocorre devido à lavagem de áreas superficiais impermeabilizadas e impulso na influência de fontes pontuais,

propagando os efeitos da poluição de áreas urbanas ao longo da extensão da bacia hidrográfica.

### 5.1.6.2.2.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Após a realização dos cálculos do IQA, os resultados em ambas as campanhas de monitoramento indicam uma variação da qualidade dos corpos hídricos entre ‘Regular’ ( $36 < IQA \leq 51$ ) e ‘Ótima’ ( $79 < IQA \leq 100$ ).

A Tabela 5-76 apresenta os valores de IQA calculados, bem como a respectiva classificação de qualidade, para os 65 pontos de monitoramento avaliados neste diagnóstico.

**Tabela 5-76: Valores e Classificação do IQA para os 65 Pontos de Monitoramento Analisados neste EIA nas Duas Campanhas Amostrais**

| Pontos amostrais | Trecho da Ferrovia | Coleta 01     |               | Coleta 02     |               |
|------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                  |                    | IQA calculado | Classificação | IQA calculado | Classificação |
| QA-65            | I                  | 64,64         | Boa           | 63,65         | Boa           |
| QA-64            | I                  | 66,89         | Boa           | 66,81         | Boa           |
| QA-63            | I                  | 68,71         | Boa           | 67,56         | Boa           |
| QA-62            | I                  | 65,52         | Boa           | 57,05         | Boa           |
| QA-61            | I                  | 66,03         | Boa           | 69,98         | Boa           |
| QA-60            | I                  | 77,87         | Boa           | 76,64         | Boa           |
| QA-59            | I                  | 68,09         | Boa           | 76,15         | Boa           |
| QA-58            | I                  | 77,47         | Boa           | 77,85         | Boa           |
| QA-57            | I                  | 59,11         | Boa           | 67,56         | Boa           |
| QA-56            | I                  | 51,76         | Boa           | 54,92         | Boa           |
| QA-55            | I                  | 53,63         | Boa           | 60,80         | Boa           |
| QA-54            | I                  | 78,43         | Boa           | 78,89         | Boa           |
| QA-53            | I                  | 67,19         | Boa           | 64,55         | Boa           |
| QA-52            | I                  | 54,48         | Boa           | 52,42         | Boa           |
| QA-51            | I                  | 66,98         | Boa           | 61,73         | Boa           |
| QA-50            | I                  | 65,44         | Boa           | 62,80         | Boa           |
| QA-49            | I                  | 49,17         | Regular       | 49,08         | Regular       |
| QA-48            | I                  | 68,04         | Boa           | 69,25         | Boa           |
| QA-47            | II                 | 68,81         | Boa           | 50,26         | Regular       |
| QA-46            | II                 | 67,30         | Boa           | 48,49         | Regular       |
| QA-45            | II                 | 67,91         | Boa           | 63,00         | Boa           |
| QA-44            | II                 | 46,66         | Regular       | 45,88         | Regular       |

| Pontos amostrais | Trecho da Ferrovia | Coleta 01     |               | Coleta 02     |               |
|------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                  |                    | IQA calculado | Classificação | IQA calculado | Classificação |
| QA-43            | II                 | 63,21         | Boa           | 59,98         | Boa           |
| QA-42            | II                 | 74,49         | Boa           | -             | -             |
| QA-41            | II                 | 59,55         | Boa           | 64,67         | Boa           |
| QA-40            | II                 | 73,07         | Boa           | 52,39         | Boa           |
| QA-39            | II                 | 71,00         | Boa           | 59,25         | Boa           |
| QA-38            | III                | 72,22         | Boa           | 54,17         | Boa           |
| QA-37            | III                | 70,97         | Boa           | 56,45         | Boa           |
| QA-36            | III                | 71,50         | Boa           | 66,89         | Boa           |
| QA-35            | III                | 58,88         | Boa           | 60,39         | Boa           |
| QA-34            | III                | 73,21         | Boa           | 68,02         | Boa           |
| QA-33            | III                | 67,43         | Boa           | 59,66         | Boa           |
| QA-32            | IV                 | 68,52         | Boa           | 60,60         | Boa           |
| QA-31            | IV                 | 71,22         | Boa           | 60,73         | Boa           |
| QA-30            | IV                 | 70,79         | Boa           | 63,81         | Boa           |
| QA-29            | IV                 | 73,32         | Boa           | 62,26         | Boa           |
| QA-28            | IV                 | 77,66         | Boa           | 62,68         | Boa           |
| QA-27            | IV                 | 74,00         | Boa           | 69,66         | Boa           |
| QA-26            | IV                 | 78,58         | Boa           | 65,80         | Boa           |
| QA-25            | IV                 | 69,61         | Boa           | 56,33         | Boa           |
| QA-24            | IV                 | 76,89         | Boa           | 42,97         | Regular       |
| QA-23            | IV                 | 80,85         | Ótima         | 61,62         | Boa           |
| QA-22            | IV                 | 70,29         | Boa           | 58,32         | Boa           |
| QA-21            | IV                 | 66,83         | Boa           | 59,51         | Boa           |
| QA-20            | IV                 | 69,10         | Boa           | 64,68         | Boa           |
| QA-19            | IV                 | 61,16         | Boa           | 66,15         | Boa           |
| QA-18            | IV                 | 64,87         | Boa           | 48,12         | Regular       |
| QA-17            | IV                 | 64,14         | Boa           | 60,39         | Boa           |
| QA-16            | IV                 | 70,59         | Boa           | 59,06         | Boa           |
| QA-15            | IV                 | 40,83         | Regular       | 45,17         | Regular       |
| QA-14            | IV                 | 66,82         | Boa           | 63,01         | Boa           |
| QA-13            | IV                 | 47,50         | Regular       | 46,84         | Regular       |
| QA-12            | IV                 | 65,73         | Boa           | 60,17         | Boa           |
| QA-11            | IV                 | 64,65         | Boa           | 67,57         | Boa           |
| QA-10            | IV                 | 73,16         | Boa           | 71,43         | Boa           |
| QA-09            | IV                 | 69,93         | Boa           | 70,03         | Boa           |
| QA-08            | V                  | 79,04         | Ótima         | 60,32         | Boa           |
| QA-07            | V                  | 78,95         | Boa           | 68,77         | Boa           |
| QA-06            | V                  | 72,24         | Boa           | 54,22         | Boa           |

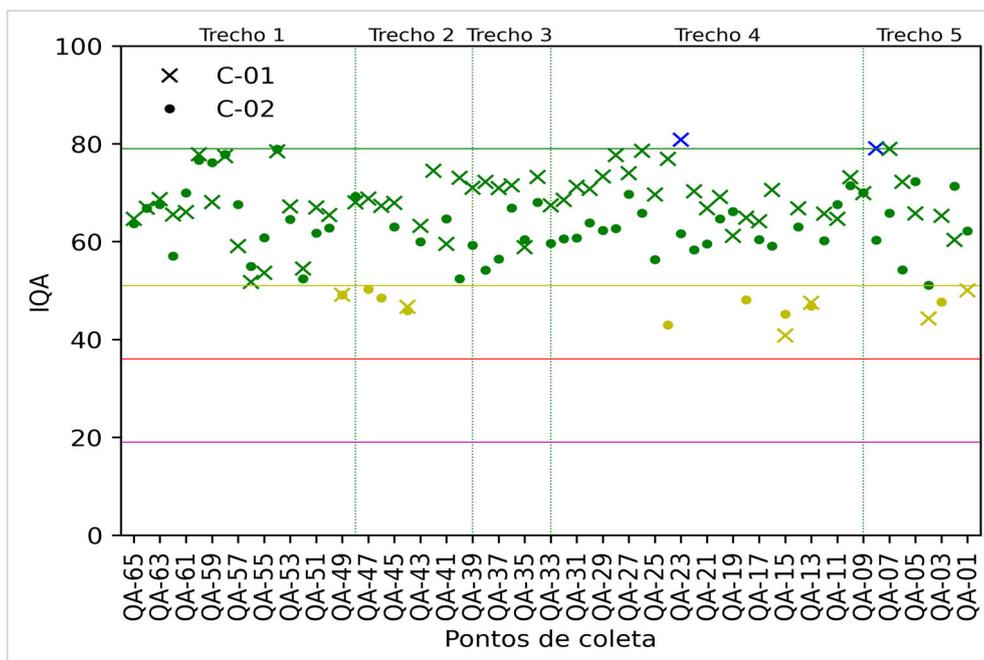
| Pontos amostrais | Trecho da Ferrovia | Coleta 01     |               | Coleta 02     |               |
|------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                  |                    | IQA calculado | Classificação | IQA calculado | Classificação |
| QA-05            | V                  | 65,74         | Boa           | 72,30         | Boa           |
| QA-04            | V                  | 44,30         | Regular       | 51,06         | Boa           |
| QA-03            | V                  | 65,26         | Boa           | 47,65         | Regular       |
| QA-02            | V                  | 60,34         | Boa           | 71,31         | Boa           |
| QA-01            | V                  | 50,02         | Regular       | 62,18         | Boa           |

Fonte: Elaborado pela Fipe.

A classificação do IQA indica que a maioria dos corpos hídricos analisados apresenta boa qualidade da água (85%), corroborando com o observado diante dos critérios de enquadramento. As diferenças que existem nas classificações entre as campanhas de monitoramento, podem estar associadas à variação sazonal. Períodos mais chuvosos podem contribuir com os efeitos de diluição dos poluentes em um sistema hídrico, da mesma forma que, na ausência de chuvas, o efeito da diluição fica comprometido, favorecendo então os efeitos de concentração do poluente. De toda forma, a variação de classificação entre as campanhas de monitoramento, não indicam perda de qualidade. No estudo desenvolvido por Almeida et al. (2017) constatou-se que os cálculos realizados do IQA, fazendo a diferenciação pela sazonalidade não ocasionou grandes efeitos na classificação dos pontos de monitoramento estudados, que neste caso foi ao longo do Rio Iguaçu, no estado do Paraná.

O Gráfico 5-101 mostra a distribuição dos valores de IQA ao longo de todo o traçado da Nova Ferroeste.

**Gráfico 5-101: Distribuição dos Valores de IQA ao Longo do Traçado da Nova Ferroeste**



Fonte: Elaborado pela Fipe.

É possível perceber que a maior classificação dos corpos hídricos ao longo de todo o trecho da ferrovia foi classe “Boa”, em que na C-01 são 86% dos pontos de monitoramento e na C-02 são 83%. Não houve nenhum corpo hídrico, em nenhuma das campanhas, classificado abaixo da qualidade “Ruim”. As piores classificações são da qualidade “Regular”, principalmente no Trecho V que recebe influência das atividades portuárias, no Trecho IV que recebe a influência da área urbana do município de Curitiba e região metropolitana e no Trecho II na porção que recebe influência da área urbana do município de Medianeira. Durante a C-01, os pontos QA-08 e QA-23 foram classificados com qualidade “Ótima”, que representam a drenagem de uma área de mais preservação ao longo do traçado da ferrovia.

Os estudos que apresentam a avaliação do IQA nas bacias hidrográficas que interceptam a Nova Ferroeste indicam, ao longo do tempo, boa qualidade das águas superficiais, corroborando com o apresentado neste EIA, com exceção para o Trecho IV que corta a BH do Alto Iguaçu. Bacovis & Lohmann (2017) destacam que durante 1987 a 2012, na maior parte do tempo média de IQA variando entre razoável e ruim.

Outros estudos que ratificam o observado no cálculo do IQA neste EIA são: (i) O diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Alto Ivaí mostra que o IQA ao longo do tempo (1989-2009) apresentou classificação variando entre “Ruim” a “Boa” (CBH-ALTO IVAÍ, 2012); (ii) O Diagnóstico do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi mostra um panorama geral em que predomina a classificação de “BOA” qualidade da água (SEMA, 2009); (iii) O diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Baixo Iguaçu mostra que o IQA ao longo do tempo (1987-2010) apresentou classificação variando entre “Regular” a “BOA” (CBH-BAIXO IGUAÇU, 2012). Isso indica que a variação verificada no cálculo do IQA neste EIA apresentou boa reprodutibilidade considerando o já observado ao longo do tempo nas BH do Paraná.

Para os corpos hídricos de Mato Grosso do Sul, o relatório de qualidade das águas superficiais do estado destaca que a qualidade das águas na BH do Rio Ivinhema apresentou variação da classificação do IQA entre “Ótima” (5% das campanhas), “Boa” (86% das campanhas), “Regular” (8% das campanhas) e “Ruim” (1% das campanhas) durante o monitoramento nos anos de 2018 e 2019 (MATO GROSSO DO SUL, 2020). Em detalhe, o rio Dourados (QA-63) e o rio Santa Maria (QA-64) mantiveram-se na maior parte do tempo na classificação do IQA como “Boa” em seus trechos monitorados. Da mesma forma, o monitoramento dos corpos hídricos na BH do Rio Amambaí, apesar de recente (início em julho de 2019), apresentou classificação do IQA variando entre “Ótima” (14% das campanhas), “Boa” (72% das campanhas) e “Regular” (14% das campanhas) (MATO GROSSO DO SUL, 2020).

Em suma, os cursos d’água analisados ao longo do traçado da ferrovia apresentam boa qualidade da água e bom atendimento aos critérios de enquadramento previstos na Resolução Conama nº 357/2005.