

**ESTUDOS AMBIENTAIS DO  
PROJETO SALOBO  
ESCALA 24 MTPA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

**VOLUME I**

*Elaborado para:*

*SALOBO METAIS S.A. - SMSA  
Belo Horizonte - MG*

*Elaborado por:*

*GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
Belo Horizonte - MG*

Distribuição:

01 Cópia – Salobo Metais S.A. - SMSA

01 Cópia – Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Julho, 2004

RT-039-5130-1310-0058-00-B

**ESTUDOS AMBIENTAIS DO  
PROJETO SALOBO  
ESCALA 24 MTPA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

**VOLUME II**

*Elaborado para:*

*SALOBO METAIS S.A. - SMSA  
Belo Horizonte - MG*

*Elaborado por:*

*GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
Belo Horizonte - MG*

Distribuição:

01 Cópia – Salobo Metais S.A. - SMSA

01 Cópia – Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Julho, 2004

RT-039-5130-1310-0058-00-B

**ESTUDOS AMBIENTAIS DO  
PROJETO SALOBO  
ESCALA 24 MTPA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

**VOLUME III**

*Elaborado para:*

*SALOBO METAIS S.A. - SMSA  
Belo Horizonte - MG*

*Elaborado por:*

*GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
Belo Horizonte - MG*

Distribuição:

01 Cópia – Salobo Metais S.A. - SMSA

01 Cópia – Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Julho, 2004

RT-039-5130-1310-0058-00-B

**ESTUDOS AMBIENTAIS DO  
PROJETO SALOBO  
ESCALA 24 MTPA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

**VOLUME IV**

*Elaborado para:*

*SALOBO METAIS S.A. - SMSA  
Belo Horizonte - MG*

*Elaborado por:*

*GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
Belo Horizonte - MG*

Distribuição:

01 Cópia – Salobo Metais S.A. - SMSA

01 Cópia – Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Julho, 2004

RT-039-5130-1310-0058-00-B

**ESTUDOS AMBIENTAIS DO  
PROJETO SALOBO  
ESCALA 24 MTPA**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

**VOLUME V**

*Elaborado para:*

*SALOBO METAIS S.A. - SMSA  
Belo Horizonte - MG*

*Elaborado por:*

*GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
Belo Horizonte - MG*

Distribuição:

01 Cópia – Salobo Metais S.A. - SMSA

01 Cópia – Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Julho, 2004

RT-039-5130-1310-0058-00-B

**Golder Associates**

## APRESENTAÇÃO

Em atendimento ao Ofício nº 03/2004 CGLIC/DILIQ/IBAMA, foi apresentado ao IBAMA, em 06 de abril de 2004, o novo Plano Diretor do Projeto Salobo, de acordo com a conformação estabelecida pelo Estudo de Viabilidade Final, enfatizando as soluções para as demandas especificadas no referido Ofício, quais sejam:

- redução da área diretamente afetada pela Barragem de Finos II para 106ha, sendo que, na concepção em análise pelo IBAMA, estava prevista uma supressão florestal de 280 ha para sua construção;
- mudança da barragem de rejeitos para o Vale do Igarapé Mirim, que possibilitaria a relocação das pilhas de minério/estéril para liberar a calha do igarapé Salobo;
- supressão do túnel ligando o igarapé Mano ao igarapé Mirim, por intermédio da grota Mickey.

Essas solicitações resultaram da análise dos documentos apresentados pela Salobo Metais S.A., para atender aos procedimentos relativos à solicitação da Licença de Instalação do empreendimento e posterior visita técnica da equipe do IBAMA à área do Projeto em 16/12/2003.

Como resultado desse processo, a Salobo Metais S.A. recebeu em 03 de abril de 2004 o Ofício nº 327/2004 GLIC/DILIQ/IBAMA, requerendo o projeto detalhado e a apresentação de um novo estudo ambiental contemplando as modificações apresentadas ao IBAMA

Nesse contexto, a Golder Associates Brasil foi contratada pela Salobo Metais S. A. para elaboração dos Estudos Ambientais, com vistas à obtenção da Licença de Instalação. Para tanto, foi elaborado o presente relatório de Diagnóstico Ambiental que integra os referidos Estudos Ambientais do Projeto Salobo.

## SUMÁRIO

### VOLUME I

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>01</b> |
| <b>2.</b>  | <b>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....</b>                                    | <b>03</b> |
| <b>3.</b>  | <b>IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS .....</b>           | <b>04</b> |
| <b>4.</b>  | <b>CONTEXTO E LOCALIZAÇÃO DO PROJETO.....</b>                                | <b>05</b> |
| <b>5.</b>  | <b>EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO E HISTÓRICO DO<br/>EMPREENHIMENTO.....</b> | <b>09</b> |
| 5.1        | Evolução da Ocupação da Região.....  | 09        |
| 5.2        | Histórico do Empreendimento .....  | 13        |
| <b>6.</b>  | <b>LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....</b>  | <b>16</b> |
| 6.1        | Competência para Legislar sobre Meio Ambiente.....                           | 16        |
| 6.2        | Legislação Federal .....   | 17        |
| 6.2.1      | Constituição Federal .....   | 17        |
| 6.2.2      | Política Nacional do Meio Ambiente – Licenciamento Ambiental .....           | 18        |
| 6.2.3      | Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA .....              | 20        |
| 6.2.4      | Legislação Especial de Proteção aos Recursos Naturais .....                  | 23        |
| 6.2.4.1    | Proteção à Flora .....   | 23        |
| 6.2.4.2    | Florestas Nacionais .....  | 24        |
| 6.2.4.3    | Proteção à Fauna e à Pesca .....   | 25        |
| 6.2.4.4    | Recursos Minerais.....   | 25        |
| 6.2.4.5    | Recursos Hídricos .....  | 26        |
| 6.3        | Legislação Ambiental do Estado do Pará .....                                 | 28        |
| 6.3.1      | Constituição Estadual.....   | 28        |
| 6.3.2      | Política Estadual do Meio Ambiente .....                                     | 28        |
| 6.3.3      | Política Estadual de Recursos Hídricos .....                                 | 29        |
| <b>7.</b>  | <b>DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS AMBIENTAIS.....</b>         | <b>30</b> |
| 7.1        | Meios Físico e Biótico .....   | 30        |
| 7.2        | Meio Antrópico .....   | 32        |
| <b>8.</b>  | <b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....</b>  | <b>34</b> |
| <b>8.1</b> | <b>ESTUDOS DO MEIO FÍSICO .....</b>  | <b>34</b> |
| 8.1.1      | Metodologia Geral de Trabalho .....  | 35        |
| 8.1.2      | Clima e Meteorologia .....   | 36        |
| 8.1.2.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 36        |
| 8.1.2.2    | Caracterização Climática Regional.....                                       | 38        |
| 8.1.2.3    | Caracterização Climática da Área de Estudo da Unidade<br>Minerária.....      | 43        |
| 8.1.2.4    | Estudos de Chuvas Intensas .....   | 49        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 8.1.3      | Geologia.....  | 51         |
| 8.1.3.1    | Aspectos da Geologia Regional .....  | 52         |
| 8.1.3.2    | Caracterização Geológica da Área de Estudo da<br>Unidade Minerária .....           | 57         |
| 8.1.3.3    | Caracterização Geológica do Depósito Salobo.....                                   | 60         |
| 8.1.3.4    | Geologia Estrutural e Metamorfismo da Área de Estudo<br>da Unidade Minerária ..... | 61         |
| 8.1.4      | Pedologia.....   | 63         |
| 8.1.4.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 63         |
| 8.1.4.2    | Classes de Solos Identificadas na Área de Estudo da<br>Unidade Minerária .....     | 65         |
| 8.1.5      | Geomorfologia .....  | 68         |
| 8.1.5.1    | Caracterização Geomorfológica Regional .....                                       | 68         |
| 8.1.5.2    | Caracterização Geomorfológica da Área de Estudo da<br>Unidade Minerária .....      | 70         |
| 8.1.5.3    | Considerações Gerais.....  | 75         |
| 8.1.6      | Hidrologia Superficial.....  | 75         |
| 8.1.6.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 75         |
| 8.1.6.2    | Caracterização Hidrológica Regional .....  | 76         |
| 8.1.6.3    | Caracterização Hidrológica da Área de Estudo da Unidade<br>Minerária.....          | 78         |
| 8.1.7      | Hidrogeologia .....  | 84         |
| 8.1.7.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 84         |
| 8.1.7.2    | Caracterização Hidrogeológica da Área de Estudo da<br>Unidade Minerária .....      | 87         |
| 8.1.8      | Qualidade das Águas Superficiais .....   | 104        |
| 8.1.8.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 104        |
| 8.1.8.2    | Caracterização Regional da Qualidade das Águas<br>Superficiais .....               | 108        |
| 8.1.8.3    | As Águas Superficiais da Área de Estudo da<br>Unidade de Minerária .....           | 109        |
| 8.1.8.4    | A Qualidade das Águas da Área da Rodovia e<br>da Linha de Transmissão .....        | 119        |
| 8.1.8.5    | Considerações Finais .....   | 120        |
| 8.1.9      | Qualidade das Águas Subterrâneas.....  | 120        |
| 8.1.9.1    | Procedimentos Metodológicos.....   | 121        |
| 8.1.9.2    | A Qualidade das Águas Subterrâneas da Área<br>de Estudo da Unidade Minerária.....  | 123        |
| 8.1.10     | Avaliação Acústica .....   | 130        |
| 8.1.10.1   | Procedimentos Metodológicos.....   | 130        |
| 8.1.10.2   | Resultados Obtidos .....   | 133        |
| 8.1.11     | Qualidade do Ar .....  | 134        |
| 8.1.11.1   | Procedimentos Metodológicos.....   | 134        |
| 8.1.11.2   | Resultados Obtidos .....   | 137        |
| <b>8.2</b> | <b>ESTUDOS DO MEIO BIÓTICO.....</b>  | <b>140</b> |
| 8.2.1      | Síntese Metodológica.....  | 141        |
| 8.2.1.1    | Metodologia Geral .....  | 140        |
| 8.2.1.2    | Procedimentos Metodológicos Específicos .....                                      | 142        |
| 8.2.2      | Unidades de Conservação .....  | 154        |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 8.2.2.1 | A Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri .....   | 155 |
| 8.2.2.2 | A Floresta Nacional de Carajás.....  | 159 |
| 8.2.2.3 | A Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado<br>APA do Gelado .....                    | 162 |
| 8.2.2.4 | A Reserva Biológica do Tapirapé .....  | 163 |
| 8.2.3   | Flora e Vegetação .....  | 163 |
| 8.2.3.1 | Estado Atual de Conhecimento sobre a Vegetação<br>Regional .....                         | 163 |
| 8.2.3.2 | Cobertura Vegetal da Área de Estudo da Unidade<br>Minerária.....                         | 166 |
| 8.2.3.3 | Aspectos Florísticos das Áreas Destinadas às Principais<br>Estruturas da Mineração ..... | 172 |
| 8.2.3.4 | Espécies Vegetais de Interesse.....  | 178 |
| 8.2.3.5 | Banco Genético .....   | 181 |
| 8.2.3.6 | Cobertura Vegetal de Área da Estrada e Linha<br>de Transmissão.....                      | 183 |
| 8.2.4   | Entomofauna .....  | 185 |
| 8.2.4.1 | Caracterização da Entomofauna Regional .....   | 185 |
| 8.2.4.2 | Epidemiologia e Vetores.....   | 186 |
| 8.2.4.3 | Indicadores Epidemiológicos.....   | 188 |
| 8.2.5   | Ictiofauna .....   | 189 |
| 8.2.5.1 | Aspectos Hidrográficos de Interesse ao Estudo da<br>Ictiofauna .....                     | 189 |
| 8.2.5.2 | Características da Ictiofauna da Área de Estudo da<br>Unidade Minerária .....            | 191 |
| 8.2.5.3 | Espécies de Valor Comercial, Migradoras e Ameaçadas<br>de Extinção .....                 | 203 |
| 8.2.6   | Herpetofauna.....  | 204 |
| 8.2.6.1 | Caracterização da Herpetofauna Regional.....   | 204 |
| 8.2.6.2 | Herpetofauna da Área de Estudo da Unidade Minerária .....                                | 205 |
| 8.2.6.3 | Espécies Citadas como Espécies Ameaçadas de Extinção ...                                 | 208 |
| 8.2.6.4 | Herpetofauna das Áreas da Estrada e Linha<br>de Transmissão.....                         | 209 |
| 8.2.7   | Avifauna.....  | 209 |
| 8.2.7.1 | Caracterização da Avifauna Regional.....   | 209 |
| 8.2.7.2 | Avifauna da Área de Estudo da Unidade Minerária .....                                    | 211 |
| 8.2.7.3 | Usos dos Ambientes pela Avifauna .....   | 215 |
| 8.2.7.4 | Avifauna das Áreas da Estrada e Linha de Transmissão .....                               | 219 |
| 8.2.8   | Mastofauna.....  | 220 |
| 8.2.8.1 | Caracterização da Mastofauna Regional.....   | 221 |
| 8.2.8.2 | Mastofauna na Área de Estudo da Unidade Minerária .....                                  | 223 |
| 8.2.9   | Aspectos Limnológicos.....   | 226 |
| 8.2.9.1 | Limnologia da Área de Estudo da Unidade Minerária .....                                  | 226 |
| 8.2.9.2 | Limnologia das Áreas da Estrada e Linha de Transmissão .....                             | 228 |

**VOLUME II**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>8.3</b> | <b>MEIO ANTRÓPICO .....</b>                               | <b>230</b> |
| 8.3.1      | Procedimentos Metodológicos .....                         | 230        |
| 8.3.2      | Área de Influência Indireta-AII .....                     | 234        |
| 8.3.2.1    | Formação Histórica e Econômica .....                      | 235        |
| 8.3.2.2    | Dinâmica Demográfica .....                                | 239        |
| 8.3.2.3    | Índice de Desenvolvimento Humano-IDH .....                | 246        |
| 8.3.3      | Área de Influência Direta-AID .....                       | 248        |
| 8.3.3.1    | Município de Marabá.....                                  | 250        |
| 8.3.3.1.1  | Organização Físico-Espacial.....                          | 250        |
| 8.3.3.1.2  | Infra-Estrutura Social.....                               | 252        |
| 8.3.3.1.3  | Infra-Estrutura Econômica.....                            | 263        |
| 8.3.3.1.4  | Organização Sócio-Política.....                           | 276        |
| 8.3.3.2    | Município de Parauapebas .....                            | 278        |
| 8.3.3.2.1  | Organização Físico-Espacial.....                          | 278        |
| 8.3.3.2.2  | Infra-Estrutura Social.....                               | 278        |
| 8.3.3.2.3  | Infra-Estrutura Econômica.....                            | 288        |
| 8.3.3.2.4  | Organização Sócio-Política.....                           | 295        |
| 8.3.4      | Área Diretamente Afetada-ADA .....                        | 296        |
| 8.3.4.1    | Área de Inserção da Unidade Minerária .....               | 297        |
| 8.3.4.2    | Via de Acesso e Linha de Transmissão .....                | 299        |
| 8.3.5      | Arqueologia, História e Etnohistória .....                | 312        |
| 8.3.5.1    | Etnohistória da Região .....                              | 312        |
| 8.3.5.2    | Dados Arqueológicos Regionais.....                        | 324        |
| 8.3.5.3    | Patrimônio Arqueológico da Região do Projeto Salobo ..... | 325        |
| <b>9.</b>  | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                    | <b>331</b> |
| <b>9.1</b> | <b>DOCUMENTOS TÉCNICOS DO PROJETO SALOBO.....</b>         | <b>331</b> |
| <b>9.2</b> | <b>BIBLIOGRAFIA POR ÁREA TEMÁTICA.....</b>                | <b>332</b> |

**ANEXOS****I DESENHOS**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| D2-039-5130-1310-0023 | Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico da Unidade Minerária              |
| D2-039-5130-1310-0024 | Áreas de Influência dos Meios Físico e Biótico da Estrada e Linha de Transmissão |
| D2-039-5130-1310-0027 | Mapa Geológico da Área de Estudo da Unidade Minerária                            |
| D2-039-5130-1310-0028 | Mapa Pedológico da Área de Estudo da Unidade Minerária                           |
| D2-039-5130-1310-0029 | Mapa Geomorfológico da Área de Estudo da Unidade Minerária                       |
| D2-039-5130-1310-0030 | Monitoramento Hidrométrico da Área de Estudo da Unidade Minerária                |
| D2-039-5130-1310-0031 | Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais                                |
| D2-039-5130-1310-0032 | Pontos de Amostragem Faunística  |

- D2-039-5130-1310-0033 Mapa de Cobertura Vegetal da Área de Estudo da Unidade Minerária
- D2-039-5130-1310-0059 Cadastro de Nascentes da Área de Estudo da Unidade Minerária

## **II DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA**

### **VOLUME III**

#### **III LEGISLAÇÃO APLICÁVEL**

#### **IV CLIMATOLOGIA**

- Normais Climatológicas - INMET
- Boletins da Estação Climatológica 3 Alfa
- Boletins das Estações Climatológicas da ANA
- Dados das Estações Climatológicas/Pluviométricas da CVRD em Carajás

#### **V PEDOLOGIA**

- Perfis de Solos Amostrados na Área de Estudo da Unidade Minerária

### **VOLUME IV**

#### **VI HIDROLOGIA**

- Relatórios de Instalação de Réguas Linimétricas
- Relatórios de Instalação de Vertedouros
- Boletins de Medição de Vazões nas Estações de Monitoramento Hidrológico

#### **VII HIDROGEOLOGIA**

- Perfis Esquemáticos Piezométricos e Geológicos
- Ensaio de Bombeamento em Poços Tubulares
- Leituras Piezométricas

#### **VIII QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

- Boletins da 1ª Campanha
- Boletins da 2ª Campanha

### **VOLUME V**

#### **IX QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

- Boletins da 1ª Campanha
- Boletins da 2ª Campanha
- Gráficos de Avaliação dos Elementos Maiores Analisados, segundo Schoeller e Stiff

#### **X AVALIAÇÃO ACÚSTICA**

- Gráficos de Amostragem / Distribuição Cumulativa e Distribuição Probabilística

**XI QUALIDADE DO AR**

Boletins de Análise  
Boletins de Calibração  
Boletins de Condições Climáticas

**XII FLORA E VEGETAÇÃO**

Tabela 1 - Relação de Espécies Presentes na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo  
Tabela 2 - Espécies Vegetais Amostradas na Área da Cava  
Tabela 3 - Espécies Amostradas no Estrato Herbáceo-Arbustivo da Área da Cava  
Tabela 4 - Espécies Amostradas na Área da Pilha de Estéril  
Tabela 5 - Espécies Amostradas no Estrato Herbáceo-Arbustivo da Área da Pilha de Estéril  
Tabela 6 - Espécies Amostradas na Área da Barragem de Rejeito  
Tabela 7 - Espécies Amostradas no Estrato Herbáceo-Arbustivo da Área da Barragem de Rejeito  
Tabela 8 - Espécies Amostradas na Área da Barragem de Finos  
Tabela 9 - Espécies Amostradas no Estrato Herbáceo da Área da Barragem de Finos

**XIII ICTIOFAUNA**

Tabela 1 - Lista das Espécies Capturadas na Região de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo  
Tabela 2 - Lista das Espécies de Peixes do Baixo Rio Tocantins (Santos *et. al*, 1984), Coletadas na Bacia do Rio Itacaiúnas e que Constam no NEODAT, e Espécies Coletadas no Presente Estudo.  
Tabela 3 - Exemplos Capturados na Bacia do Rio Itacaiúnas, e Depositados em Museus Associados ao Projeto NEODAT.  
Tabela 4 - Exemplos Capturados na Bacia do Rio Itacaiúnas durante os Estudos Ambientais para o Projeto Salobo e Depositados em Museus Associados ao Projeto NEODAT.  
Tabela 5 - Frequência das Capturas das Espécies por Área de Coleta  
Tabela 6 - Tipo Predominante de Dieta das Espécies de Médio e Grande Porte Capturadas na Região de Influência do Projeto Salobo.  
Tabela 6 - Exemplos Capturados na Bacia do rio Itacaiúnas Durante os Estudos Ambientais para Salobo e Depositados em Museus Associados ao Projeto NEODAT

Figuras 1 a 37

**XIV HERPETOFAUNA**

Tabela 1 - Espécies da Herpetofauna Registradas na Região de Carajás

**XV AVIFAUNA**

Tabela 1 - Espécies de Aves Registradas na Região do Projeto Salobo, Campanha de Setembro/Outubro de 2003  
Tabela 2 - Espécies de Aves Registradas na Região do Projeto Salobo, nos Anos de 1998 e 2003  
Tabela 3 - Espécies de Aves Registradas pelo Museu Paraense Emílio Goeldi entre os Anos de 1983 a 1986 na Floresta Nacional de Carajás

**XVI MASTOFAUNA**

Tabela 1 - Lista das Espécies de Mamíferos da Amazônia Brasileira

**XVII SAÚDE PÚBLICA**

- Tabela 1 - Número de Internações por Nível de Gestão, segundo o local de Residência do Paciente (LR) e Localização do Hospital (LI)
- Tabela 2 - Número e Proporção de Óbitos por Residência e ano do Óbito, segundo a Causa – Capítulos do CID – 10
- Tabela 4 - Proporção dos Principais Diagnósticos do Total de Causas de Mortes, por Ano e Residência
- Tabela 5 - Número e Proporção de Óbitos por Doenças Transmissíveis, por Ano e Local de Residência
- Tabela 5 A - Número e Proporção de Óbitos por Residência e Ano do Óbito, segundo a Causa – Capítulos do CID-10
- Tabela 6 - Proporção de Óbitos por causas Externas, Ano e Local de Residência
- Tabela 7 - Número e Proporção dos Óbitos segundo a Assistência Médica, por Ano e Local de Residência
- Tabela 8 - Taca de Óbitos por Causas Evitáveis, Ano e Residência
- Tabela 9 - Proporção de Internações por Local de Internação (LI) e de Residência (LR) Excluídos os Partos
- Tabela 9 A - Número de Internações por Nível de Gestão, Segundo o Local de Residência do Paciente (LR) e Localização do Hospital (LI)
- Tabela 10 - Número e Proporção de Internações por Local de Internação (LI) e de Residência (LR)
- Tabela 10A - Proporção das Internações por Nível de Gestão, segundo o Local de Residência do Paciente (LR) e Localização do Hospital (LI)
- Tabela 11 - Número e Proporção de Internações por Local de Internação (LI) e de Residência (LR) Excluídos os Partos
- Tabela 12 - Número de Internações no Município de Marabá
- Tabela 13 - Notificações de Doenças e Agravos
- Tabela 14 - Equipamentos Assistenciais de Saúde no Município de Marabá
- Tabela 14 A- Número de Internações no Município de Parauapebas
- Tabela 15 - Unidades de Serviços Ambulatoriais por Município
- Tabela 16 - Número de Procedimentos Ambulatoriais por Habitante
- Tabela 16 A- Serviços Assistenciais de Saúde do Município
- Tabela 17 - Número de Hospitais e Natureza do Prestador
- Tabela 18 - Número de Hospitais, Leitos por Especialidade e Natureza do Prestador
- Tabela 19 - Produção Ambulatorial e Número de Procedimentos por Habitante
- Tabela 20 - Valores e Proporção dos Recursos do Ministério da Saúde Repassados aos Municípios, por Grupo de Despesa
- Tabela 21 - Valores e Proporção dos Recursos do Ministério da Saúde Repassados aos Municípios, por Grupo de Despesa Detalhado
- Tabela 22 - Entrevistas Realizadas – Projeto Salobo

## 1. INTRODUÇÃO

O caráter recente e inovador contido na proposição do desenvolvimento sustentável, imprime imensos desafios à prática e operacionalização dos instrumentos das políticas públicas concebidas sob essa ótica. O Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA possui um conjunto de competências estabelecidas e compromissos com a sociedade, que exigem a formulação e a implementação de ações que lhe fortaleça, de forma que a Política Ambiental transponha a condição de uma política setorial e corretiva e seja internalizada às prioridades de desenvolvimento. Dignos de nota são os esforços empreendidos pelo Ministério do Meio Ambiente, na busca de estabelecer um aprimoramento do licenciamento ambiental e dos demais instrumentos de gestão, ou, ainda, de implementar novos instrumentos, de forma complementar aos já consagrados, como forma de subsidiar o diálogo das instituições do SISNAMA com os diversos usuários dos ativos ambientais.

Nesse contexto, o setor minerário brasileiro, notadamente a Companhia Vale do Rio Doce - CVRD, vem implementando esforços para aperfeiçoar seus trabalhos, internalizando a questão ambiental em seus projetos, não apenas para cumprir as exigências dos órgãos ambientais, mas também pela compreensão do licenciamento ambiental como um instrumento de planejamento estratégico.

Ademais, tendo em vista a diversidade, abrangência e quantidade dos empreendimentos minerários da CVRD localizados no Estado do Pará, a Companhia se propõe a elaborar os estudos ambientais de seus projetos, sob a ótica do planejamento integrado, orientação seguida para o desenvolvimento do presente projeto, com reflexos nas ações ambientais propostas.

A experiência da CVRD no Estado do Pará mostra que, na prática, o conjunto de programas e ações, definidos de forma particular para cada empreendimento, podem levar a dificuldades de se estabelecerem indicadores de acompanhamento da eficácia desses programas, com uma visão de conjunto dos efeitos esperados. Essa visão de conjunto é fundamental, uma vez que muitos dos impactos gerados pelos empreendimentos, positivos ou negativos, não raro se referem ao mesmo município, comunidades ou região.

Nesse contexto, é que foi elaborado o presente Diagnóstico Ambiental, como parte dos Estudos Ambientais do Projeto Salobo, em conformidade com o plano de trabalho definido no contrato celebrado entre a Salobo Metais S.A., empresa do grupo da CVRD, e a Golder Associates Brasil. Foram incorporadas melhorias ambientais relacionadas às alterações de concepção e de localização do Projeto Salobo, conforme demanda do IBAMA, buscando a redução dos efeitos ambientais negativos e potencialização dos efeitos positivos, em todas as etapas do empreendimento, inclusive seu fechamento.

Ressalta-se que os serviços foram desenvolvidos tendo como base as informações disponibilizadas pela SMSA, advindas de estudos ambientais existentes, do Estudo Complementar de Viabilidade – ECV/97 e de dados primários levantados, para atender a nova conformação do Projeto.

Este relatório contém os diagnósticos dos Meios Físico, Biótico e Antrópico, com o objetivo de estabelecer um panorama da situação ambiental, antes da implantação do Projeto Salobo.

O presente documento é constituído por nove (9) capítulos, incluindo esta introdução. O segundo e terceiros e capítulos se dedicam, respectivamente, à identificação do empreendedor e do responsável pelos estudos ambientais. O quarto capítulo descreve a localização, bem como a inserção do Projeto no contexto regional. No quinto capítulo é apresentado um histórico do empreendimento, além da evolução da ocupação da região, enquanto que o sexto reúne a base jurídica e legal aplicável aos procedimentos relacionados à obtenção do licenciamento ambiental do Projeto Salobo.

O sétimo capítulo mostra a definição das unidades espaciais de análise adotadas no presente estudo, consideradas como áreas de influência indireta, direta e área diretamente afetada, além das premissas adotadas para consolidar essa definição.

Em seqüência, o oitavo capítulo é dedicado ao Diagnóstico Ambiental propriamente dito, organizado pelos estudos dos meios físico, biótico e antrópico. Nesse capítulo, além dos procedimentos metodológicos adotados, são apresentados os estudos temáticos relacionados a cada meio enfocado.

O bloco temático dos estudos do Meio Físico caracteriza a área de estudo quanto aos aspectos climáticos, geológicos, pedológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além dos estudos de avaliação acústica e de qualidade do ar. Os estudos do Meio Biótico, além de conter uma caracterização das Unidades de Conservação e das áreas de relevante interesse, apresentam os aspectos florísticos e faunísticos das Biotas Terrestre e Aquática.

O diagnóstico do Meio Antrópico integra os aspectos socioeconômicos e culturais das Áreas de Influência do empreendimento, incluindo a dinâmica demográfica e econômica, a caracterização da infra-estrutura, do sistema de saúde pública, bem como do patrimônio histórico e arqueológico, entre outros aspectos.

O nono capítulo indica as referências bibliográficas utilizadas para a elaboração do presente relatório.

Finalmente, os Anexos I e II apresentam, respectivamente, os desenhos e a documentação fotográfica de todo o trabalho, o Anexo III contém a Legislação Aplicável e os Anexos de IV a XVII incluem informações relacionadas a temas específicos.

Uma avaliação interdisciplinar dos diagnósticos relativos aos meios considerados, permitirá, em uma etapa posterior, estabelecer as necessárias correlações entre eles e consolidar uma Análise Integrada. A partir dessa análise, deverá ser elaborado o Prognóstico Ambiental, identificando os efeitos negativos e positivos decorrentes das etapas de implantação, operação e desativação do empreendimento, assim como a proposição de um Plano de Controle Ambiental.

## 2. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

A **SALOBO METAIS S.A. (SMSA)** é uma empresa constituída em 05/11/1996, resultante da transformação da Salobo Metais Ltda., em sociedade anônima, cujo controle é detido, direta e indiretamente pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), desde junho de 2002.

O objetivo da SMSA é promover o aproveitamento de jazidas minerais no território nacional, em especial a jazida do Salobo, por intermédio da implantação física do empreendimento denominado Projeto Salobo e, na seqüência de suas atividades, ser a responsável pela operação, gerenciamento e comercialização dos seus produtos. A jazida está situada na Serra dos Carajás, distrito e município de Marabá, Estado do Pará, objeto da Portaria de Lavra emitida pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM nº 1121, em 14/07/87,

Os principais dados de identificação do empreendedor são:

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Nome e Razão Social:</b> | SALOBO METAIS S.A.   |
| <b>Endereços:</b>           | Sede: Rua Santa Luzia, 651<br>Bairro: Centro – Rio de Janeiro – RJ<br>CEP: 20.030-040<br>Tel.: 21 2533-3022<br>Fax.: 21 2533-6539                |
|                             | Escritório: Rua Paraíba, 1122, 14º andar<br>Bairro: Savassi – Belo Horizonte – MG<br>CEP: 30.130-141<br>Tel.: 31 3263-8800<br>Fax.: 21 3263 8801 |
|                             | Mina: Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, s/nº<br>Marabá – Pará<br>Tel.: 94 327-1400<br>Fax.: 94 327-1250                                      |
| <b>CNPJ:</b>                | 33.931.478/0001-94 (Rio de Janeiro)<br>33.931.478/0003-56 (Belo Horizonte)<br>33.931.478/0002-75 (Acampamento 3Alfa)                             |
| <b>Inscrição Estadual:</b>  | nº 81.219.189 (Rio de Janeiro)<br>nº 15.192.420-1 (Pará)   |
| <b>Inscrição Municipal:</b> | nº 01.218.301 (Rio de Janeiro)<br>nº 30.2282 (Marabá – PA)   |
| <b>Correio eletrônico:</b>  | salobo.metais@salobo.com.br  |



## **Administração e Poder de Decisão**

A Assembléia Geral é o órgão soberano da sociedade e se reúne, ordinariamente, nos quatro primeiros meses subseqüentes ao término do exercício social que coincide com o ano civil e, extraordinariamente, sempre que o interesse da sociedade o exigir, observados os preceitos legais relativos à convocação e instalação.

## **Conselho Fiscal**

O Conselho Fiscal é um órgão de caráter não permanente. Quando instalado, será composto por 3 (três) membros efetivos e respectivos suplentes, eleitos pela Assembléia Geral que, na forma da lei, delibera por maioria de votos.

## **Diretoria**

A Diretoria da Salobo Metais S.A. é composta por 2 (dois) Diretores, sendo um Diretor-Presidente e um Diretor sem designação específica, eleitos pela Assembléia Geral, com prazo para cada gestão de 2 (dois) anos, permitida a sua reeleição. Os atuais ocupantes desses cargos são:

Diretor Presidente: Paulo Eduardo Libânio  
Diretor: Roberto Reis de Freitas

## **Responsável Técnico pelo Empreendimento**

Nome: Roberto Reis de Freitas  
e-mail: rreis@cverd.com.br

### **3. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS**

Em seqüência, estão relacionados os dados para identificação da Golder, empresa responsável pelos presentes estudos ambientais.

**Razão Social:** GOLDER ASSOCIATES BRASIL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.  
**CNPJ:** 00.636.794/0001-84  
**Inscrição Estadual:** 62.110292-0052  
**Inscrição Municipal:** 116.876/001-9  
**Cadastro Técnico Federal:** 228.745 - IBAMA  
**Endereço:** Avenida Barão Homem de Melo, 4484  
3º/4º/8º andares, Bairro Estoril - Belo Horizonte – MG  
CEP 30.450-250  
**Telefone:** 31 2121-9800

**Fax:** 31 2121-9801

**Correio eletrônico:** gab@golder.com.br

**Representantes Legais:** José Carlos Virgili – CPF 599.150.058-49  
jvirgili@golder.com.br

Luiz Massayosi Ojima – CPF 661.238.798-04  
lojima@golder.com.br

**Pessoa de Contato:** Paulo Henrique Magalhães Ferreira – CPF 804.493.016-72  
pferreira@golder.com.br

#### **4. CONTEXTO E LOCALIZAÇÃO DO PROJETO**

As políticas públicas federais, definidas a partir da década de 70 e voltadas para o desenvolvimento da Amazônia Oriental, impulsionaram a implementação de programas e projetos na região, priorizando o aproveitamento dos seus recursos minerais e florestais. Nesse contexto, dentre as numerosas e diversificadas reservas de bens minerais identificadas, estão as de cobre e, dentre elas, a do Salobo, a maior jazida desse minério do Brasil.

Visando a preservação da biodiversidade do bioma amazônico e o ordenamento do processo de desenvolvimento econômico regional, foi então criado, na região, um mosaico de áreas legalmente protegidas, constituído pela Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, juntamente com outras UC's limítrofes - Floresta Nacional de Carajás, Floresta Nacional de Itacaiúnas, Área de Preservação Ambiental do Gelado, Reserva Biológica de Tapirapé -, além da Reserva Indígena dos Xicrins. Esse mosaico de áreas legalmente protegidas apresenta distintas categorias de manejo, seja para proteção integral do meio ambiente, seja para a promoção do seu uso sustentável, o que integra a presente concepção do Projeto Salobo.

O Projeto Salobo está localizado na região sudeste do Estado do Pará, no município de Marabá, na região hidrográfica denominada Tocantins-Araguaia, conforme a Divisão Hidrográfica Nacional (MMA, SRH, 2003). O empreendimento está situado na bacia do rio Itacaiúnas, afluente da margem esquerda do rio Tocantins.

O acesso rodoviário ao Projeto Salobo se dá, a partir da cidade de Marabá, pelas rodovias PA-150 e PA-275 em sentido leste-oeste, em um percurso de 170km até a cidade de Parauapebas e, daí, até a o Acampamento 3 Alfa, pela Rodovia Raimundo Mascarenhas, um prolongamento da PA-275, numa distância de 105 km, passando pelo Núcleo Urbano de Carajás. Já o acesso aéreo ao Projeto Salobo é feito pelo aeroporto de Carajás, distante 10km do Núcleo Urbano de Carajás e 15km da cidade de Parauapebas.

O corpo de minério a ser lavrado encontra-se na porção noroeste da Província Mineral de Carajás, em local hoje denominado Acampamento 3 Alfa, entre as coordenadas UTM N - 9.352.500, 9.363.000 e E - 548.000, 558.000, junto ao igarapé Salobo, a aproximadamente 15 km a montante de sua desembocadura no rio Itacaiúnas.

Conforme pode ser visualizado na Figura 4.1, a Unidade Minerária do Projeto Salobo, que compreende as estruturas de mineração, industriais, de apoio e de controle ambiental, se insere

em uma Unidade de Conservação (UC) da Região Amazônica, a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, município de Marabá. Já as estruturas de acesso, de transporte do produto e a linha de transmissão de energia que alimentará o futuro complexo minerário, adentram no município de Parauapebas, através da Floresta Nacional de Carajás e da Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado.

As Florestas Nacionais são administradas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA-, autarquia federal, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, que tem trabalhado na elaboração dos respectivos Planos de Manejo, em convênios com a Companhia Vale do Rio Doce, legalmente respaldados pelo Decreto nº 97.720, de 5 de maio de 1989 e o Decreto nº 2.486, de 02 de fevereiro de 1998.

Os Planos de Manejo de Uso Múltiplo das Florestas Nacionais objetivam o Zoneamento Ambiental, por intermédio da identificação das potencialidades de uso e ocupação dos ecossistemas locais e a otimização das decisões ligadas a sua preservação, conservação e auto-sustentabilidade.

A Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri foi criada pelo Decreto Nº 97.720/89 e terá o uso do solo disciplinado por um Plano de Manejo para Uso Múltiplo, em processo de aprovação, cuja elaboração é objeto de um convênio celebrado entre o IBAMA e a CVRD. O Zoneamento Ecológico e Econômico resultante do Plano de Manejo estabelece Zonas de Produção Florestal Sustentada; de Mineração; de Conservação; de Uso Extensivo e de Infra-Estrutura, Apoio e Uso Geral, definidas a partir de um diagnóstico que identifica e caracteriza as potencialidades e vulnerabilidades socioambientais da Floresta, apontando, também, as conveniências econômicas relativas a essa Unidade de Conservação. A área do Projeto Salobo está inserida dentro de uma Zona de Mineração, definida como área sob a qual estão localizadas as jazidas minerais, asseguradas pelas Portarias de Lavras, além daquelas em processo de tramitação junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. O Plano de Manejo tem prazo de vigência fixado até o ano 2010 e prevê atualizações e reestruturações a cada cinco anos.

A unidade minerária será constituída por uma mina a céu aberto, uma planta de concentração de minério de cobre e toda a infra-estrutura e utilidades necessárias para uma capacidade instalada final de produção de 24 milhões de toneladas de minério ROM por ano, a ser atingida no quarto ano de operação do empreendimento. Durante os primeiros anos, a capacidade de produção do Projeto Salobo será de 12 milhões de toneladas por ano de minério ROM, devendo dobrar a partir do quarto ano. Estima-se produzir, ao longo de 44 anos de vida útil do empreendimento, cerca de 16,9 milhões de toneladas de concentrado com teores de cobre variando em torno de 38%.

Na primeira etapa, correspondente a 12 Mtpa ROM, o transporte do concentrado de cobre a ser produzido será efetuado, por rodovia, até o terminal de embarque ferroviário da Estrada de Ferro Carajás, situado em Parauapebas. A partir desse ponto, seguirá até o Terminal Marítimo Ponta da Madeira da CVRD - Berço 104, localizado no Porto de Itaqui, em São Luís, Estado do Maranhão, em um percurso de 870 km, de onde será enviado para refino em outras localidades.

Na segunda etapa, correspondente a 24 Mtpa ROM, o concentrado será transportado em forma de polpa, da planta de concentração de Salobo até a pêra de Carajás, por meio de um mineroduto. Em Carajás, o concentrado será espessado e filtrado. Daí, será embarcado, seguindo pela Estrada de Ferro Carajás para o porto da CVRD em São Luis.

A implantação do empreendimento demandará cerca de quatro anos de obras civis, instalações e montagens de equipamentos, para atingir a produção de 12 Mtpa, além de cerca de três anos adicionais, após o início da operação, visando produção de 24 Mtpa, período ao longo do qual deverá haver o envolvimento de aproximadamente 9.000 pessoas. Estão estimados investimentos totais em torno de US\$ 650 milhões, considerando as etapas de implantação e operação do empreendimento e uma receita bruta média anual da ordem de US\$ 185 milhões nos primeiros anos.

Considerando a sua localização, o empreendimento contará com completas facilidades de manutenção e suprimentos, unidades de apoio administrativo e acomodações para pessoal na fase de operação. O ritmo de produção será de 365 dias por ano, em 2 turnos de 12 horas diárias de trabalho, com 4 turmas de revezamento, estimando-se um total aproximado de 1000 empregados diretos durante a primeira fase de operação e 1800 na fase de produção máxima. Os profissionais do quadro gerencial e especializado da empresa serão instalados em residências localizadas no Núcleo Urbano de Carajás e em Parauapebas.

ENTRA FIGURA 4.1 – LOCALIZAÇÃO GERAL

## **5. EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO E HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO**

O processo de ocupação da região onde está inserido o Projeto Salobo está sistematizado neste item e, onde também, procura-se enfocar o Projeto com apresentação de um breve histórico.

### **5.1 Evolução da Ocupação da Região**

Na análise da ocupação da região do Projeto Salobo podem ser distinguidas três fases características que serviram para marcar seu processo de desenvolvimento econômico e social.

#### **Primeira fase: o processo histórico tradicional**

O início da ocupação da Região Amazônica brasileira, da qual faz parte o Estado do Pará, se deu a partir do século XVII. A via de acesso para a colonização da região, ocorrida nas primeiras décadas desse século foi, certamente, o rio Tocantins. Por ele navegaram os paulistas que, vindos do centro, desbravaram o interior em busca de indígenas, os encarregados da administração colonial, seguidos dos religiosos, principalmente os jesuítas, esses últimos com objetivos de colonizar e pacificar os índios, submetendo-os ao aldeamento, na tentativa de uniformização cultural.

Nessa ocasião, houve a fundação da cidade de Belém, em 12 de janeiro de 1616, contribuindo para interiorizar o processo de colonização, com a fixação de brancos nos territórios habitados pelos indígenas.

As entradas no rio Tocantins aconteciam, no princípio, em intervalos maiores mas, após a segunda metade do século XVII, ocorreram de forma mais sistemática, sendo que, em 1671, houve a última entrada dos Jesuítas no rio Tocantins.

Provavelmente, entre meados do século XVIII e princípio do XIX, chegaram ao rio Catete, afluente do Itacaiúnas, os índios Kayapó que após várias subdivisões internas, deram origem aos Xicrin. A chegada dos Kayapó foi significativa em relação à movimentação na área. As sucessivas subdivisões pela qual o grupo passou, apontam para uma disputa de território, situação de conflito agravada a partir de meados do século XIX, quando a região passou a ser habitada por ondas de migrantes nordestinos, em busca dos seringais.

Essa primeira fase, que vai até metade do século XIX, é marcada economicamente pela exploração de produtos florestais para exportação, tais como madeira, plantas medicinais, corantes para tecidos, cravo, canela, entre outros produtos.

#### **Segunda fase: o Ciclo da Borracha e as descobertas das jazidas minerais**

A partir da segunda metade do século XIX inicia-se o Ciclo da Borracha e, com ele, o segundo impulso de ocupação da região. O auge da borracha durou 20 anos, de 1890 a 1910 e, durante esse período, esse produto foi responsável por 40% das exportações brasileiras, devido à sua

necessidade como matéria-prima para a expansão industrial ocorrida na Europa e Estados Unidos, após a invenção dos pneumáticos. Foi durante o seu apogeu que houve uma maior atração populacional para o Sul do Pará, tendo como resultado a fundação de Marabá (1889) e Conceição do Araguaia (1897), municípios que se firmaram como pólos urbanos da região.

Foi provavelmente em 1894 que chegaram os primeiros colonizadores brancos, que iriam efetivamente se fixar naquela região. Eram vaqueiros, comerciantes e agricultores que vinham de Tocantinópolis/TO, então Boa Vista de Tocantins/GO. No ano seguinte, 1895, em busca de campos para pastagem de rebanhos, foi encontrado o caucho, primeira riqueza de Marabá, abundante na região do Tocantins, Araguaia e Itacaiúnas.

O povoamento da área seguia na esteira da produção de borracha, que dominava a produção econômica amazônica a partir da segunda metade do século XIX. A atividade, de baixo padrão tecnológico, para alcançar produtividade exigia grandes contingentes de mão-de-obra, demanda sanada pelo movimento migratório de nordestinos.

Em 1913 a produção asiática de borracha superou a brasileira, e o “ciclo da borracha”, entra em crise: *“A borracha, além de não ter implementado uma acumulação de capital regional, parece ter implicado a redução da produção de alimentos e de outras atividades econômicas regionais”* (Fragoso, 1990).

Nesse contexto, em 1927, Marabá vinha a assumir posição de ponta em relação à exportação da castanha-do-pará, enviada principalmente para os Estados Unidos e Europa. Entretanto, ao que tudo indica, seu processo de formação está relacionado não à implantação da agricultura na área, o que aconteceria por volta de meados do século XX, mas à “descoberta do caucho” e a conseqüente inserção da área no sistema produtivo amazônico, voltado principalmente para o mercado externo.

O fim do “ciclo da borracha”, em função da produção asiática concorrente, provocou um vazio na economia regional. Tal fato significou três décadas de estagnação na comercialização do produto, e essa situação apenas se modificou durante a Segunda Guerra Mundial, quando a impossibilidade de obter a borracha do Extremo Oriente propiciou um novo impulso para o mercado nacional, cenário que foi novamente modificado com o término da guerra, quando Amazônia ficou novamente preterida.

A partir de 1937 houve um incremento populacional significativo, com o início do garimpo de diamantes na região e, dois anos depois, do cristal de rocha, atraindo grande número de novos moradores.

O interesse econômico pela região foi retomado na década de 60, como decorrência da descoberta e avaliação de seu potencial mineral. Foram descobertas as jazidas e ocorrências de ferro, manganês, bauxita, cobre, zinco, níquel, cromo, estanho, ouro, molibdênio e prata na Região, que passou a ser denominada de Província Mineral de Carajás.

### **Terceira fase: as iniciativas governamentais de desenvolvimento da região, a introdução e a consolidação da atividade minerária**

Apenas as ações contidas no Plano de Metas do Governo JK, culminando com a construção das rodovias Belém-Brasília e Cuiabá-Porto Velho foram capazes de marcar um ponto de inflexão,

no sentido ascendente, no perfil econômico e demográfico da Região Norte brasileira, cujas diretrizes se fundaram na idéia da integração nacional.

Conforme SUDAM-IPEA (2000), o regime político militar instaurado a partir de 1964 induziu a uma forte guinada nos rumos da política regional no País, cujos desdobramentos alcançaram a Região Amazônica:

“(...) Em 1966, o governo militar organiza a legislação básica e as normas institucionais destinadas a atraírem grandes capitais produtivos para a Amazônia e realiza campanhas nacionais procurando colocá-la na mira dos investidores”.

Para conseguir tal objetivo, o Banco de Crédito da Amazônia (BCA) passou a ser Banco da Amazônia SA (BASA), extinguiu-se a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), implantada em 1953, criou-se a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e foi promulgada uma Lei, reformulando e ampliando a política de incentivos fiscais para a Região, com a criação do Fundo de Investimento da Amazônia - FINAM. Em março de 1967, por intermédio da criação da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), foi regulamentado o seu financiamento.

Na segunda metade da década de 1960, a região próxima a Marabá despertou também o interesse de grandes empresas multinacionais, pelas jazidas de minérios recentemente descobertas em seu subsolo.

Em 1967, ocorreu a descoberta da jazida de ferro de Carajás, de grande significação para a CVRD, que se abre para pesquisas de outros minerais, e não só do minério de ferro, com a criação da DOCEGEO - Rio Doce Geologia e Mineração - em 1971. Antes da DOCEGEO, em 1969, houve a criação da CPRM – Cia. de Pesquisas de Recursos Minerais. Cabe salientar que, até então, as pesquisas geológicas na Amazônia estavam sendo feitas principalmente por multinacionais, como a US Steel, a Alcan, a Union Carbide, Ludwig, Rio Tinto Zinc, já tendo realizado importantes descobertas.

A descoberta da Serra de Carajás despertava o interesse do governo federal e estimulava o investimento na região, o que pode ser constatado pelas obras de infra-estrutura, a exemplo da ligação de Marabá à rodovia Belém-Brasília, com a construção, em 1970, da rodovia PA-70.

Na década de 1970 foram, ainda, criados o PROTERRA – Programa de Redistribuição de Terras e o PIN – Programa de Integração Nacional que, na região, tem por objetivos principais a construção de dois grandes eixos rodoviários: Cuiabá-Santarém e Transamazônica.

No início da década, foi anunciada a construção da rodovia Transamazônica, que ligaria o norte ao nordeste. Constava do plano rodoviário que, na altura de Marabá, a transamazônica cortaria a Belém-Brasília. Com o objetivo de facilitar o deslocamento das populações nordestinas em direção a área do Mato Grosso e do Pará.

Em 1971, o governo estabelece o PIC – Projeto Integrado de Colonização, que seria desenvolvido pelo INCRA, sendo Marabá um dos pólos para a implantação de projetos de colonização subjacentes à construção da Transamazônica. A concepção básica desse processo de colonização consistia em criar espaços para absorver os excedentes populacionais do Nordeste e do Sul, na tentativa de desviar a migração para as metrópoles do centro-sul.



A ocupação produtiva da Região foi proposta em dois planos econômicos nacionais: o I Plano Nacional de Desenvolvimento - PND (1972/1974) e o II PND (1975/1979). Foi implementado o Programa Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia – Poloamazônia, que, além de dar continuidade às ações infra-estruturais propostas no I PND, teve como objetivo o desenvolvimento de quinze áreas prioritárias da Amazônia. Pela atuação nessas áreas selecionadas, pretendia-se a propagação do desenvolvimento a partir de pólos irradiadores, que permitiriam maior eficácia na ação governamental e a ampliação dos estímulos aos investimentos privados. Entre os pólos selecionados incluía-se o de Carajás, caracterizado como pólo agromineral, graças às recentes confirmações das importantes reservas minerais lá existentes.

Nesse contexto, as políticas públicas federais, definidas a partir da década de 70 e voltadas para o desenvolvimento da Amazônia Oriental, impulsionaram a implementação de programas e projetos na região, priorizando o aproveitamento dos recursos minerais e florestais. O Programa Grande Carajás se destaca como uma das iniciativas implantadas para esse fim, priorizando o aproveitamento dos recursos minerários e florestais locais, assim como a implantação de infraestrutura necessária para que fossem implementados. Dentre as numerosas e diversificadas reservas de bens minerais identificadas estão as de cobre, incluindo a do Salobo, além do Sossego, do Alemão, do Cristalino e do Alvo 118, que permitem elevar o Brasil, da posição de importador para a condição de exportador do produto.

Até o final da década de 1980 surgiram, por iniciativa do Governo Federal, os grandes projetos: Carajás, Albrás-Alunorte, Trombetas, Jarí e Tucuruí, dentre outros. O Projeto Grande Carajás visava alcançar uma maior coordenação da política de desenvolvimento da Amazônia Oriental. Teve como suporte jurídico e organizacional básico o Decreto-lei nº 1.813, de 24 de novembro de 1980, que instituiu um regime especial de concessão de incentivos fiscais para os empreendimentos na região, definindo projetos e atividades prioritários. Vale ressaltar, que os empreendimentos definidos como prioritários se relacionavam aos setores de pesquisa, prospecção, extração e industrialização de minerais; agricultura, pecuária e agroindústria; florestamento, reflorestamento e industrialização da madeira.

Diante disso, na área de abrangência do Projeto Grande Carajás, surgiu o Projeto Carajás da CVRD, como o objetivo de exploração econômica da província mineral de Carajás, contemplando a construção do complexo mina-ferrovia-porto, necessários à referida exploração. A Figura 4.1, já apresentada, mostra os principais projetos da CVRD no Estado do Pará.

Cabe registrar um grande fluxo migratório em função dos garimpos na região do Sossego e Serra Pelada, determinando o surgimento de aglomerações urbanas. Em 1985 começa a funcionar a Estrada de Ferro Carajás, transportando minério de ferro. No ano seguinte inicia-se o transporte de passageiros.

A chegada de novos habitantes, atraídos pela mineração na Serra de Carajás e pelos garimpos de diamantes amplia a zona urbanizada de Marabá. Em 1980, um loteamento particular é implantado na Fazenda Abaeté. Este núcleo populacional deu origem a Eldorado dos Carajás, que passou a pertencer ao município de Curionópolis, emancipado de Marabá em 1989. A emancipação de Eldorado em relação à Curionópolis aconteceu em 1991.

Além da mineração e da siderurgia, outras atividades se configuram na região, desde a agricultura de subsistência, tendo como principais produtos o arroz, feijão, manga, laranja e banana. A pesca se constitui em uma atividade de expressão, sendo seu excedente exportado,

destacando-se, ainda, a pecuária, com a presença de rebanhos diversificados. Além dessas atividades, ressalta-se a indústria madeireira, além do turismo que, por sua vez, conta com rico patrimônio, natural e cultural. A confiabilidade da ferrovia e os baixos fretes no transporte estimularam a criação de pólos siderúrgicos ao longo da linha, como a implantação de usinas de ferro-gusa e ferro-ligas em Marabá, Açailândia, Santa Inês, Rosário e São Luís.

Na década de 1990 a crise fiscal do Estado reduziu a intervenção federal na Região, com as derradeiras intenções sendo listadas no Programa “Brasil em Ação”, por intermédio da criação dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento, entre os quais o Arco Norte (construção das BR’s 174 e 156), o eixo Madeira-Amazonas e o eixo Araguaia-Tocantins, visando a articulação da região Centro-Oeste com a Amazônia, chegando até o Maranhão, onde se sobressaem a hidrovia Araguaia-Tocantins e a ferrovia de Carajás.

Em junho de 1997, a Companhia Vale do Rio Doce - CVRD obteve a concessão da exploração dos serviços de transporte ferroviário de cargas e passageiros prestados pela Estrada de Ferro Carajás. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 27/06/97, publicado no Diário Oficial da União de 28/06/97. A empresa deu prosseguimento à operação destes serviços a partir de 01/07/97.

Nesse quadro, se insere o Projeto Salobo, cuja jazida foi descoberta no ano de 1977 e que, até então, vem sendo objeto de aprofundados estudos técnicos, econômicos e ambientais, visando o seu aproveitamento sustentável, cujo histórico se apresenta no item seguinte.

## **5.2 Histórico do Empreendimento**

Em 1977 foi descoberta a jazida do Salobo, localizada a 77km a noroeste da Mina de Ferro da Serra dos Carajás. Desde então, o minério do Projeto Salobo vem sendo objeto de detalhados estudos técnicos e econômicos visando o seu aproveitamento, desde o final da década de 70, quando a Companhia Vale do Rio Doce - CVRD, por intermédio de sua subsidiária Rio Doce Geologia e Mineração S.A. (DOCEGEO), realizou a exploração geofísica, geoquímica e a sondagem inicial.

Esse longo período de estudos pode ser creditado, em parte, à sua complexidade mineralógica, às características particulares dos seus concentrados e às elevadas estimativas de investimentos para o seu aproveitamento, podendo ser agrupados em quatro grandes fases: a primeira, no período de 1977 a 1992, sob a responsabilidade da CVRD, com recursos do BNDES; a segunda, de 1993 a 1997, até a conclusão do “Estudo Complementar de Viabilidade”, conduzido pela Salobo Metais Ltda., um consórcio de composição acionária da CVRD e da Mineração Morro Velho, inicialmente denominada Mineração Itacaiúnas Ltda.; a terceira, de 1998 a 2001, quando a Salobo Metais se tornou uma sociedade anônima, com uma transferência das ações da MMV para a Minorco do Brasil Participações S.A., posteriormente denominada Anglo American Brasil Ltda. e, a quarta, a partir de 2002, quando a CVRD passou a deter o controle direto e indireto da Salobo Metais S.A., após a aquisição da participação da Anglo American Ltda.

Os resultados obtidos na primeira etapa de pesquisa possibilitaram a cubagem de uma reserva geológica estimada em 1,2 bilhões de toneladas de minério sulfetado de cobre e permitiram concluir pela viabilidade técnica do empreendimento para a produção de concentrado de cobre.

Em 1985, foi assinado um acordo entre a CVRD e o BNDES, com o objetivo de estender as pesquisas geológicas na região de Carajás, na busca de novas jazidas de cobre. O acordo estabelecia como principal obrigação do BNDES o pagamento de 50% de todos os custos incorridos na primeira fase do desenvolvimento, que compreendia levantamentos geológicos, pesquisas geológicas e de processo, bem como a elaboração de um estudo de viabilidade econômica na região de Carajás. Em contrapartida, o BNDES teria um terço dos direitos minerários resultantes da descoberta e também teria o direito de participar em até um terço do empreendimento que viesse a ser implantado.

Nesse período, dentro da programação estabelecida no acordo, iniciou-se a abertura da Rampa de Amostragem com 950m de extensão no interior do corpo mineralizado, foram executadas 9.000m de sondagens subterrâneas, 35.192 análises químicas de amostras e construída uma Usina Piloto, com capacidade nominal de 60t/dia.

Durante as operações da Planta Piloto foi possível consolidar o modelo geológico da jazida, executar a cubagem das reservas até a cota zero e definir os principais parâmetros do projeto. Todo esse trabalho culminou com a emissão do documento Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica, cujos parâmetros foram a base para a elaboração do EIA/RIMA do Projeto Salobo, servindo, também, para a elaboração da revisão do Plano de Aproveitamento Econômico do empreendimento, em setembro de 1989.

Nesse o Projeto Salobo considerou o processamento de 8,97 milhões de toneladas/ano de minério e a produção de 225.000 toneladas/ano de concentrado de cobre.

Concomitantemente, mesmo tendo sido considerado favorável o aspecto mercadológico para o concentrado de cobre nessa fase do Projeto, foram também realizados estudos de caracterização físico-química do concentrado do Salobo. Os resultados obtidos, comparados com os parâmetros internacionais, apresentavam altas concentrações de flúor (ou fluoretos) na sua composição. O flúor é considerado um contaminante indesejável, implicando em penalidades no preço final de venda e, conseqüentemente, comprometendo a atratividade do empreendimento.

Devido às características do minério da jazida de Salobo, a CVRD, no período compreendido entre 1989 e 1992, efetuou diversas reavaliações do empreendimento, incluindo também a busca de possíveis sócios para a implantação do projeto, preferencialmente empresas com vasta experiência a nível mundial na produção e comercialização do cobre.

Essa busca resultou na associação com o Grupo Anglo American, inicialmente representado pela empresa Mineração Morro Velho S.A. (MMV), posteriormente substituída pela Anglo American Brasil Ltda. Em 11 de fevereiro de 1993 foi assinado o Acordo de Participação Societária, cuja denominação social foi alterada, em 29 de junho de 1993, para Salobo Metais Ltda.

A partir dessa nova etapa, a Salobo Metais passou a desenvolver o projeto, dando início ao Estudo Complementar de Viabilidade, que incluiu, entre as suas diversas atividades, a execução de uma nova campanha de sondagem geológica, acrescentando 15.000m de furos de sondagem e 44.843 análises químicas unitárias, possibilitando, dessa forma, um expressivo ganho de conhecimento das características geológicas do corpo mineral do Salobo.

Esse estudo foi concluído em 1995 e aprovado pelos sócios, quando da transformação da Salobo Metais em sociedade anônima, por intermédio da assinatura de um Acordo de Acionistas em 05 de novembro de 1996. Por esse acordo, a CVRD – Companhia Vale do Rio Doce e a MMV –

Mineração Morro Velho Ltda., passaram a deter, em igual proporção, o capital votante da SMSA – Salobo Metais S.A. Contudo, o BNDES manteve em aberto a opção de participação acionária, na forma de ações preferenciais sem direito a voto.

Já nos primeiros meses de execução desse trabalho complementar surgiram fortes indícios de que seria necessário ampliar a escala de produção para assegurar maior atratividade ao empreendimento. Como parte integrante do Estudo Complementar de Viabilidade, foram efetuadas várias simulações de lavra e definições da cava final, sob diferentes condições, que indicaram a possibilidade de se elevar a produção para 20 milhões de toneladas de minério anuais nos primeiros 10 anos de operação. Essa escala deveria então ser ampliada para 26,6 milhões de toneladas de minério por ano, para compensar a redução no teor de cobre previsto após o décimo primeiro ano.

Nessa fase dos estudos, constatou-se que o concentrado do Salobo caracteriza-se por elevados teores de cobre (36 a 38%) e de ouro (16ppm) e baixos teores de enxofre. Os elevados teores de cobre e baixos teores de enxofre devem-se à predominância dos sulfetos secundários de cobre, bornita e calcocita, em relação à calcopirita. Como principais elementos deletérios, foram identificados o flúor e o cloro. Essas características, presentes nas duas primeiras fases de estudos, indicaram a necessidade de um smelter cativo, sendo então definido o processamento do concentrado do Salobo por meio de uma unidade pirometalúrgica.

Apesar dos elevados teores de cobre, o baixo teor de enxofre representa um problema para os processos pirometalúrgicos convencionais em função da baixa capacidade calorífica, sendo necessária uma complementação da energia interna do reator, de modo a garantir a fusão do concentrado e a fluidez da escória. Esse aumento da energia pode-se dar pela adição de enxofre, pela adição de concentrados piríticos/calcopiríticos, pelo enriquecimento de O<sub>2</sub> na atmosfera interior do reator ou mesmo pela adição de combustíveis.

Tendo em vista a necessidade de promover otimizações, pela busca de novas soluções que tornassem o Projeto Salobo mais competitivo no mercado internacional, foi solicitado, junto ao DNPM, mais tempo para o início da lavra da jazida do Salobo, devidamente formalizado pela correspondência SMSA 253/98 de 08/10/98.

Dentro dessa nova ótica foi identificado, pela área de tecnologia da CVRD, o potencial de aplicação de novos processos hidrometalúrgicos para cobre, surgidos em meados da década de 90. A seleção dessa nova tecnologia exigiu estudos, avaliações e testes preliminares em escala de bancada e de planta piloto, que visaram avaliar a eficácia das tecnologias em exame, selecionar a mais indicada e verificar a conveniência de se dar prosseguimento aos trabalhos.

A utilização de uma rota hidrometalúrgica de oxidação e lixiviação de concentrados apresentou-se como uma alternativa técnica e economicamente viável, sendo estudadas duas escalas de produção: 200.000t/a e 100.000t/a de cobre sob a forma de catodos de pureza LME grau A. A alternativa que apresentou melhor performance econômica foi a de 200.000t/a.

## **6. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL**

Os recursos minerais constituem bens da União e sua exploração só pode ser efetuada mediante autorização ou concessão do Poder Público Federal, no interesse nacional, como prevê o artigo 176 da Constituição Federal.

Ao outorgar a concessão de lavra, a União considera que a atividade minerária atende ao interesse nacional e reveste-se, portanto, das características de utilidade pública prevista na letra "f" do art. 5º do Decreto Lei nº 3365/41.

A lavra e o beneficiamento mineral constituem atividades modificadoras do meio ambiente e, por esta razão, devem se subordinar às exigências e obrigações decorrentes do ordenamento jurídico vigente no País, que dispõe sobre a proteção do meio ambiente e sobre a utilização racional dos recursos naturais.

Este capítulo visa apresentar os principais aspectos da legislação ambiental e correlata, necessários à implementação efetiva do Projeto Salobo e, o Anexo XIV deste documento, relaciona os dispositivos legais considerados.

Optou-se aqui por desenvolver o tema, de acordo com a organização político-administrativa do Brasil e na distribuição de suas respectivas competências para legislar sobre as matérias consideradas, determinadas pela Constituição Federal. Assim, e em razão da localização do empreendimento, incidirão sobre as atividades do Projeto Salobo as legislações ambientais da União Federal e do Estado do Pará, além da legislação de recursos hídricos.

Pelo fato do empreendimento estar inserido na área da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri e, ainda, ter suas facilidades de acesso e alimentação de energia em terrenos da Floresta Nacional de Carajás, incidirão sobre ele as determinações da legislação Federal que regulamenta as Unidades de Conservação, bem como os Decretos de criação das referidas Florestas Nacionais.

### **6.1 Competência para Legislar sobre Meio Ambiente**

De acordo com o artigo 18 da Carta Constitucional de 1988, a organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos.

No que concerne à distribuição de competências no texto constitucional, a União Federal reserva para si a competência privativa de legislar sobre algumas matérias, inclusive, "jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia" (CF, art. 22, XII). Ainda, foi atribuída à União, aos Estados e ao Distrito Federal a competência para legislar sobre algumas matérias, dentre as quais se destacam: florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição; proteção ao patrimônio, histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico; responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

No âmbito da legislação concorrente, a competência da União limita-se a estabelecer normas gerais, podendo os Estados e Municípios legislar supletiva e complementarmente. Caso não existam normas federais sobre essas matérias, os Estados exercem a competência legislativa plena.

Além dessa repartição constitucional de competências, foram atribuídas, pelo artigo 23 da Constituição Federal, algumas obrigações em comum à União, Estados, Distrito Federal e Municípios, das quais se destacam: proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos; proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas; preservar as florestas, a fauna e a flora; registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.

Logo, a estrutura da legislação do Meio Ambiente segue uma linha hierárquica que tem, em seu topo, a Constituição Federal, seguida das Legislações Federal, Estaduais e do Distrito Federal e, por último, a Municipal.

## **6.2 Legislação Federal**

No quadro da Legislação Federal sobre o Meio Ambiente, surge em primeiro plano a Constituição Federal e, em segundo, a legislação infraconstitucional composta por leis ordinárias e legislação complementar (Decretos, Resoluções, Portarias).

### **6.2.1 Constituição Federal**

O ordenamento jurídico do País está fundamentalmente consubstanciado na Constituição Federal, promulgada em 1988. Por esse ordenamento foi instituído, como uma das pedras angulares do direito, o princípio da supremacia do interesse público sobre o privado. O exercício dos direitos individuais é condicionado ao bem estar social. Não só a propriedade, como também a liberdade individual, sofrem limitações, tendo em vista os interesses públicos.

Assim, a estrutura jurídica da proteção do meio ambiente no Brasil decorre do princípio consagrado no artigo 225 da Constituição Federal, pelo qual "todos têm direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações".

Após definir o meio ambiente como de interesse público, o texto constitucional determina ao Poder Público a obrigatoriedade de "exigir", na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade" (CF, art. 225, IV).

Esse mandamento incide diretamente sobre a atividade de mineração, considerada, nos termos da legislação ordinária como "*atividade causadora de significativa degradação do meio ambiente*".

No mesmo artigo 225, parágrafo 2º, a Carta Constitucional estabelece obrigação à atividade de mineração ao determinar que "*aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei*".

Com relação às sanções administrativas e penais, o parágrafo 3º do artigo 225 da Constituição Federal estabeleceu que "*as condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar o dano*".

Ressalte-se que o exercício da atividade de mineração está sujeita, também, a outras determinações contidas na Carta Constitucional, relacionadas ou não com a proteção ambiental.

Dessa forma, o artigo 20, em seus incisos IX e X, estabelece que são bens da União os recursos minerais, inclusive os do subsolo, além das cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos e, o artigo 23, já mencionado, esclarece que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, proteger os documentos, as obras e outros bens de valor artístico, histórico, cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos.

O artigo 176 determina que as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica, constituem propriedades distintas das do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento e pertencem à União, garantida, ao concessionário, a propriedade do produto da lavra.

### **6.2.2 Política Nacional do Meio Ambiente – O Licenciamento Ambiental**

A Política Nacional do Meio Ambiente é definida pela Lei nº 6.938, de 31/08/81 e pelo Decreto nº 99.274/90 que a regulamenta. Entre seus objetivos destaca-se a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico.

Constituem instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental; o zoneamento ambiental; a avaliação dos impactos ambientais; o licenciamento e a revisão das atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, o Cadastro Técnico Federal de Atividades, entre outros instrumentos.

Pelo art. 3º da Lei nº 6.938/81 os conceitos de meio ambiente, de poluição e de recursos ambientais podem ser entendidos como:

*“I – meio ambiente: o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; .III - poluição: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) possam prejudicar a saúde, a segurança e o bem estar da população; b) criem condições adversas as atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e*

*subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.”*

A Lei nº 6.938/81 e seu Regulamento consagram, como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras. Foi estabelecida, nessa legislação, a obrigatoriedade de prévio licenciamento para a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

Da mesma forma, a avaliação de impacto ambiental se constitui um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente e foi previsto, nessa legislação, que o licenciamento das atividades consideradas potencialmente poluidoras dependeria da elaboração de estudos de impacto ambiental, de acordo com critérios a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Complementando a legislação ambiental referente ao processo de licenciamento, a Lei nº 9.985, de 18/07/2000, que trata do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, determina que nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerado pelo órgão competente, com fundamento em estudo de impacto ambiental e respectivo relatório - EIA/RIMA, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral, de acordo com o disposto no Art. 36 e no regulamento desta Lei. O §1º desse mesmo artigo destaca que o montante de recursos a ser destinado pelo empreendedor para essa finalidade não pode ser inferior a meio por cento dos custos totais previstos para a implantação do empreendimento, sendo o percentual fixado pelo órgão ambiental licenciador, de acordo com o grau de impacto ambiental causado pelo empreendimento.

Ao órgão ambiental licenciador compete definir as unidades de conservação a serem beneficiadas, considerando as propostas apresentadas no EIA/RIMA e ouvido o empreendedor, podendo inclusive ser contemplada a criação de novas unidades de conservação (§2º, art. 36, Lei 9.985/2000)

Licenciamento de empreendimentos que afetem unidades de conservação ou sua zona de amortecimento somente será concedido mediante autorização do órgão responsável por sua administração e, mesmo que a UC não pertença ao Grupo de Proteção Integral, deverá ser uma das beneficiárias da compensação definida no referido Art. 26 da Lei do SNUC.

A Lei do SNUC estabelece, ainda, as penalidades administrativas aplicáveis por descumprimento de seus dispositivos.

A estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente encontra-se detalhada no artigo 3º do Decreto nº 99.274, de 06/06/90. Em seu artigo 7º, II, o referido Decreto concede ao Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, órgão consultivo e deliberativo, composto por representantes do governo e da sociedade civil, dentre outras atribuições a de "*baixar as normas de sua competência necessárias à execução e implementação da Política Nacional do Meio Ambiente*". O órgão executor das decisões do CONAMA é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.



Em 28 de fevereiro de 2001 foi sancionada a Lei nº 9.605 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, entre outras providências, inovando a possibilidade da criminalização da pessoa jurídica. O art. 3º dessa Lei trata da responsabilidade administrativa, civil e penalmente das pessoas jurídicas, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade. O parágrafo único desse artigo destaca, ainda, que a responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato.

Quanto à atividade de mineração, o Art. 55 da Lei 9.605/2001 estabelece a pena e caracteriza como crime ambiental o ato de executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida. Ademais, o parágrafo único desse mesmo artigo inclui nas mesmas penas quem deixar de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou autorização do órgão competente.

### **6.2.3 Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**

Para a regulamentação e implementação da Política Nacional do Meio Ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA aprova normas sob a forma de Resoluções. A implantação das atividades potencialmente poluidoras submete-se a normas expedidas por esse Conselho, devendo ser ressaltadas as que se seguem:

- **Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/86**

Estabelece a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, para as atividades que discrimina, facultando aos órgãos ambientais exigir esses estudos para outras atividades não discriminadas.

Nos termos da Resolução CONAMA nº 001/86, o RIMA deve contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução; identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza; considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação, na área de influência do projeto e sua compatibilidade.

Por força, ainda, do estabelecido nessa Resolução, o Estudo de Impacto Ambiental deve desenvolver o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto com completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

- a) **o meio físico** - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos de água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

- b) **o meio biológico e os ecossistemas naturais** - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) **o meio socioeconômico** - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

Os estudos devem ser providos ainda de:

- uma análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, por meio da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais;
- definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas;
- programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

- **Resolução CONAMA nº 001-A, de 23/01/1986**

Dispõe sobre o transporte de cargas perigosas determinando, ao transportador, a obrigatoriedade de comunicar aos órgãos estaduais de meio ambiente, com antecedência mínima de 72 horas, a efetivação do referido transporte, recomendando aos órgãos estaduais que definam em conjunto com os órgãos de trânsito, os cuidados a serem adotados.

- **Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986**

Classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional e estabelece normas e padrões para a qualidade das águas e lançamento de efluentes em cursos de água. Essa resolução define que a classificação representa a qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade). Define, também, que o enquadramento estabelece o nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo

Essa Resolução regulamenta a classificação das águas interiores do território brasileiro segundo os seus usos preponderantes, estabelecendo que, enquanto não forem procedidos os enquadramentos, as águas doces serão sempre consideradas como integrantes da Classe 2 (Art. 20, alínea f).

- **Resolução CONAMA nº 03, de 28/06/1990**

Define e estabelece os padrões de qualidade do ar e, em seu artigo 1º, conceitua como esses padrões "*as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como ocasionar danos à flora, à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral*".

- **Resolução CONAMA nº 08, de 06/12/1990**

Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes no ar (padrões de emissão) em fontes fixas de poluição. Trata-se de legislação complementar à Resolução CONAMA nº 05, de 15/06/90, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR.

O objetivo dessa Resolução é estabelecer os limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição com potenciais nominais totais até 70 MW (setenta megawatts) e superiores.

Esse processo de combustão foi definido como toda a queima de substâncias combustíveis realizadas nos seguintes equipamentos: caldeiras; geradores de vapor; centrais para a geração de energia elétrica; fornos; fornalhas; estufas e secadores para a geração de energia térmica; incineradores e gaseificadores.

- **Resolução CONAMA nº 9, de 03/12/1987**

Essa Resolução regulamenta a realização da Audiência Pública, figura jurídica criada em 1986, quando da publicação da Resolução CONAMA nº 001/86 que, no parágrafo 2º de seu artigo 11 estabeleceu: "*ao determinar a execução do Estudo de Impacto Ambiental e apresentação do RIMA, o órgão estadual competente ou, quando couber, o Município, determinará o prazo para recebimento de comentários a serem feitos pelos órgãos públicos e demais interessados e, sempre que julgar necessário, promoverá a realização de audiência pública para informação sobre o projeto, seus impactos ambientais e discussão do RIMA.*"

A figura jurídica da Audiência Pública decorre do princípio constitucional da publicidade dos Estudos de Impacto Ambiental (CF, art. 255, IV) e do princípio da publicidade dos atos administrativos (CF, art. 37). Seu objetivo é expor aos interessados o conteúdo do produto em análise contemplado pelo RIMA, dirimindo dúvidas e recolhendo dos presentes críticas e sugestões. A finalidade da Audiência Pública é discutir o projeto e não julgar se ele pode ou não ser implantado, já que quem julga e decide sobre a implantação é o órgão ambiental competente.

O resultado da Audiência Pública é uma Ata, contendo as críticas e sugestões nela explicitadas que, juntamente com o EIA/RIMA é remetida à análise e parecer do licenciador, que irá ou não aprovar o projeto. Estão legitimados para requerer a realização da Audiência Pública o Poder Executivo, o Ministério Público, entidades civis e grupos constituídos de 50 ou mais cidadãos.

Nos termos da Resolução CONAMA 09/1987, a Audiência Pública deverá ser realizada em local acessível aos interessados, podendo haver mais de uma Audiência Pública sobre o mesmo projeto. A escolha do local compete ao órgão ambiental, que também decide sobre a realização de mais de uma Audiência, se a localização geográfica dos solicitantes for diversa.

- **Resolução CONAMA nº 237 de 19/12/1997**

Estabelece normas para o licenciamento ambiental, definindo o objeto das Licenças Prévia, de Instalação e de Operação e relaciona, em seu Anexo I, as atividades sujeitas ao licenciamento.

Determina que a licença ambiental, para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio, dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), ao qual dar-se-á publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação.

Atribui competência ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, para conceder o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional, inclusive as localizadas ou desenvolvidas em Unidades de Conservação de domínio da União (art. 10, Lei 6.938/1981).

#### **6.2.4 Legislações Diversas de Proteção aos Recursos Ambientais**

Ao lado da legislação sobre a proteção do Meio Ambiente, o ordenamento jurídico do País convive, também, com legislação específica sobre o uso de alguns dos recursos ambientais, o que imprime a necessidade de articulação e integração desses diversos instrumentos legais.

##### **6.2.4.1 Proteção à Flora**

A proteção à flora foi estabelecida especialmente pela Lei nº 4.771, de 15/09/65, que instituiu o Código Florestal. Essa legislação estabelece restrições ao direito de propriedade sobre as árvores e a vegetação em geral, condicionando seu uso ao interesse público e delimita áreas onde a vegetação não pode ser suprimida.

O Código Florestal introduziu a categoria da vegetação de preservação permanente, em virtude da qual as florestas e demais formas de vegetação, situadas em determinados locais não podem ser suprimidas. Nos termos do artigo 2º dessa Lei são consideradas como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação situadas ao longo dos rios, córregos, ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais, nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos de água e veredas, nos topos de morros, montes e montanhas, nas linhas de cumeada, nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 100% ou 45° na sua linha de maior declive, nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais e em altitude superior a 1.800m, qualquer que seja a sua vegetação.

A supressão de vegetação considerada como de preservação permanente é admitida, de acordo com o parágrafo primeiro, do artigo 3º da Lei 4.771/65, quando necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou de interesse social, com prévia autorização do Poder Executivo Federal, atualmente representado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

#### 6.2.4.2 Florestas Nacionais

A Lei nº 9.985, de 18/07/2000, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dividiu estas em dois grupos, com características específicas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

Dentro do Grupo das Unidades de Uso Sustentável foi incluída a Floresta Nacional, considerada como *“uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”*.

Os parágrafos do artigo que definem essa categoria de Unidade de Conservação destacam:

- §1º *A Floresta Nacional é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares, incluídas em seus limites, devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei.*
- §2º *Nas Florestas Nacionais é admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação, em conformidade com o disposto em regulamento e no Plano de Manejo da unidade.*
- §3º *A visitação pública é permitida, condicionada às normas estabelecidas para o manejo da unidade pelo órgão responsável por sua administração.*
- §4º *A pesquisa é permitida e incentivada, sujeitando-se à prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade, às condições e restrições por este estabelecidas e àquelas previstas em regulamento.*
- §5º *A Floresta Nacional disporá de um Conselho Consultivo, presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e, quando for o caso, das populações tradicionais residentes.*

Como estabelecido na Lei nº 9.985/00, o Zoneamento de uma Unidade de Conservação é *“a definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz”*.

Nesse contexto, o Zoneamento é a ferramenta básica utilizada para a Gestão Dinâmica da Unidade de Conservação, determinando o ordenamento do uso do solo na UC, de modo a cumprir com os objetivos das Florestas Nacionais estabelecidos pelo Decreto nº 1.298/94, quais sejam:

- *“promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeira e outros produtos vegetais;*
- *garantir a proteção dos recursos hídricos, belezas cênicas, e dos sítios históricos e arqueológicos; e,*
- *fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo.”*

O Zoneamento em questão está inserido no contexto da temporalidade estabelecida na elaboração do plano de manejo, que tem como referência um horizonte de 10 anos, podendo ser revisto a cada 5 (cinco) anos, em função de mudanças significativas na Unidade de Conservação.

### Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri

O Decreto nº 97.720, de 05 de maio de 1989 criou a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri no Estado do Pará, em cuja área serão instaladas as atividades extrativas do Projeto Salobo. Está previsto, nesse Decreto, que, consideradas as peculiaridades geológicas da área da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, incluem-se, dentre seus objetivos de manejo, a pesquisa, a lavra, o beneficiamento, o transporte e a comercialização de recursos minerais.

A área do Projeto Salobo está inserida dentro da Zona de Mineração, definida pelo documento supracitado como a área sob a qual estão localizadas as jazidas minerais atualmente conhecidas e asseguradas pelas Portarias de Lavras e aquelas em processo de tramitação junto ao DNPM.

No mesmo decreto foi estabelecido, em seu Art. 3º, que:

*“Objetivando atingir fins técnico-científicos e econômicos, fica o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis autorizado a celebrar convênios e o manejo futuro dos recursos naturais da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, sob regime de produção sustentada”.*

Para tanto, o IBAMA e a Companhia Vale do Rio Doce CVRD, contam com o convênio nº 005/88 celebrado entre a extinta Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA e a CVRD.

#### **6.2.4.3 Proteção à Fauna e à Pesca**

A proteção à fauna encontra-se estabelecida na Lei nº 5.197, de 03/01/67. Trata-se de lei especial que tem por objetivo proteger a fauna silvestre, bem como os seus ninhos, abrigos e criadouros naturais, considerados como propriedades do Estado, sendo expressamente proibida a sua utilização, perseguição, destruição, caça ou apanha.

De maneira geral, o *habitat* do animal silvestre é constituído por formações fitogeográficas do País e a destruição desses ecossistemas pelo desmatamento somente poderá ocorrer caso haja licenciamento do próprio Poder Público, à vista do caráter de utilidade pública ou interesse social da atividade do empreendimento.

As normas de proteção à pesca estão previstas no Decreto nº 221, de 28/02/67, que condiciona o exercício da pesca ao atendimento das determinações emanadas do órgão federal competente, ou seja, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

#### **6.2.4.4 Recursos Minerais**

De acordo com o Decreto-Lei nº 227, de 28/02/67, que instituiu o Código de Mineração, compete à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral, a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais. O Código de Mineração regula os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País.

O exercício da atividade minerária, nos termos do Código de Mineração, está sujeito à adoção, pelo titular, de limitações necessárias à salvaguarda dos interesses públicos, tais como:

- a pesquisa em leitos de rios navegáveis e fluviáveis, nos lagos e na plataforma submarina, não pode prejudicar os interesses da navegação ou flutuação e seu exercício fica sujeito à adoção das exigências que, nesse sentido, forem impostas pela autoridade competente;
- a pesquisa na faixa das fortificações, das estradas de ferro, das rodovias, dos mananciais de água potável, das vias ou logradouros públicos, depende do assentimento das autoridades sob cuja jurisdição elas estiverem;
- a lavra não será autorizada quando, a juízo do governo, for considerada prejudicial ao bem público ou comprometer interesses que superem a utilidade da exploração industrial;
- o titular da concessão é obrigado a evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos e, ainda, evitar a poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração.

A obrigação de recuperar áreas degradadas constitui um dos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente e encontra-se estabelecida na Lei nº 6.938/81, artigo 2º, inciso VIII. Em 1989 foi publicado o Decreto nº 97.632, de 10 de abril, que dispõe sobre o Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD. Esse Decreto estabelece que os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão apresentar ao órgão ambiental competente o Plano de Recuperação de Área Degradada, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

Para os empreendimentos já existentes à data da publicação do Decreto nº 97.632/89, foi estabelecida a obrigatoriedade de apresentar, ao órgão ambiental competente, em 180 dias, o respectivo PRAD. Esse Decreto conceitua o que é considerado como degradação, definindo como processos resultantes dos danos ao meio ambiente aqueles pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades. Estabelece, ainda, que a recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, visando a obtenção da estabilidade do meio ambiente, de acordo com plano preestabelecido para o uso do solo.

#### **6.2.4.5 Recursos Hídricos**

A CF/88 determinou ser de competência da União instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos e criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, bem como definir critérios de outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, de acordo com o inciso XIX do art. 21 da CF/88: *Art. 21. Compete à União: XIX- instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso.*

A Constituição de 1988 aboliu, de seu texto, a figura da propriedade privada da água, o que era previsto no Código de Águas, instituído pelo Decreto nº 24.643, de 10/7/34, com as alterações do Decreto-Lei nº 852, de 11/11/38, e que admitia esse tipo de propriedade.

O regime constitucional vigente divide o domínio das águas entre a União e os Estados. Pertencem à União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio (grifo nosso), ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham (art. 20, III, da CF/88). São de propriedade dos Estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (art. 26, I, da CF/88).

Em 8 de janeiro de 1997 foi sancionada a Lei 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Constituem fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (art. 1º):

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

São seis (6) os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga de direito de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a Municípios; o sistema de informações sobre recursos hídricos.

A Lei 9.433/97, em seu art. 32, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos que é integrado pelos seguintes órgãos e instituições: Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Agência Nacional de Águas; Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacia Hidrográfica; órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; Agências de Água (Agências de Bacia Hidrográfica).

A Agência Nacional de Águas – ANA foi criada pela Lei nº 9.984, de 17/7/2000, na forma de autarquia sob regime especial e tem por finalidade implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos. A ANA é uma entidade executiva e reguladora, cuja competência está voltada principalmente para implementar os instrumentos técnicos da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre outras competências.

Nesse contexto, os cursos de água inseridos na Área Diretamente Afetada - ADA e na Área de Influência Direta - AID do Projeto Salobo são de domínio da União, em virtude de estarem situados em terrenos de seu domínio, sendo, portanto, de competência da ANA a emissão do diploma de outorga de direito de uso dos recursos hídricos superficiais na área de influência do Projeto.



## **6.3 Legislação Ambiental do Estado do Pará**

### **6.3.1 Constituição Estadual**

A Constituição do Estado do Pará prevê que é competência do Estado proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, preservar as florestas, a fauna e a flora e legislar sobre as florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do ambiente e controle da poluição e no artigo 225, inciso IV e no parágrafo segundo exige:

- Para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;
- Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

Nesta Constituição, foi assegurado ao cidadão o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Ao Estado foi atribuído proteger a flora e a fauna, a fim de assegurar a diversidade das espécies e dos ecossistemas e a preservação do patrimônio genético e, ainda, exigir prévia anuência do órgão estadual de controle e política ambiental, para início, ampliação ou desenvolvimento de atividades capazes de causar degradação ambiental.

### **6.3.2 Política Estadual do Meio Ambiente**

A política de proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado do Pará é definida pela Lei nº 5.887 de 09/05/95 a qual prevê que o controle ambiental nos limites do território do Estado será exercido pela Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM e que os resíduos líquidos, sólidos, gasosos ou em qualquer estado de agregação da matéria, proveniente de fontes poluidoras, somente poderão ser lançados ou liberados, direta ou indiretamente, nos recursos ambientais situados no território do Estado, desde que obedecidas as normas e padrões estabelecidos nesta Lei e em legislação complementar.

Prevê ainda esta Lei estadual que a lavra de recursos minerais sob qualquer regime de exploração e aproveitamento, dependerá de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sempre respeitada a legislação federal pertinente e os demais atos e normas específicos de atribuição da União e que a realização de trabalhos de pesquisa, lavra ou beneficiamento de recursos minerais em espaços territoriais especialmente protegidos, dependerá do regime jurídico a que estiverem submetidos podendo o Poder Público estabelecer normas específicas para permiti-los ou impedi-los, conforme o caso, tendo em vista a preservação do equilíbrio ecológico.

De acordo com a mesma Lei, os responsáveis pela execução de atividades minerárias, ficam obrigados a efetuar o monitoramento sistemático dos componentes ambientais atingidos pela operação e que detentor de qualquer título minerário fica obrigado a informar o órgão ambiental sobre a presença de monumentos geológicos, depósitos fossilíferos, sítios arqueológicos e cavernas na área de influência direta da execução de suas atividades, assim como se responsabilizar pela sua preservação.

### 6.3.3 Política Estadual de Recursos Hídricos

O Estado do Pará dispõe de legislação estadual de Recursos Hídricos (Lei 6.381 de 25 de julho de 2001), que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Seguindo as mesmas diretrizes preconizadas na Lei Federal Nº 9.433/97 (art. 12), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, os usos dos recursos hídricos sujeitos à outorga pelo Poder Público no Estado do Pará estão descritos no Art.12 da Lei 6381/2001, incluindo:

- I – derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;*
- II – extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;*
- III – lançamento de esgotos e demais resíduos, tratados ou não, em corpo de água, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;*
- IV – aproveitamento de potenciais hidrelétricos;*
- V – utilização das hidrovias para o transporte;*
- VI – outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”*

No texto legal, da legislação estadual do Pará, não se encontra definição técnica sobre a vazão de referência utilizada para subsidiar o processo de outorga de direito de uso das águas, bem como a determinação do fluxo residual mínimo que deve ser mantido a jusante de captações ou barramentos.

No entanto, a aprovação da implantação das estruturas componentes do Plano Diretor do Salobo, tais como barragens de rejeito e de captação, diques de contenção de sedimentos e desvios de cursos de água está sujeita à solicitação da outorga, de acordo com a Lei Federal Nº 9.433/97, citada anteriormente. Deverão ser levadas em consideração as características do regime hidrológico da região, observadas quando da implantação de outros empreendimentos.

A grande variação do fluxo, entre os períodos de estiagem e cheias, bem como a capacidade de armazenamento das bacias deverão ser consideradas no estabelecimento dos critérios de solicitação de outorga, como fatores positivos à instalação de estruturas hidráulicas.

## 7. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS ESTUDOS AMBIENTAIS

As Áreas de Influência para elaboração dos estudos ambientais do Projeto Salobo foram definidas, genericamente, como sendo os espaços geográficos potencialmente afetados pelo empreendimento, nas diversas fases, quais sejam: planejamento, implantação, operação e desativação, considerando-se as características locais e regionais de onde está inserido, bem como os reflexos resultantes das suas interações com o meio e vice-versa.

A despeito desse conceito geral, cada meio, seja Físico, Biótico ou Antrópico, é influenciado, ou sofre alterações, de forma diferente, em relação aos efeitos decorrentes das ações do empreendimento.

Nesse contexto, vale ressaltar que os efeitos decorrentes do transporte do concentrado por via ferroviária, no trecho compreendido entre Parauapebas e o Terminal de Ponta da Madeira, no Porto de Itaqui, em São Luiz, Estado do Maranhão, foram considerados de pouca expressão, uma vez que o volume do concentrado do Projeto Salobo deverá representar um incremento de cerca de 1% a toda produção mineral da Região de Carajás transportada, atualmente, por essa via.

Conforme orientações do empreendedor, os trabalhos ora em desenvolvimento tomaram, também, como referência, as instruções contidas no Manual de Licenciamento Ambiental, elaborado pela CVRD (versão 11/2003). Esse documento contempla, entre outros aspectos, o conjunto de procedimentos que propiciam a uniformização dos termos e definições, associados ao processo de licenciamento ambiental, valendo, ainda, referenciar, no contexto do referido Manual, as Diretrizes e Critérios Técnicos Gerais para a Avaliação de Impactos Ambientais.

Assim, conciliando-se os conceitos e diretrizes básicas anteriormente expostos, com as especificidades inerentes ao empreendimento, foram definidos limites distintos para a Área de Influência do Projeto Salobo, para os Meios Físico, Biótico e Antrópico. A delimitação geográfica das unidades de análise ambiental (Áreas de Influência) do presente projeto, ficou definida conforme descrito a seguir, podendo ser visualizada nos desenhos D2-039-5130-1310-0023 e D2-039-5130-1310-0024, apresentados no Anexo I e pela Figura 7.1, apresentada ao final deste item.

### 7.1 Meios Físico e Biótico

**Área Diretamente Afetada (ADA)** – corresponde às áreas que serão ocupadas pelo empreendimento propriamente dito, considerando-se um afastamento geral da ordem de 50m do limite externo das estruturas, de modo a incorporar a área que deverá ser utilizada durante as obras de implantação e, pelos serviços de manutenção, durante a vida útil do empreendimento.

Nesse sentido, contempla as áreas de cava, as pilhas de estéril e minério (oxidado e marginal), a planta industrial de beneficiamento, as estruturas de controle ambiental (barragens de rejeito e de finos), as unidades industriais auxiliares (britagem, correia transportadora, oficinas, almoxarifados, laboratório, depósito de explosivos, posto de abastecimento de combustível), as estruturas de apoio ao empreendimento (alojamentos, refeitórios, setor administrativo, portaria), as unidades de infra-estrutura básica (subestação de energia, sistemas de captação e distribuição

de água, sistemas de tratamento de esgoto, aterros sanitários, sistemas de telecomunicações), além das áreas ocupadas pelos acessos internos, linhas de transmissão e distribuição de energia, bem como as áreas a serem utilizadas para serviços de terraplenagem e obras civis.

Além dessas, estão incluídas nessa unidade espacial de análise, as áreas a serem ocupadas pela estrada por onde será transportado o concentrado até a cidade de Parauapebas, os insumos e a mão-de-obra, hoje utilizada para acesso ao Acampamento 3 Alfa (rodovia PA-275 - Raimundo Mascarenhas), considerando-se as faixas de servidão. Acrescente-se, ainda, nessa unidade de análise, a área onde será implantada a Linha de Transmissão, que atravessa a APA do Igarapé Gelado até a cidade de Parauapebas, além da área da estrada de ferro por onde o concentrado será transportado, no trecho compreendido entre Parauapebas e o Terminal de Ponta da Madeira.

**Área de Influência Direta (AID)** - circunscreve a ADA, considerando-se a área sujeita aos reflexos dos impactos diretos decorrentes da implantação e operação do empreendimento. As bases para definição do limite da área de influência direta para esses meios contemplaram aspectos geomorfológicos, relacionados aos elementos de relevo e de hidrografia, tais como o talvegue de uma drenagem ou linhas de topo das encostas adjacentes, que poderão servir como barreiras imediatas para a proliferação do impacto ou interferência decorrente de alguma ação do empreendimento.

Vale ressaltar que, para a avaliação de alguns fatores ambientais, esses limites podem ser estendidos, de modo a compreender áreas diretamente impactadas. É o caso da qualidade das águas, para a qual toda a drenagem a jusante das estruturas de contenção deverá ser considerada, até a sua confluência com uma drenagem de vazão mais expressiva, como o rio Itacaiúnas. Para os estudos da ictiofauna, a área de influência direta engloba toda a bacia do Igarapé Salobo, além da drenagem de margem esquerda do baixo rio Cinzento, assim como a sua calha, considerando o trecho compreendido entre a confluência com o Igarapé Trator, até a sua foz, no rio Itacaiúnas.

Para as estruturas de transporte e de alimentação de energia, que interligam a Unidade Minerária ao terminal de embarque do produto, deverá ser considerada como Área de Influência Direta, uma faixa de 400m ao longo dessas estruturas, sendo de 200m o afastamento de cada lado, a partir dos respectivos eixos.

**Área de Influência Indireta (AII)** – é a área que circunscreve a Área de Influência Direta - AID e representa o espaço onde serão refletidos os impactos indiretos decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

Para os meios físico e biótico, o limite dessa área foi estabelecido com base na potencial influência das atividades da mineração em relação aos recursos hídricos. Diante disso, na área de mineração, foi definida por parte da bacia do Igarapé Salobo, tendo em vista que a densa formação vegetal representada pela Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, a ser preservada fora dos limites da Área Diretamente Afetada, funcionará como um fator de tamponamento natural aos reflexos dos impactos das atividades de mineração, principalmente no que tange aos efeitos sobre o meio biótico. Em função desse arranjo ambiental, foi considerado adequado o estabelecimento de um limite que, em alguns pontos, secciona a referida bacia de contribuição do Igarapé Salobo, conforme indica o Desenho D2-039-5130-1310-0023.

Para as estruturas lineares de acesso, transporte do concentrado e de alimentação de energia, o limite da AII foi estabelecido como coincidente com o da AID, anteriormente definido.

## 7.2 Meio Antrópico

**Área Diretamente Afetada (ADA)** – foi considerada a mesma Área Diretamente Afetada para os Meios Físico e Biótico, correspondendo ao espaço a ser ocupado pela exploração minerária propriamente dita, suas estruturas de apoio e acesso.

**Área de Influência Direta (AID)** – compreende o município de Marabá e a cidade de Parauapebas. O município de Marabá, pelo fato do Projeto Salobo estar inserido em área pertencente ao seu território, cabendo ressaltar, de antemão, os benefícios a serem a ele agregados, traduzidos pelo aumento de arrecadação de receitas de impostos e *royalties*, durante as fases de implantação e operação do empreendimento.

A inclusão da cidade de Parauapebas justifica-se por ser o núcleo urbano mais próximo à área do Projeto (100km de distância, aproximadamente) e melhor estruturado para absorver as demandas geradas em função do empreendimento, pela facilidade de acesso, tanto rodoviário quanto ferroviário. Observa-se, que já se encontra incorporado ao perfil demográfico dessa cidade, o papel de polarizador de população atraída direta e indiretamente pelas infra-estruturas dos Projetos Ferro Carajás e Sossego, situação que poderá se expandir com a inclusão do empreendimento em pauta.

**Área de Influência Indireta (AII)** – compreende a região de influência da CVRD, no Estado do Pará, mais precisamente a Microrregião de Parauapebas que engloba os municípios mineradores do Sudeste Paraense, cuja formação histórica e econômica guardam estreita relação com os processos de exploração minerária empreendidos por essa companhia nessa região.

Embora o Projeto Salobo seja considerado uma fração do complexo minerário de Carajás, seu estudo deverá ser conduzido de forma mais abrangente, ou seja, sob a ótica macrorregional, por ser parte integrante das atividades minerárias instaladas na região, cujos reflexos extrapolam o espaço territorial onde se implantam. Portanto, para a definição da AII do Projeto Salobo, levou-se em conta o raio de incidência dos reflexos causados por intervenções desta natureza, independente do seu grau de intensidade e do seu caráter, se positivo ou negativo.

FIGURA 7.1 – ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO MEIO ANTRÓPICO

## 8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 8.1 ESTUDOS DO MEIO FÍSICO

Os estudos relacionados ao Meio Físico tiveram como objetivo o conhecimento das características do substrato e de sua dinâmica superficial, para compreender as possíveis interações resultantes da inserção do Projeto Salobo em um ambiente natural, em considerável estágio de conservação. Nesse sentido, as avaliações temáticas do Meio Físico objetivaram compor o documento das características ambientais, antes da implantação do empreendimento.

Os contextos climático e meteorológico foram analisados em âmbito regional e local, como forma de subsidiar o conhecimento sobre o comportamento hidrológico e hidrogeológico, dentre outros temas contemplados no presente estudo.

A caracterização geológica, em especial os aspectos lito-estruturais, permitiu o reconhecimento da influência de suas principais variáveis na esculpura atual da paisagem, traduzida no contexto de suas geoformas, solos associados e no balanço entre a pedogênese e a morfogênese.

Os levantamentos pedológicos tiveram como objetivo relacionar e estudar as classes de solos presentes na área de estudo, buscando a relação entre os atributos físicos que possam explicar sua distribuição na paisagem.

O enfoque geomorfológico adotado pautou-se na caracterização das geoformas da área de estudo, na análise dos aspectos geodinâmicos e na influência desses aspectos na organização das diferentes paisagens identificadas.

Já os estudos hidrológicos e hidrogeológicos visaram, além da avaliação do regime e do potencial hídrico, a determinação de redes de monitoramento dos recursos hídricos, no que se refere aos aspectos hidrométricos, de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, atendendo, assim, ao Plano de Controle Ambiental.

Os dados gerados consistirão em uma base de informações sobre as condições naturais das águas, permitindo a indicação dos parâmetros mais representativos do cenário hídrico local, com vistas a um acompanhamento comparativo frente às possíveis interferências decorrentes das fases de implantação e operação do empreendimento.

Com base no propósito apontado acima, foi realizado um cadastro de pontos de água no entorno imediato do sistema hídrico em questão, sendo apresentado um banco de dados que inclui nascentes, os pontos de captação de água (poços de bombeamento e de captações de superfície), poços piezométricos, poços de monitoramento e pontos de medição de descargas de superfície por meio de vertedouros e réguas linimétricas existentes até o momento da visita técnica à área do Projeto Salobo, ocorrida em novembro de 2003.

Além do diagnóstico da qualidade do ar, foi realizada uma avaliação acústica da área de inserção do empreendimento para o delineamento de um *background* representativo desses aspectos, sem a implantação do Projeto Salobo.

### 8.1.1 Metodologia Geral de Trabalho

Para o desenvolvimento dos estudos temáticos do Meio Físico foram realizadas, preliminarmente, as seguintes atividades básicas:

- obtenção das bases cartográficas disponíveis para a elaboração dos mapas que acompanham o relatório, incluindo dados de drenagem, altimetria, acessos e localização das estruturas do empreendimento, fornecidos pela Salobo Metais S.A.;
- obtenção e tratamento da imagem de satélite Landsat 222/064 de 13/08/2002, nas composições das bandas 3(B), 4(R) e 5(G) e pancromática;

levantamento das informações bibliográficas disponíveis sobre a área de inserção do Projeto Salobo. Nesse aspecto destacam-se, entre vários trabalhos, os estudos ambientais e de viabilidade econômica produzidos pela Salobo Metais, tais como o Estudo de Impacto Ambiental elaborado por JAAKKO PÖYRY Engenharia (1995); os documentos elaborados para atendimento às Condicionantes Ambientais de Licença Prévia 033/94, pela BRANDT Meio Ambiente (2002); o Relatório Preliminar de Viabilidade, elaborado pela MINERCONSULT (2003), além do Plano de Manejo para Uso Múltiplo da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, elaborado pela STCP Engenharia de Projetos (2003);

- delimitação das unidades espaciais de análise ambiental, representadas pelas ADA – Área Diretamente Afetada, AID – Área de Influência Direta e AII – Área de Influência Indireta;
- realização de trabalhos de campo durante os meses de novembro/2003 a maio/2004, com finalidades diversas, incluindo o reconhecimento da área, aferição de compartimentações prévias definidas com base nas informações cartográficas, imagem de satélite e mapas temáticos fornecidos, além da coleta de novos dados, como níveis de ruído de fundo, amostras de solos e de águas superficiais e subterrâneas para análises laboratoriais e medições atmosféricas, entre outros dados;
- elaboração dos relatórios temáticos, incluindo anexos e documentação fotográfica e, se for o caso, dos respectivos mapas, em escala 1:30.000, sendo que para apresentação final foi adotada a escala de 1:50.000.

Durante a realização dos trabalhos de campo, buscou-se avaliar unidades morfológicas distintas, de forma integrada, objetivando o conhecimento do nível de correlação entre solos, hidrografia, relevos e litologias, entre outros aspectos.

É importante ressaltar que, a partir do nível de detalhamento do material cartográfico disponível, e, também, devido à homogeneidade dos aspectos físicos e bióticos das três unidades espaciais de análise delimitadas para as atividades de mineração do empreendimento, quais sejam, a Área Diretamente Afetada - ADA, Área de Influência Direta – AID e Área de Influência Indireta - AII, estas foram consideradas em conjunto, para fins de mapeamento e da análise diagnóstica ambiental, sendo denominada como Área de Estudo da Unidade Minerária Projeto Salobo. O mesmo procedimento foi adotado para as estruturas lineares, de acesso e de transporte do concentrado, bem como para as de alimentação de energia.

Esse procedimento objetiva, tão somente, eliminar repetições, que seriam inevitáveis em uma condição onde os atributos ambientais se repetem ao longo da área a ser investigada.



Cabe ainda destacar que, apesar das informações pertinentes às diferentes áreas de estudo terem sido apresentadas em escala única, as atividades realizadas para a coleta de amostras de solos, levantamento de dados para monitoramentos hidrogeológico, acústico, de qualidade do ar e da água, concentraram-se, prioritariamente, nos locais que sofrerão intervenções diretas pelas estruturas do empreendimento.

Apesar desse enfoque adotado, os limites das diferentes áreas de estudo foram validados e serão considerados durante a análise e avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implementação do Projeto Salobo, já que os atributos que compõem a ADA serão mais alterados que os demais, enquanto que a AID e AII funcionarão como ambientes de amortecimento dessas modificações, atuando, portanto, como faixas de proteção para o restante da área florestal.

## **8.1.2 Clima e Meteorologia**

### **8.1.2.1 Procedimentos Metodológicos**

Os estudos climatológicos do Projeto Salobo foram desenvolvidos a partir de coleta e consistência de dados regionais, disponibilizados por entidades que operam estações climatológicas, no Estado do Pará. Dados locais também foram reunidos, consistidos e comparados com os dados regionais.

Como referências para execução dos trabalhos de caracterização climatológica, foram consultados os estudos ambientais anteriores (SMSA/JAAKKO PÖYRY, 1990, 1995; BRANDT Meio Ambiente, 2003 e OIKOS, 1991), os relatórios técnicos de engenharia elaborados para o empreendimento (MINERCONSULT, 2003 e SBC, 2003), além de dados do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, 1986.

A fim de compor uma rede de informações sobre as variáveis meteorológicas necessárias à caracterização da área de estudo, foram selecionadas as estações climatológicas e pluviométricas regionais de interesse ao projeto.

Foram, ainda, analisados os dados das variáveis climatológicas registrados na Estação Acampamento 3 Alfa, implantada em 1997, no sítio onde será instalado o Projeto Salobo, disponibilizados pela Salobo Metais (Anexo IV). Das estações regionais selecionadas, a Estação Marabá (82562) foi adotada como parâmetro para comparação entre os dados regionais e os locais, registrados pela Estação 3 Alfa, devido à sua localização e à consistência dos dados registrados.

As variáveis climatológicas analisadas foram: temperatura, umidade relativa do ar, número de horas de insolação, nebulosidade, precipitação, evaporação, velocidade e direção preferencial do vento.

A análise e a consistência dos dados pluviométricos foram elaboradas para identificar grupos homogêneos de estações pluviométricas capazes de caracterizar o regime pluviométrico e realizar os estudos de chuvas intensas na área do Projeto Salobo. Chuvas intensas são entendidas como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica.

Na região do Projeto Salobo, não existe equação previamente determinada para elaboração de estimativa de chuvas intensas. A análise da bibliografia clássica permite destacar o estudo de Otto Pfafstetter publicado, em 1957, pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento - DNOS e parcialmente reproduzido na bibliografia citada em CETESB (1986).

Como as estações pluviométricas estão equipadas com pluviômetros, não possuindo aparelho registrador, a análise estatística foi feita apenas para as amostras dos valores máximos anuais de precipitação entre 1 e 7 dias de duração. Para cada ano hidrológico do período de dados disponível, compreendido entre os meses de outubro e setembro, foi pesquisado o histórico de dados e selecionados os valores máximos registrados.

Os pontos de chuva máxima foram agrupados, ordenados e plotados, empregando-se a posição de plotagem de Weibull, para a determinação das probabilidades amostrais. Aos pontos amostrais, foram ajustadas as distribuições de probabilidades teóricas de Valores Extremos Tipo I (Gumbel), Log-Normal de 2 Parâmetros, Log-Pearson Tipo III e Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV), permitindo-se a extrapolação da curva de frequência e a estimativa dos quantis de precipitação entre 1 e 7 dias, para períodos de retorno notáveis.

Os quantis de precipitação diária foram desagregados em alturas de chuvas de menor duração, empregando a seguinte metodologia:

- transformação da precipitação diária, em altura de chuva de 24 horas de duração, pela multiplicação dos valores pelo fator 1,1;
- determinação das relações entre a chuva de duração de 24 horas e durações inferiores a este valor, para cada recorrência, utilizando a tabela ADF (altura de chuva – duração – frequência) da estação Alto Tapajós;
- divisão das relações obtidas, para cada período de retorno, pelos valores de chuva de 24 horas de duração resultante da análise de frequência de 1 dia de duração, a fim de determinar as alturas de chuva de menor duração neste local.

Os dados obtidos das estações da ANA já se apresentavam consistidos, bastando apenas identificar os postos com disponibilidade de dados suficiente para caracterizar o regime pluviométrico e elaborar estudos de frequência. Para as estações climatológicas e pluviométricas, encontram-se disponíveis somente os totais mensais. Foram também analisados os dados de estações pluviométricas operadas pela CVRD, no Complexo Minerador de Carajás.

Devido ao curto período de operação da Estação Climatológica Acampamento 3 Alfa (1997 a 2003), a estação pluviométrica de Serra dos Carajás foi selecionada como representativa da região do projeto. Para seleção da estação de Serra dos Carajás, foram analisadas, ainda, as seguintes condicionantes:

- similaridade da precipitação média anual e de distribuição da chuva mensal, em relação ao valor obtido para área do projeto (Estação Acampamento 3 Alfa);
- registro de menor número de falhas dentre as estações selecionadas.

Os valores de precipitação anual das estações pluviométricas analisadas permitiram o traçado das isoietas.

### 8.1.2.2 Caracterização Climática Regional

Segundo Köppen (NIMER, 1980), o clima da Amazônia é do tipo **A**, ou seja, tropical úmido com a temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18 °C. Köppen apresenta ainda a seguinte sub-classificação para o clima da região amazônica:

- Af** – clima tropical úmido, com precipitação média maior ou igual a 60mm para o mês mais seco;
- Am** – clima tropical úmido de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses;
- Aw** – clima tropical úmido, com inverno seco e precipitação média menor que 60mm para o mês mais seco.

O clima da região sudeste Paraense, onde se insere o Projeto Salobo, enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, como **Aw**, apresentando índice pluviométrico anual relativamente elevado e período bem definido de forte estiagem. Este tipo climático apresenta grande abrangência regional, ocorrendo desde São Luís do Maranhão aos vales do Parnaíba, Tocantins, Araguaia e Xingu.

Pode-se, também, classificar o clima regional como tropical quente e úmido, com períodos de estiagem no inverno, abrangendo os meses de junho, julho e agosto. A estação chuvosa compreende os meses de dezembro a abril.

O regime pluviométrico da área do Projeto Salobo está associado à sua localização, no chamado “corredor amazônico menos chuvoso”, de orientação NW-SE, de Roraima ao leste do Pará, que corresponde à área onde são menos frequentes as chuvas decorrentes dos sistemas de circulação predominantes na região, ou seja, a massa de ar equatorial (mEc) e a convergência intertropical (CIT).

As estações climatológicas identificadas na região de estudo são operadas pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia no Estado do Pará e estão apresentadas no Quadro 8.1.1.

#### QUADRO 8.1.1

##### Estações Climatológicas Regionais Operadas pelo INMET

| Estação            | Código INMET(*) | Coordenadas     | Período de Operação (**) |
|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| Altamira           | 82353           | 03°12' e 51°12' | 1967 – 1990              |
| Belém              | 82191           | 01°27' e 48°28' | 1972 – 1990              |
| Belterra           | 82246           | 02°38' e 54°57' | 1967 – 1990              |
| Breves             | 82188           | 01°40' e 50°29' | 1971 – 1989              |
| Conceição Araguaia | 82861           | 08°15' e 49°17' | 1966 – 1990              |
| Itaituba           | 82445           | 04°16' e 55°35' | 1971 – 1990              |
| Marabá             | 82562           | 05°21' e 49°09' | 1973 – 1990              |
| Monte Alegre       | 82181           | 02°00' e 54°05' | 1974 – 1990              |
| Óbidos             | 82178           | 01°55' e 55°31' | 1971 – 1990              |
| Porto de Moz       | 82184           | 01°44' e 52°14' | 1966 – 1990              |
| São Félix do Xingu | 82668           | 06°38' e 51°59' | 1973 – 1990              |
| Tiríós             | 82026           | 02°29' e 55°59' | 1972 – 1990              |
| Tucuruí            | 82361           | 03°43' e 49°43' | 1971 – 1990              |
| Tracuateua         | 82145           | 01°05' e 47°10' | 1973 – 1990              |

(\*) Código da estação climatológica de acordo com o INMET;

(\*\*) Período de operação informado na publicação Normais Climatológicas (1961 – 1990).

As estações pluviométricas com dados disponíveis, localizadas na região do empreendimento, correspondem às operadas pela ANA – Agência Nacional de Águas. Os dados dessas estações são disponibilizados pela internet. No Quadro 8.1.2, podem ser verificados o período de dados e os valores de precipitação anual.

Adicionalmente aos dados das estações destacadas nos Quadros 8.1.1 e 8.1.2, foram analisados os dados das estações inseridas no Complexo Minerador de Carajás, apresentadas no Quadro 8.1.3.

**QUADRO 8.1.2**  
**Estações Pluviométricas Regionais Operadas pela ANA**

| Número da Estação<br>Código ANA (*) | Nome da Estação        | Período de Dados (**)<br>Nº anos (início - fim) | Precipitação Média(***)<br>Total Anual (mm) |
|-------------------------------------|------------------------|---|---|
| 00549004                            | Serra Pelada           | 18 (1982 – 2001)                                | 1.437                                       |
| 00549006                            | Fazenda Rio Branco     | 10 (1985 – 1994)                                | 1.919                                       |
| 00549007                            | Km 60 – PA 150         | 14 (1988 – 2001)                                | 1.600                                       |
| 00552000                            | Belo Horizonte         | 23 (1976 – 1998)                                | 1.866                                       |
| 00649000                            | Fazenda Surubim        | 18 (1984 – 2001)                                | 1.625                                       |
| 00649001                            | Fazenda Santa Elisa    | 18 (1984 – 2001)                                | 1.639                                       |
| 00649002                            | Eldorado               | 17 (1985 – 2001)                                | 1.538                                       |
| 00650001                            | Fazenda Caiçara        | 18 (1984 – 2001)                                | 1.904                                       |
| 00650002                            | Serra dos Carajás (N5) | 17 (1985 – 2001)                                | 1.846                                       |
| 00651001                            | Boa Esperança          | 25 (1976 – 2001)                                | 1.925                                       |
| 00651002                            | Projeto Tucumã         | 18 (1984 – 2001)                                | 2.043                                       |
| 00652000                            | Primavera              | 22 (1976 – 1997)                                | 2.000                                       |
| 00749002                            | Xinguara               | 18 (1984 – 2001)                                | 1.834                                       |

(\*) Código da estação pluviométrica de acordo com ANA

(\*\*) Período de operação, com dados disponibilizados no site da ANA

(\*\*\*) Dado consistido.

**QUADRO 8.1.3**  
**Estações da CVRD Inseridas no Complexo Minerador de Carajás**

| Estação                             | Latitude   | Longitude   | Período de<br>Dados | Precipitação Média<br>Total Anual (mm) |
|-------------------------------------|------------|-------------|---------------------|--|
| Climatológica do Núcleo de Carajás  | 6° 04' 53" | 50° 04' 52" | 1968 – 2002         | 1.924                                  |
| Climatológica do Igarapé Bahia      | 6° 01' 47" | 50° 34' 54" | 1968 – 2002         | 1.926                                  |
| Pluviométrica do Mirante do N-4     | 6° 04' 30" | 50° 10' 00" | 1992 – 2002         | 1.849                                  |
| Pluviométrica do Pátio de Estocagem | 6° 02' 06" | 50° 08' 44" | 1982 – 2002         | 1.492                                  |
| Pluviométrica do Manganês           | 6° 06' 37" | 50° 17' 51" | 1986 – 2002         | 1.538                                  |

A localização das estações pode ser visualizada na Figura 8.1.1.

FIGURA 8.1.1 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS

A partir dos valores de precipitação anual do conjunto de estações, foram traçadas as isoietas, que podem ser visualizadas na Figura 8.1.2.

No Anexo IV, estão apresentados os dados climatológicos das estações selecionadas para o presente estudo, obtidos das entidades INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, Salobo Metais, CVRD – Companhia Vale do Rio Doce e ANA – Agência Nacional das Águas, mantendo-se o padrão de apresentação dos dados de cada entidade.

Os meses de abril a maio e setembro a novembro, correspondem, respectivamente, aos períodos de transição entre as estações chuvosa e seca. Os valores médios de precipitação pluviométrica mensal são intermediários, variando normalmente entre 100 e 150mm.

Os totais pluviométricos anuais apresentam, de ano para ano, acentuados desvios em relação aos valores das normais climatológicas.

Na região, os ventos atingem velocidades de 4 a 14km/h e têm direção preferencial Norte. As precipitações intensas, para a duração de 24 horas e período de retorno de 100 anos, não ultrapassam valores de 240mm, conforme prognósticos estatísticos para as estações pluviométricas analisadas.

A estação climatológica de Marabá foi selecionada como representativa da região, para subsidiar a comparação entre os dados regionais analisados e os dados locais, obtidos com o monitoramento na Estação Acampamento 3Alfa. As normais climatológicas da estação selecionada estão apresentadas no Quadro 8.1.4.

**QUADRO 8.1.4**  
**Normais Climatológicas da Estação Marabá – Valores Anuais**

| Variável                                 | Valor  | Unidade          |
|--|--------|------------------|
| Pressão Atmosférica                      | 1000,0 | Hpa              |
| Temperatura Média                        | 26,1   | ° C              |
| Temperatura Máxima                       | 31,7   | ° C              |
| Temperatura Mínima                       | 22,1   | ° C              |
| Temperatura Máxima Absoluta              | 38,1   | ° C (16/09/1974) |
| Temperatura Mínima Absoluta              | 15,6   | ° C (20/10/1975) |
| Precipitação Total                       | 2087,5 | mm               |
| Precipitação – Altura Máxima de 24 horas | 157,5  | mm (01/02/1974)  |
| Evaporação Total                         | 980,2  | mm               |
| Umidade Relativa                         | 82,0   | %                |
| Insolação Total                          | 1884,1 | Horas e décimos  |
| Nebulosidade                             | 5,6    | (0 – 10)         |

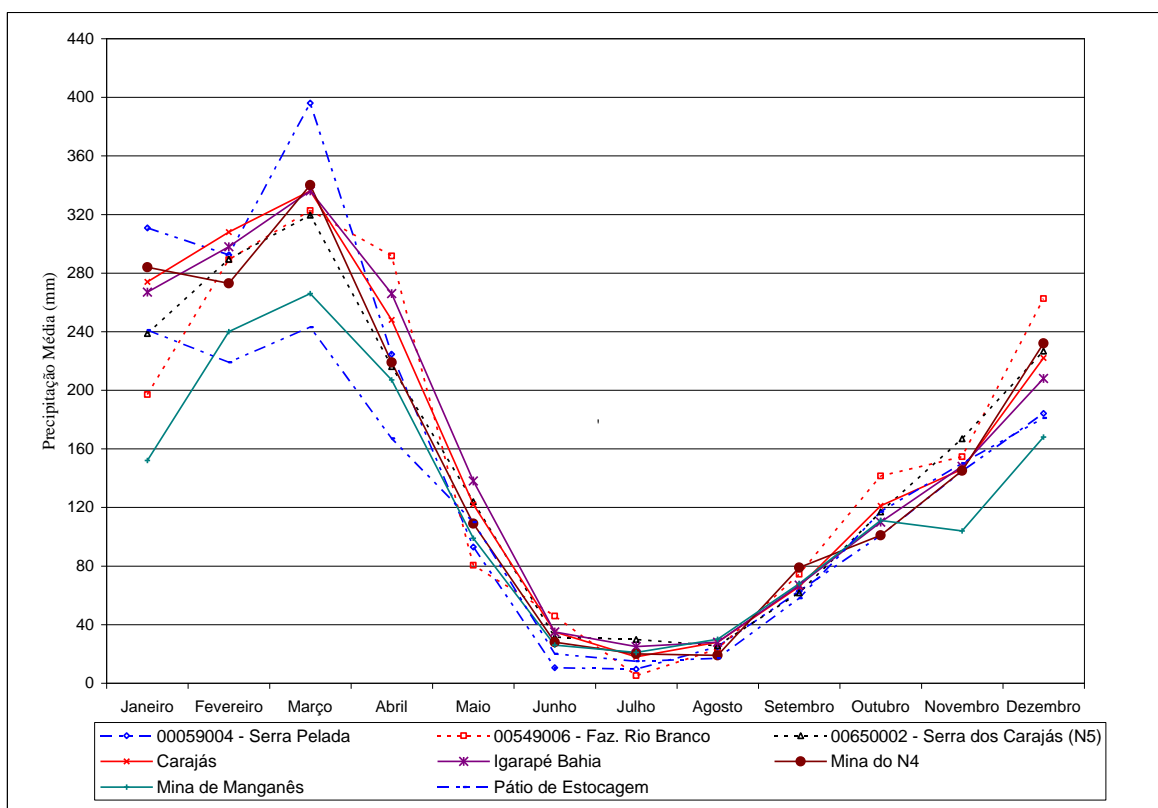
Fonte: INMET, Normas Climatológicas - 1961 – 1990 (1991)

Pela análise das isoietas (Figura 8.1.2), verifica-se que a área do Projeto Salobo está situada em região com total anual médio de chuva de 1.900mm. Analisando-se, ainda, o mapa de isoietas, foi possível selecionar 8 estações pluviométricas, mais próximas da área do empreendimento, para as quais foram analisadas as precipitações médias mensais.

INSERIR FIGURA 8.1.2 - ANÁLISE ISOIETAL ANUAL DA REGIÃO DE CARAJÁS

Serra

Na Figura 8.1.3, a seguir, estão apresentadas as precipitações médias mensais para as 8 estações selecionadas.



**FIGURA 8.1.3 - Precipitações Médias Mensais**

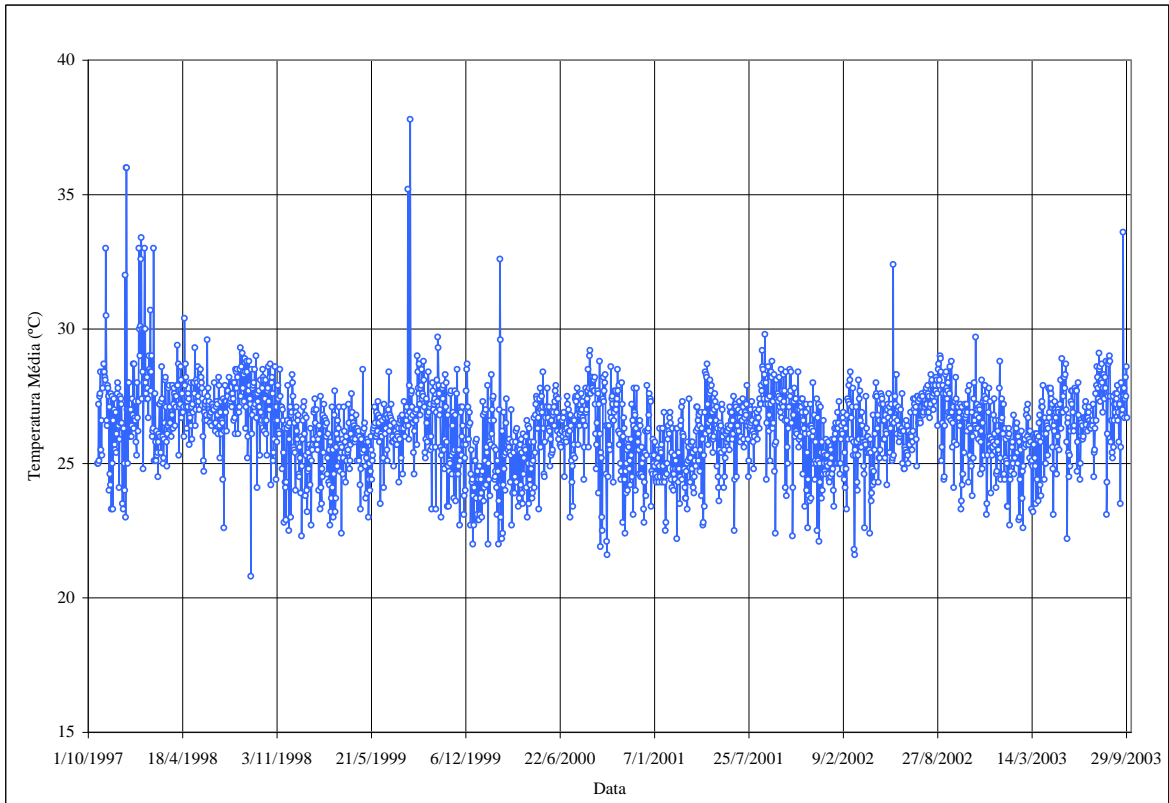
A partir da análise da Figura 8.1.3, verifica-se a homogeneidade do comportamento das precipitações ao longo do ano quando comparadas às estações regionais, sendo junho a agosto o trimestre de pouca ou nenhuma chuva e dezembro a abril o período de maior concentração das precipitações.

### 8.1.2.3 Caracterização Climática na Área de Estudo da Unidade Minerária

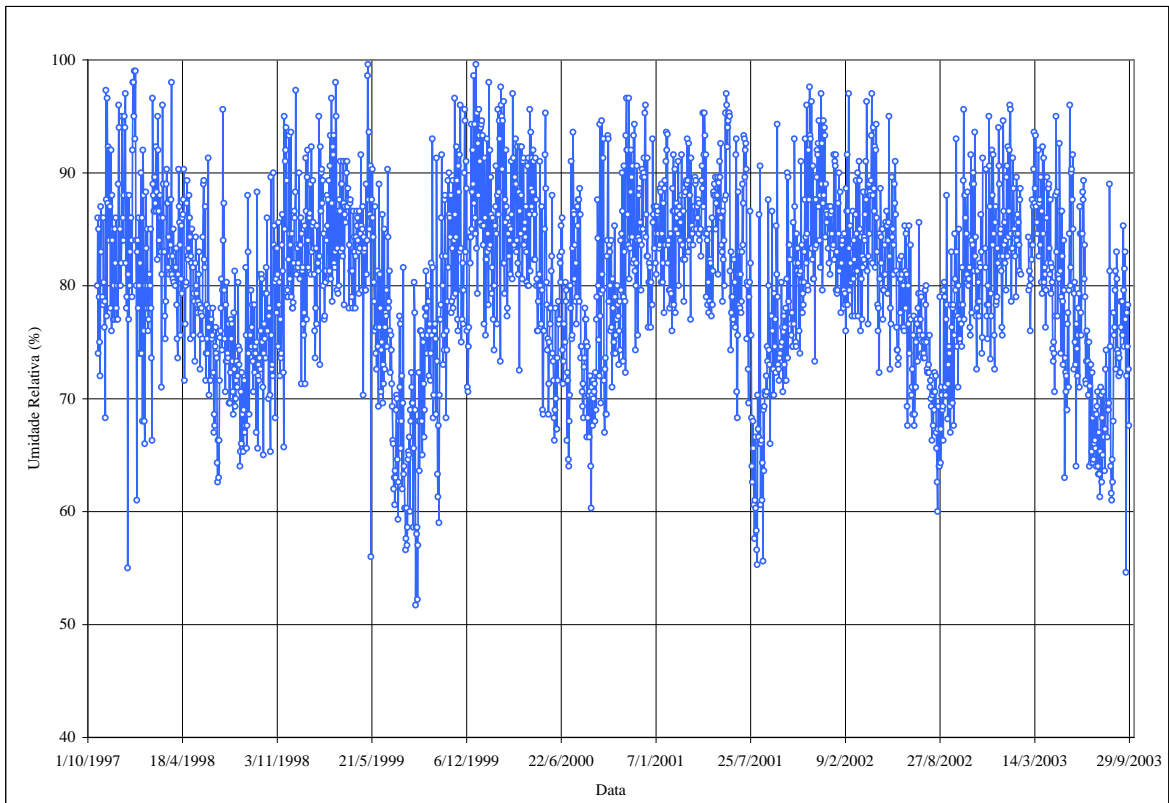
No sítio do Projeto Salobo, foi implantada uma estação climatológica automatizada, localizada no Acampamento 3 Alfa, com início de operação em outubro de 1997.

As variáveis climatológicas nela monitoradas são: temperatura, umidade relativa do ar, número de horas de insolação, nebulosidade, precipitação, evaporação, velocidade e direção do vento. Todos os dados disponibilizados da estação foram analisados e consistidos, podendo ser visualizados nas Figuras 8.1.4 a 8.1.10, mostradas a seguir.

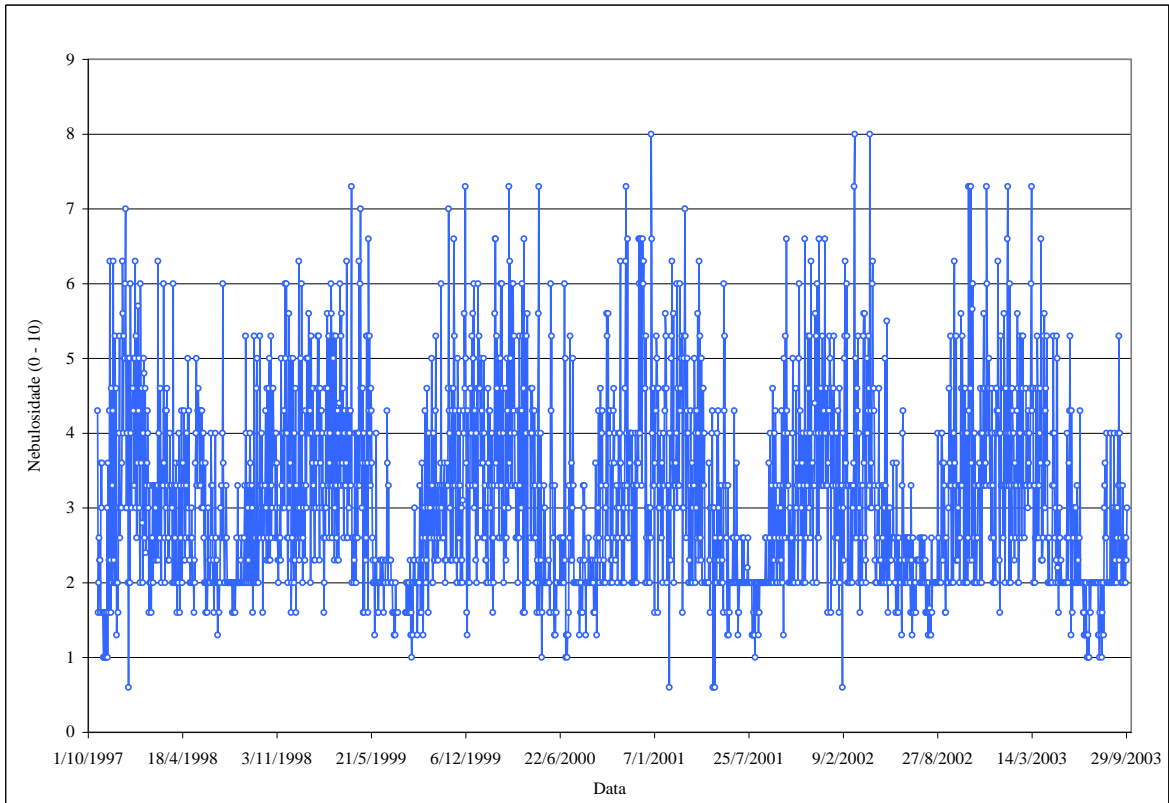




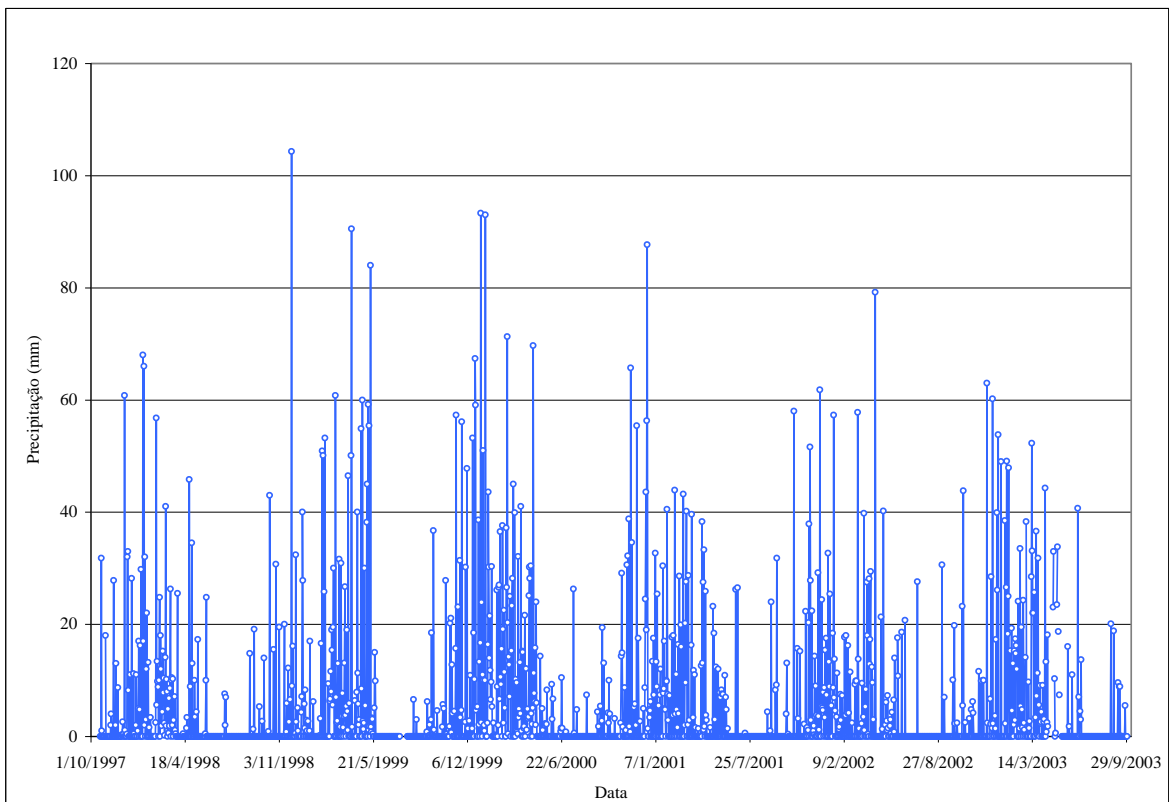
**FIGURA 8.1.4 – Variação da Temperatura Média Registrada-Estação Acampamento 3 Alfa**



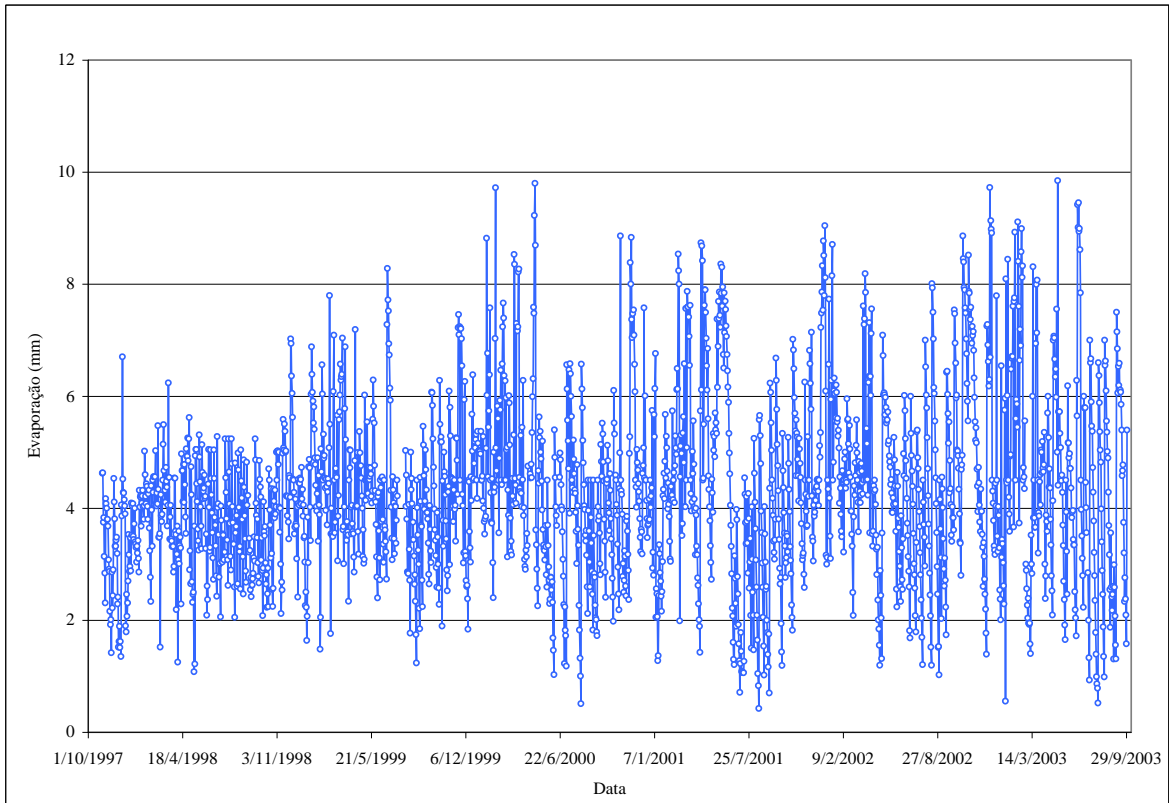
**FIGURA 8.1.5 – Variação da Umidade Relativa Registrada na Estação Acampamento 3 Alfa**



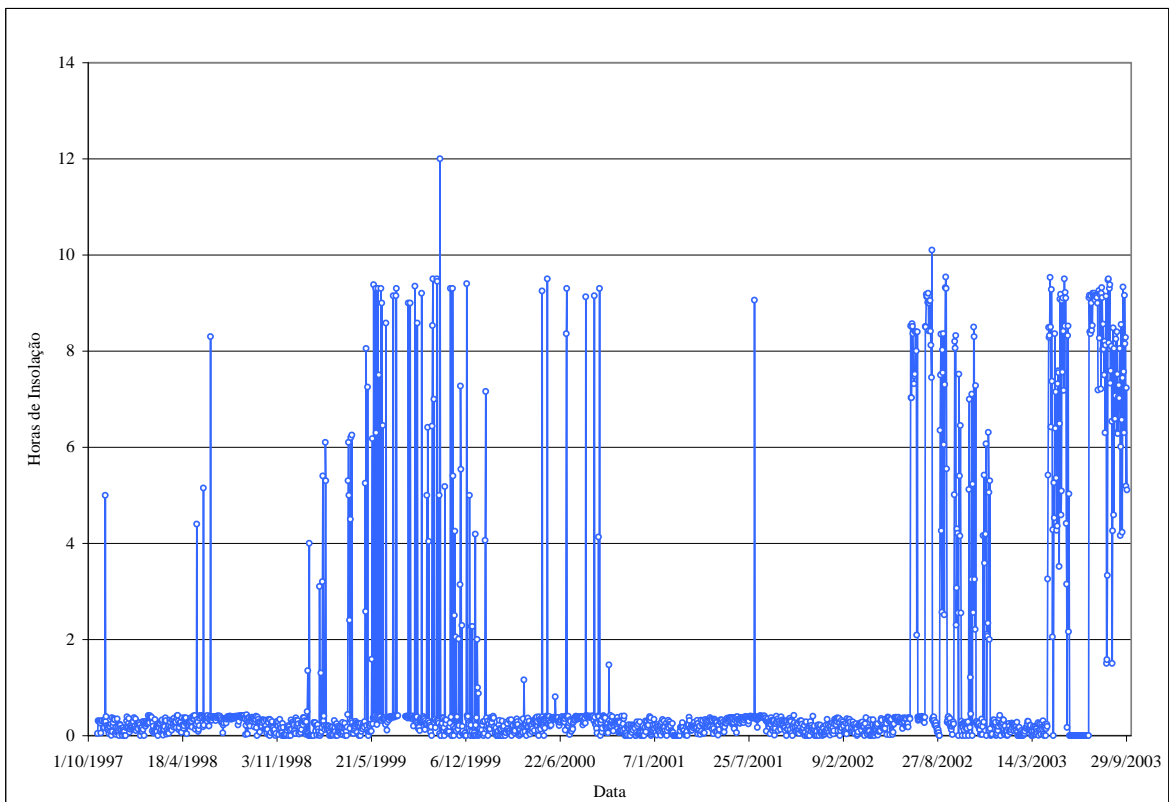
**FIGURA 8.1.6 – Variação da Nebulosidade Registrada na Estação Acampamento 3 Alfa**



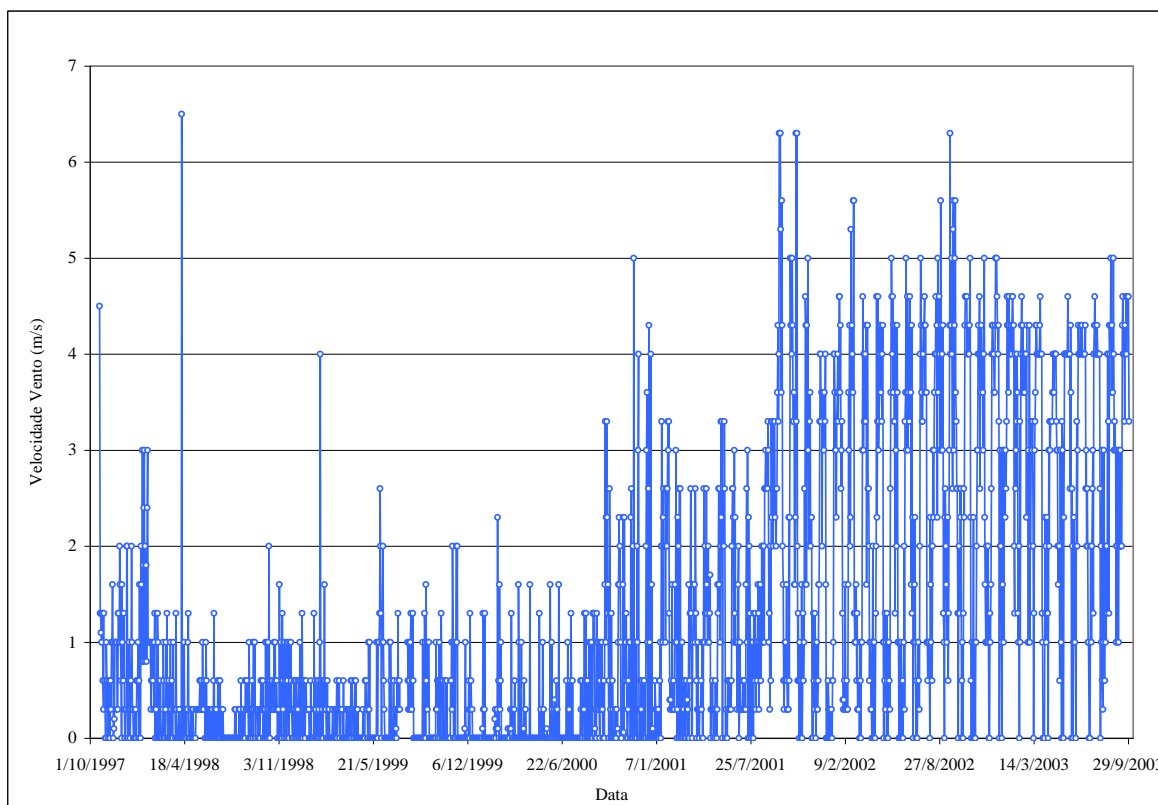
**FIGURA 8.1.7 – Variação da Precipitação Diária - Estação Acampamento 3 Alfa**



**FIGURA 8.1.8 – Variação da Evaporação Diária - Estação Acampamento 3 Alfa**



**FIGURA 8.1.9 – Variação da Insolação Registrada na Estação Acampamento 3 Alfa**



**FIGURA 8.1.10 – Variação da Velocidade do Vento Registrada na Estação Acampamento 3 Alfa**

Analisando-se a Figura 8.1.4, pode-se verificar que, durante o período de registros na Estação Climatológica Acampamento 3 Alfa, as temperaturas médias variaram de 20,8°C a 37,8°C, sendo a média do histórico igual a 26,3° C. A umidade relativa do ar foi registrada com valores máximo de 99,6%, médio de 80,5% e mínimo de 51,7% (Figura 8.1.5).

A nebulosidade, que é medida de 0 a 10, apresentou o valor médio de 3,1, com máximo e mínimo de 8,0 e 0,6, respectivamente (Figura 8.1.6).

Pode-se verificar, de acordo com a Figura 8.1.7, que as precipitações máximas den 24 horas são da ordem de 90mm, tendo ocorrido um evento máximo, no período, de 104,3mm, em 29/11/1998. A evaporação diária variou de 4,2 a 9,8 mm, apresentando média do histórico de 4,3mm (Figura 8.1.8).

Nas Figuras 8.1.9 e 8.1.10, estão apresentados os registros de insolação e velocidade do vento. As médias dessas variáveis climatológicas correspondem a 2,5 horas e 1,5m/s, respectivamente. Nota-se variação significativa entre os valores médios de velocidade do vento dos períodos 1997-2000 e 2001-2003, devendo-se analisar e consistir os dados periodicamente, buscando-se a justificativa para diferença identificada para os registros iniciais.

Os dados de direção do vento foram reunidos, consistidos e analisados quanto à frequência de cada direção registrada. No Quadro 8.1.5, mostrado a seguir, estão apresentados os resultados da análise de frequência, destacando-se as direções SW, W e NW, como preferenciais.

Ressalta-se, que esses dados foram registrados na estação local e apresentaram variação em relação à direção preferencial regional, que tem sentido Norte.

**QUADRO 8.1.5****Análise de Frequência da Direção Preferencial do Vento no Acampamento 3 Alfa**

| Direção        | N    | NE   | E    | SE   | S    | SW    | W     | NW    |
|----------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Percentual (%) | 8,22 | 2,69 | 0,91 | 2,42 | 5,17 | 21,09 | 27,08 | 32,42 |

Ressalta-se que a região do Projeto Salobo, situada em latitude continental equatorial, não é submetida a fenômenos ciclônicos intensos nem a ventos intensos, fatores que asseguram certa homogeneidade climática, em termos das probabilidades de ocorrência de eventos extremos máximos.

Devido à sua importância para os estudos de balanço hídrico geral, os valores mensais de precipitação e evaporação na estação do Acampamento 3 Alfa foram destacados nos Quadros 8.1.6 e 8.1.7, mostrados a seguir.

**QUADRO 8.1.6****Valores de Precipitação Mensal - Acampamento 3 Alfa (mm)**

| Ano/Mês      | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Anual |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1997         |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 33  | 76  | 190 |       |
| 1998         | 322 | 176 | 210 | 86  | 83  | 35  | 17  | 0   | 43  | 104 | 181 | 156 | 1.413 |
| 1999         | 48  | 311 | 293 | 346 | 362 | 0   | 0   | 10  | 69  | 68  | 235 | 375 | 2.117 |
| 2000         | 509 | 403 | 367 | 349 | 35  | 34  | 33  | 7   | 64  | 70  | 283 | 302 | 2.456 |
| 2001         | 264 | 172 | 295 | 163 | 109 | 77  | 1   | 4   | 74  | 76  | 199 | 226 | 1.660 |
| 2002         | 238 | 96  | 219 | 214 | 93  | 68  | 28  | 0   | 67  | 80  | 50  | 265 | 1.418 |
| 2003         | 350 | 226 | 343 | 169 | 102 | 80  | 0   | 20  | 52  |     |     |     |       |
| <b>Média</b> | 289 | 231 | 288 | 221 | 131 | 49  | 13  | 7   | 62  | 72  | 171 | 252 | 1.813 |

**QUADRO 8.1.7****Valores de Evaporação Mensal - Acampamento 3 Alfa (mm)**

| ANO/MÊS      | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANUAL |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1997         |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5   | 97  | 93  |       |
| 1998         | 118 | 114 | 124 | 117 | 118 | 114 | 114 | 113 | 106 | 103 | 130 | 136 | 1.407 |
| 1999         | 134 | 123 | 152 | 126 | 139 | 136 | 59  | 103 | 125 | 118 | 155 | 130 | 1.500 |
| 2000         | 155 | 152 | 164 | 130 | 121 | 85  | 134 | 107 | 110 | 123 | 147 | 133 | 1.561 |
| 2001         | 112 | 140 | 165 | 154 | 179 | 138 | 77  | 93  | 114 | 120 | 132 | 170 | 1.594 |
| 2002         | 174 | 125 | 152 | 121 | 153 | 108 | 113 | 136 | 120 | 189 | 167 | 154 | 1.712 |
| 2003         | 135 | 177 | 122 | 133 | 149 | 147 | 107 | 127 | 128 |     |     |     |       |
| <b>MÉDIA</b> | 138 | 139 | 147 | 130 | 143 | 121 | 101 | 113 | 117 | 110 | 138 | 136 | 1.555 |

Considerando-se o curto período de observação, os dados constantes nas Figuras 8.1.4 a 8.1.10 e nos Quadros 8.1.6 e 8.1.7, referentes à Estação Climatológica do Projeto Salobo – Acampamento 3 Alfa, enquadram-se na classificação climática mencionada, ao serem consideradas as variáveis precipitação e temperatura. Analisando-se os dados das estações pluviométricas selecionadas (Anexo IV e Figura 8.1.3), verifica-se que as precipitações não estão distribuídas uniformemente durante o ano, o que pode ser também constatado nos dados da estação climatológica 3 Alfa (Quadro 8.1.8). As médias de amplitude pluviométrica anual (diferença entre a pluviometria do mês mais chuvoso – março – e do mês menos chuvoso – julho), observadas nas estações pluviométricas selecionadas, são da ordem de 300mm. Na

estação climatológica 3 Alfa esta amplitude apresentou, no período medido, o valor de 509mm, entre o mês de janeiro/2000 (o mais chuvoso) e os meses de junho, julho e agosto/1999 (com precipitação nula).

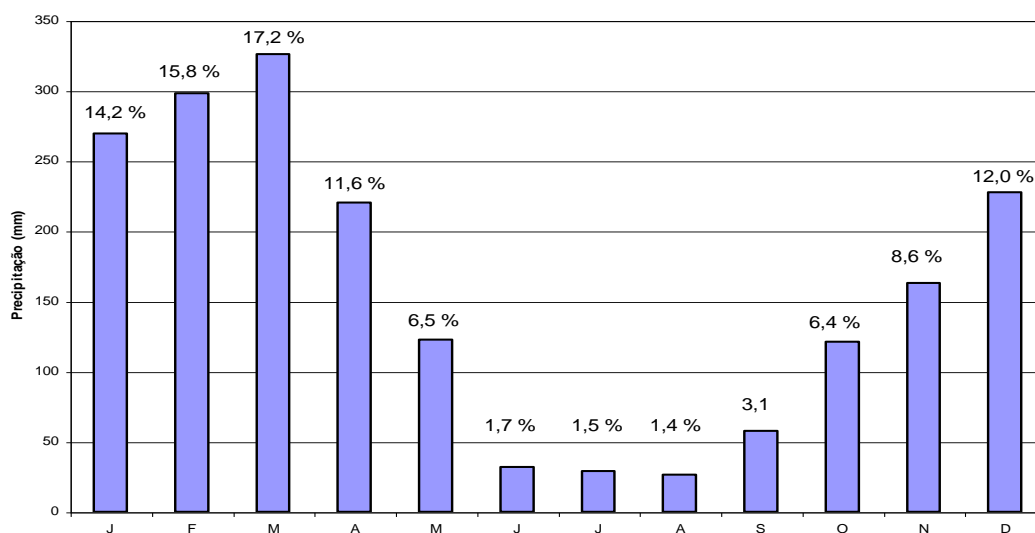
A partir das análises empreendidas, conclui-se que a área de localização do Projeto Salobo encontra-se situada em uma região cujo período de seca se estende por 3 meses (junho, julho e agosto), devido à uma rarefação de chuvas dos sistemas de circulação de massas de ar de oeste e norte, responsáveis pela formação de precipitações nos períodos de maior pluviosidade. No entanto, o período ou estação seca na Amazônia não se caracteriza por estiagens muito rigorosas, sendo que, durante tal período, normalmente ocorrem dias de chuva, algumas até relativamente intensas.

De acordo com os estudos desenvolvidos pela ELETRONORTE (1984) e, ainda, analisando-se os dados da estação climatológica de Marabá, a evaporação anual na região amazônica varia entre 750 e 1.500mm. No Quadro 8.1.6, pode-se verificar que a média anual do curto período de registros locais corresponde a 1.555mm.

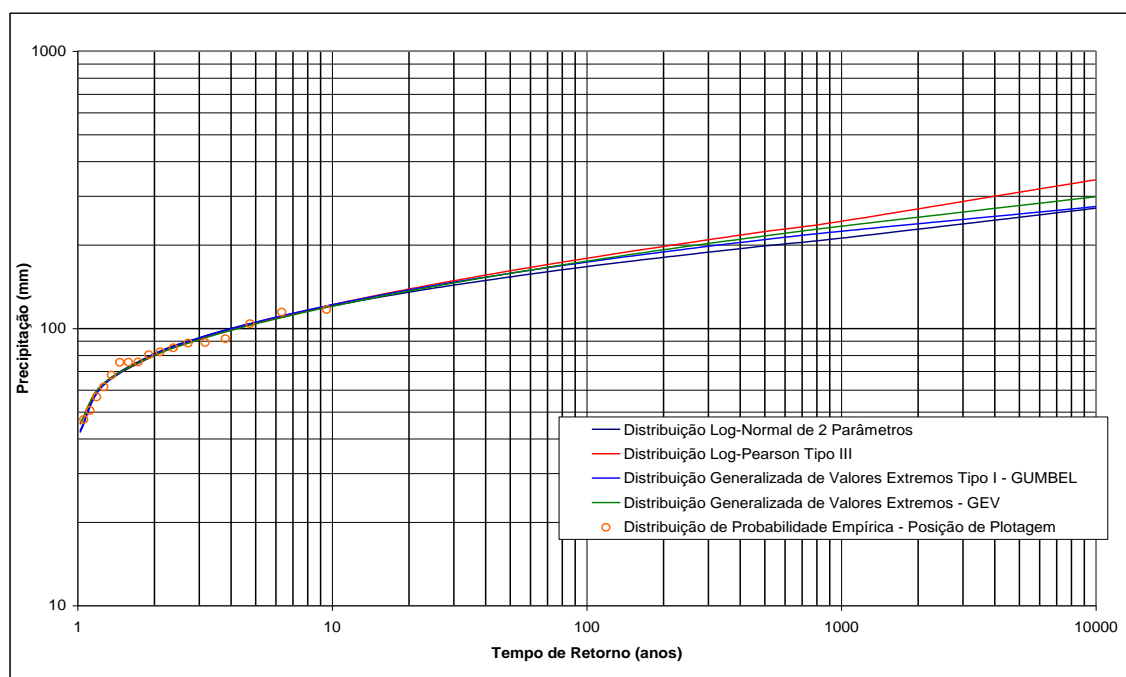
#### 8.1.2.4 Estudo de Chuvas Intensas

Tomando-se como referência os dados de precipitação diária da estação pluviométrica Serra dos Carajás (ANA), foi elaborado um estudo de chuvas intensas, para a determinação das relações altura-duração-frequência. Conforme já apresentado, a seleção de tal estação foi baseada na verificação da similaridade dos valores da precipitação média anual em Serra de Carajás (1846mm) em relação ao valor obtido para a área do projeto – Acampamento 3 Alfa (1813mm).

A Figura 8.1.11, mostrada a seguir, apresenta a variação mensal da precipitação e a porcentagem em relação ao total anual, para a estação de Serra dos Carajás. Nota-se, que 79,4% do total precipitado estão concentrados entre os meses de novembro e abril, sendo que 47,2% se concentram no trimestre janeiro, fevereiro e março.



**FIGURA 8.1.11 – Variação Mensal da Precipitação e Porcentagem em Relação ao Total Anual**



**FIGURA 8.1.12 - Análise de Frequência das Alturas de Chuvas Máximas de 24 Horas**

A Figura 8.1.12 mostra o resultado da Análise de Frequência das alturas de chuvas máximas de 24 horas, para a estação Serra de Carajás (ANA). Nessa figura são apresentados os ajustes gráfico e teórico, para as diversas distribuições analisadas. Para o presente estudo, a distribuição de Gumbel foi selecionada como representativa dos quantis entre 1 e 7 dias de duração. Os quantis de altura de chuva determinados estão apresentados no Quadro 8.1.8.

### QUADRO 8.1.8

#### Quantis de Altura de Chuva – Estação Serra dos Carajás – ANA - (mm)

| TR (anos)      | 2     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   | 1.000 | 10.000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>Duração</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 5 minutos      | 13,0  | 15,8  | 17,4  | 18,1  | 18,7  | 19,0  | 20,1  | 21,0  | 21,5  | 22,8  | 23,7  | 26,2   |
| 15 minutos     | 23,4  | 28,3  | 31,2  | 32,7  | 33,7  | 34,5  | 36,6  | 38,6  | 40,5  | 43,4  | 45,3  | 48,4   |
| 25 minutos     | 29,5  | 36,0  | 39,9  | 42,0  | 43,5  | 44,6  | 47,7  | 50,7  | 54,8  | 59,2  | 62,9  | 71,9   |
| 1 hora         | 41,0  | 51,1  | 57,7  | 61,2  | 63,7  | 65,6  | 71,4  | 77,1  | 81,6  | 88,8  | 94,3  | 111,9  |
| 4 horas        | 60,8  | 77,2  | 88,0  | 94,2  | 98,6  | 101,9 | 112,3 | 122,7 | 133,6 | 147,9 | 158,1 | 194,2  |
| 8 horas        | 71,6  | 91,1  | 104,0 | 111,4 | 116,6 | 120,7 | 133,1 | 145,6 | 156,2 | 172,0 | 184,0 | 222,8  |
| 12 horas       | 78,4  | 99,5  | 113,6 | 121,7 | 127,4 | 131,7 | 145,2 | 158,7 | 170,1 | 187,7 | 202,5 | 245,0  |
| 1 dia          | 90,5  | 113,8 | 129,2 | 137,9 | 144,0 | 148,7 | 163,1 | 177,5 | 191,8 | 210,7 | 224,9 | 272,3  |
| 2 dias         | 114,5 | 136,4 | 150,9 | 159,1 | 164,9 | 169,3 | 182,9 | 196,4 | 209,9 | 227,6 | 241,1 | 285,7  |
| 3 dias         | 135,0 | 159,6 | 176,0 | 185,2 | 191,6 | 196,6 | 211,9 | 227,1 | 242,2 | 262,2 | 277,3 | 327,4  |
| 4 dias         | 150,1 | 175,8 | 192,8 | 202,4 | 209,1 | 214,2 | 230,2 | 246,0 | 261,7 | 282,6 | 298,2 | 350,4  |
| 5 dias         | 169,9 | 199,2 | 218,7 | 229,6 | 237,3 | 243,2 | 261,4 | 279,5 | 297,5 | 319,9 | 336,3 | 390,6  |
| 6 dias         | 181,9 | 208,7 | 226,4 | 236,4 | 243,4 | 248,8 | 265,4 | 281,8 | 298,3 | 321,3 | 339,3 | 398,9  |
| 7 dias         | 192,9 | 220,9 | 239,5 | 250,0 | 257,3 | 263,0 | 280,4 | 297,7 | 314,9 | 337,6 | 354,8 | 411,8  |

Procedeu-se, ainda, a metodologia da *estação-ano*, que consiste em aplicar a análise de frequência para os dados de todas as estações pluviométricas em conjunto.

Verificou-se, então, que os quantis de precipitação da Estação Serra dos Carajás são inferiores aos quantis obtidos com a reunião dos dados de todas as estações pluviométricas regionais, recomendando-se, então, a utilização dos valores de precipitação apresentados no Quadro 8.1.9 para os dimensionamentos hidráulicos que forem necessários ao Projeto Salobo.

**QUADRO 8.1.9**  
**Quantis de Altura de Chuva – Projeto Salobo (mm)**

| TR (anos)      | 2     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   | 1.000 | 10.000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>Duração</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 5 minutos      | 14,1  | 17,1  | 18,8  | 19,6  | 20,2  | 20,6  | 21,7  | 22,7  | 23,3  | 24,7  | 25,6  | 28,3   |
| 15 minutos     | 25,3  | 30,6  | 33,7  | 35,4  | 36,5  | 37,3  | 39,6  | 41,7  | 43,8  | 46,9  | 49,0  | 52,3   |
| 25 minutos     | 31,9  | 38,9  | 43,2  | 45,4  | 47,0  | 48,2  | 51,6  | 54,8  | 59,3  | 64,0  | 68,0  | 77,8   |
| 1 hora         | 44,3  | 55,3  | 62,4  | 66,2  | 68,9  | 71,0  | 77,2  | 83,4  | 88,3  | 96,0  | 102,0 | 121,0  |
| 4 horas        | 65,8  | 83,5  | 95,2  | 101,9 | 106,6 | 110,2 | 121,5 | 132,7 | 144,5 | 160,0 | 171,0 | 210,0  |
| 8 horas        | 77,4  | 98,5  | 112,5 | 120,5 | 126,1 | 130,5 | 144,0 | 157,5 | 169,0 | 186,0 | 199,0 | 241,0  |
| 12 horas       | 84,8  | 107,6 | 122,9 | 131,6 | 137,8 | 142,5 | 157,0 | 171,6 | 184,0 | 203,0 | 219,0 | 265,0  |
| 1 dia          | 99,2  | 125,4 | 142,8 | 152,6 | 159,4 | 164,7 | 181,0 | 197,1 | 213,3 | 234,5 | 250,6 | 303,8  |
| 2 dias         | 108,3 | 135,3 | 153,1 | 163,2 | 170,3 | 175,7 | 192,4 | 209,0 | 225,6 | 247,4 | 263,9 | 318,6  |
| 3 dias         | 128,8 | 158,0 | 177,3 | 188,2 | 195,8 | 201,7 | 219,8 | 237,8 | 255,7 | 279,3 | 297,2 | 356,5  |
| 4 dias         | 141,2 | 174,0 | 195,8 | 208,1 | 216,7 | 223,3 | 243,7 | 264,0 | 284,2 | 310,8 | 331,0 | 397,8  |
| 5 dias         | 158,7 | 199,1 | 225,9 | 241,0 | 251,6 | 259,8 | 284,9 | 309,8 | 334,6 | 367,3 | 392,1 | 474,3  |
| 6 dias         | 173,4 | 214,3 | 241,4 | 256,6 | 267,3 | 275,6 | 301,0 | 326,2 | 351,3 | 384,4 | 409,4 | 492,6  |
| 7 dias         | 186,6 | 232,9 | 263,6 | 280,9 | 293,0 | 302,3 | 331,1 | 359,6 | 388,1 | 425,6 | 453,9 | 548,1  |

Ressalta-se a importância da manutenção do monitoramento climatológico local, de forma ininterrupta, possibilitando a utilização dos dados tratados para fundamentar o detalhamento dos projetos de engenharia, destacando-se os balanços hídricos global e do reservatório da barragem de rejeitos, que consideram as variáveis climatológicas e hidrológicas no equacionamento das entradas e saídas dos sistemas.

De acordo com os trabalhos desenvolvidos para caracterização climatológica, conclui-se que não existem condicionantes climatológicas impeditivas ao empreendimento e a base de dados utilizados é suficiente para a fase atual do projeto, permitindo um nível de confiança alto para as caracterizações efetuadas.

### 8.1.3 Geologia

As informações apresentadas nos sub-ítem que se seguem foram compiladas e modificadas a partir das seguintes fontes:

- Geologia Regional: elaborada a partir das informações contidas na revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, realizada pela DOCEGEO em 1988. Já o arcabouço tectônico teve como base as informações fornecidas pela Salobo Metais, em setembro de 2003;
- Geologia da Área de Estudo da Unidade Minerária: a caracterização geológica do depósito do Salobo, a geologia estrutural e metamorfismo da área de estudo foram compilados e modificados a partir das fontes de informações contidas no Plano de Aproveitamento



Econômico, elaborado pela Salobo Metais (2001), e pelas as informações sobre a geologia local fornecida pela a Salobo Metais, em maio de 2004.

O mapa geológico, apresentado no Desenho de nº D2-039-5130-1310-0027, incluído no Anexo I deste documento, foi elaborado a partir do mapa geológico, em meio digital, fornecido pela Salobo Metais, em 2004, desenho nº E30015-5001-Z02-0-001-2.dwg.

### **8.1.3.1 Aspectos da Geologia Regional**

A Província Mineral de Carajás, segundo Galazar & Macambira (2002b), situa-se na parte sudeste do Cráton Amazônico e possui um grande número de depósitos minerais de Fe, Au, Cu, Mn e Ni . Os depósitos de Cu-Au que definem o Cinturão Cobre-Ouro de Carajás são: Igarapé Bahia, Alemão, Salobo, Cristalino, Águas Claras, Alvo 118 e Sossego.

Essa província é dividida nos segmentos crustais conhecidos como os Terrenos Granito-Greenstone de Rio Maria (Huhn et al., 1988), ao sul, e o Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (Araújo et al., 1988), ao norte. Na região de Rio Maria, os terrenos granito-greenstone abrangem uma área constituída pelo Supergrupo Andorinhas e o Tonalito Arco Verde 2970-2900Ma (Pimentel & Machado 1994, Macambira & Lancelot 1996) e intrudida por uma série de granitóides de idade em torno de 2870Ma (Pimentel & Machado, 1994; Macambira & Lancelot, 1996; Leite, 2001).

Na região da Serra dos Carajás, o embasamento do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas é constituído pelo complexo gnáissico Xingu, caracterizado por gnaisses diversos, anfíbolitos e pelo complexo granulítico Pium 2860-3000Ma (Machado et al., 1991; Avelar et al., 1999; Pidgeon et al., 2000) alongado segundo EW, dispostos a sul da Serra dos Carajás e composto por granulitos e charnoquitos (Araújo & Maia, 1991).

Nessa região afloram abundantes rochas metavulcano-sedimentares que sobrepõem as rochas do embasamento, constituindo os grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Grão Pará, Igarapé Bahia, entre outros, englobados no Supergrupo Itacaiúnas (DOCEGEO, 1988) de idade em torno de 2,76Ga (Wirth et al., 1986; Machado et al., 1991; Macambira et al., 1996; Trendall et al., 1998; Galarza & Macambira, 2002(a)).

O Grupo Igarapé Salobo-Pojuca, considerado basal por conter rochas de mais alto grau metamórfico, compreende uma faixa deformada, de direção WNW, sendo composto por anfíbolitos, xistos, formações ferríferas, metagrauvas e quartzitos depositados entre 2732 – 2742Ma (Machado et al., 1991). Essas rochas sofreram processos de alteração hidrotermal durante a deposição dos sulfetos de cobre (Lindenmayer & Teixeira, 1999).

O Grupo Grão Pará (Beisiegel et al., 1973) é formado por três unidades. A unidade inferior denominada Formação Parauapebas (DOCEGEO, 1988) é constituída por rochas metavulcânicas bimodais. A unidade intermediária, denominada Formação Carajás (Beisiegel et al., 1973), é composta por jaspilitos oolíticos e formações ferríferas bandadas, que correspondem ao protominério do ferro laterítico das grandes jazidas de Carajás. A unidade superior, segundo Beisiegel et al. (1973) e DOCEGEO (1988), compreende rochas vulcânicas, metagrauvas, filitos e arenitos, com derrames basálticos, tufos e arenitos tufáceos.

O Grupo Igarapé Bahia, de ocorrência restrita à área da mina de ouro do mesmo nome, é dominado por rochas metassedimentares, pelitos, ritmitos e metavulcanoclásticas, onde se intercalam metavulcânicas e intrusivas máficas (DOCEGEO, 1988).

Todas as unidades anteriormente descritas foram discordantemente recobertas há  $2681 \pm 5$  Ma (Trendall *et al.*, 1998) pelos depósitos clásticos, marinhos rasos a fluviais da Formação Águas Claras (Araújo & Maia, 1991; Nogueira & Truckenbrodt, 1994), anteriormente denominada de Grupo Rio Fresco (DOCEGEO, 1988) e Formação Gorotire (Beisiegel *et al.*, 1973).

O mapa representativo da geologia regional abrangendo a Província Mineral de Carajás é apresentado na Figura 8.1.13, a seguir. A figura, elaborada sobre base cartográfica disponibilizada pela DOCEGO (1988), destaca a Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo.

Vários corpos graníticos deformados, alongados e lenticulares de direção E-W constituem intrusões nas rochas do Complexo Xingu. Outras intrusões arqueanas incluem o Complexo máfico-ultramáfico Luanga 2760Ma (Machado *et al.*, 1991) e diques e *sills* máficos 2650-2700Ma (Dias *et al.*, 1996; Mougeot *et al.*, 1996).

Granitos anorogênicos de idades de 1890Ma (Wirth *et al.*, 1986; Machado *et al.*, 1991) cortam as unidades mais antigas. Destacam-se no Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas os granitos Pojuca, Salobo, Cigano e Central de Carajás, este último interceptando a Falha Carajás, de direção geral NW-SE.

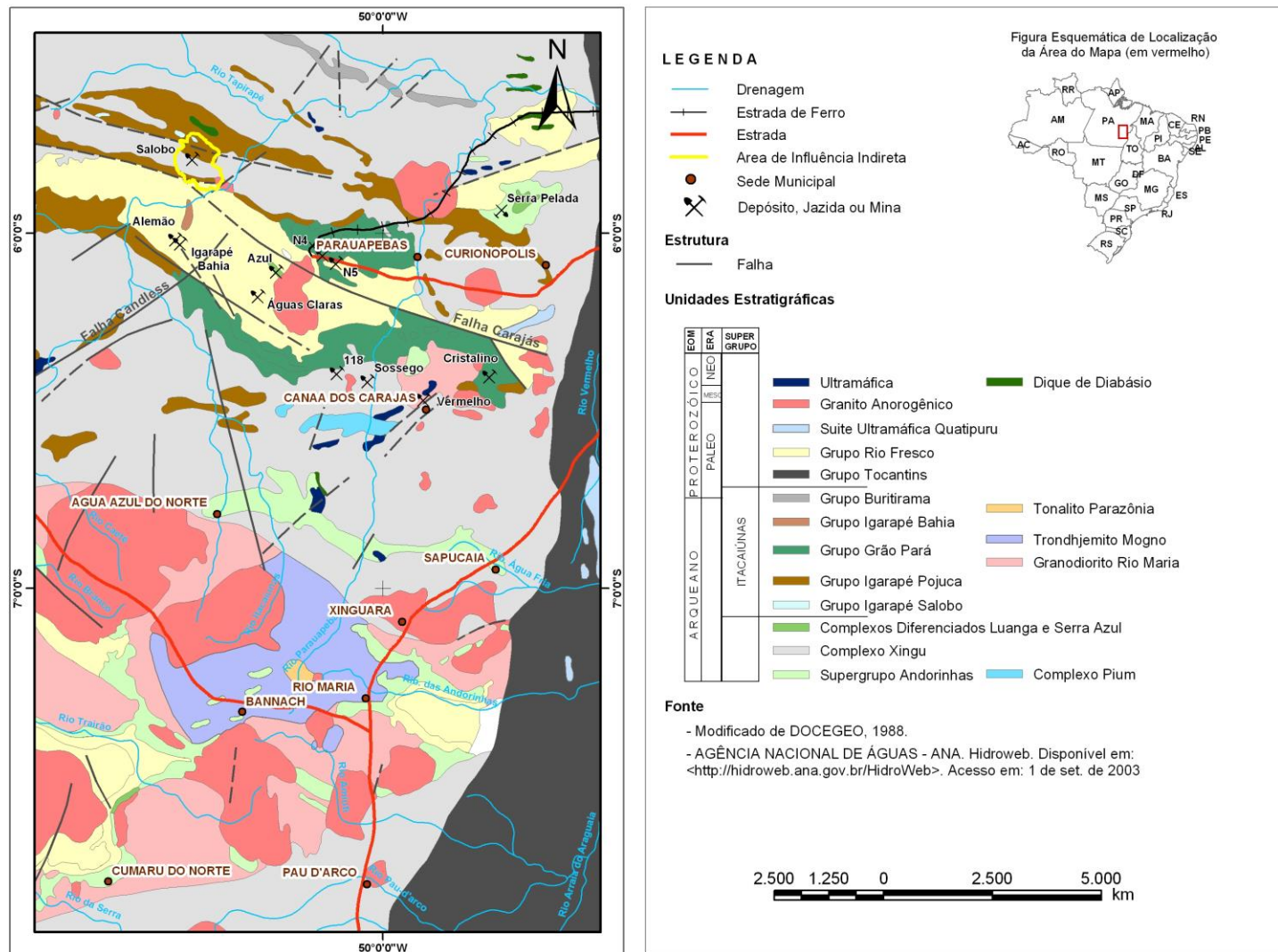
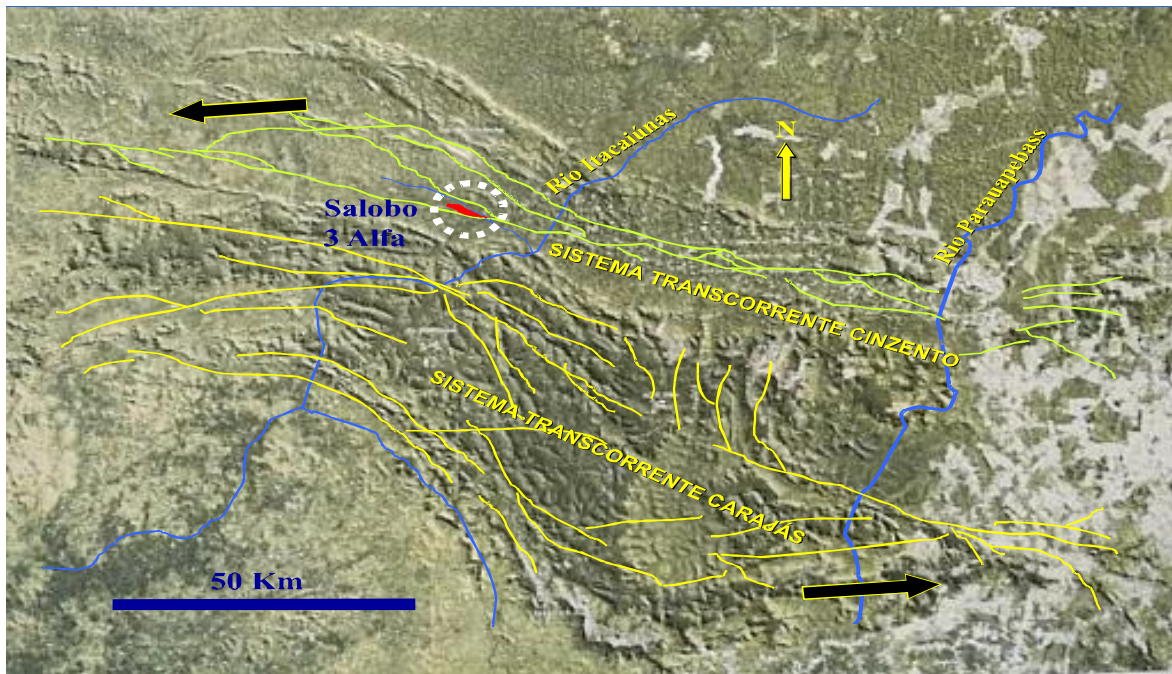


FIGURA 8.1.13 – Mapa Geológico Regional da Província Mineral de Carajás (DOCEGEO, 1988)

Os últimos eventos magmáticos da região são representados por intrusões de diques de diabásio, continentais e cambrianos ( $553 \pm 32$  Ma e  $561 \pm 16$  Ma), *in* Cordani, 1981, que cortam o depósito de Cu-Au do Salobo e riolito,  $569 \pm 11$  Ma (Trendall *et al.*, 1998) cortando o depósito ferrífero de N4. A presença de magmatismo basáltico e riolítico de mesma idade parece sugerir que este vulcanismo continental seja bimodal.

O arcabouço tectônico da Província Mineral de Carajás (Figura 8.1.14) é o resultado da superposição de eventos deformacionais (Quadro 8.1.10) que atingiram a região desde o Arqueano.



**FIGURA 8.1.14 - Arcabouço Tectônico da Região de Carajás (Pinheiro, 1997)**

A evolução tectônica dessa região envolve o estabelecimento inicial da zona de cisalhamento dúctil Itacaiúnas (2800 a 3000Ma), imprimindo nas rochas do embasamento uma trama milonítica de alta temperatura, sob tectônica transpressiva sinistral. A conformação geral dessa foliação é marcada por um mosaico de zonas de cisalhamento dispostas em feixes entrelaçados com orientação geral EW (Pinheiro,1997; Pinheiro & Holdsworth, 1997).

Sobre os terrenos granito-gnáissicos do embasamento, instalaram-se as rochas arqueanas do Grupo Igarapé Pojuca, deformadas sob tectônica transpressiva. Sobre as rochas do Grupo Igarapé Pojuca instalaram-se as rochas ferríferas e vulcânicas do Grupo Grão Pará (2700Ma) *in* Gibbs *et al.*, 1986 em ambiente de bacia intracratônica e tectônica extensional. Em discordância sobre as rochas dos Grupos Igarapé Pojuca e Grão Pará, depositou-se a Formação Águas Claras, cujo empilhamento está relacionado a ambiente de plataforma, transicionando em relação ao topo, para um sistema fluvial entrelaçado (Nogueira, 1995).

Após a instalação dessas rochas, a região foi submetida a uma tectônica transtensional dextral com o desenvolvimento dos sistemas Carajás e Cinzento. Durante esse episódio deformacional houve subsidência no interior da Estrutura de Carajás (a sul), ao longo do Sistema Transcorrente Cinzento (a norte) e intrusão (Dias *et al.*, 1996) de diques e *sills* gabróticos há cerca de 2600Ma.

**QUADRO 8.1.10**  
**Cronologia dos Principais Eventos Tectônicos da Região de Carajás**

| Idade (Ma) | Evento   | Cinemática  |
|------------|--|---|
|            | Reativação dos sistemas de falhas marcado por microsísmos recentes.  | Desconhecida                                      |
| 240 – 150  | Reativação durante a separação da América do Sul no Mesozóico. Desenvolvimento de <i>grabens</i> .   | Extensional                                       |
|            | Deposição do Grupo Serra Grande (Siluro-Ordoviciano).  | Extensional<br>(Bacia Intracratônica do Parnaíba) |
| 1900       | Intrusão de <i>plutons</i> graníticos e diques   | Extensional ou transtensional                     |
|            | Inversão tectônica fraca por reativação de falhas. Inversão forte a moderada nas rochas adjacentes aos traços da Falha Carajás, na parte interna do Sistema Transcorrente Carajás.   | Transpressão sinistral                            |
| 2600       | Desenvolvimento dos sistemas transcorrentes Carajás e Cinzento. Unidades anteriormente depositadas subsidiram em blocos controlados por falhamentos ao longo dos sistemas transcorrentes. Intrusão de <i>sills</i> e diques. | Transtensão dextral                               |
|            | Deposição da Formação Águas Claras e intrusão de granitos arqueanos (tipo Estrela).  | -   |
| 2700       | Deposição, extrusão e intrusão do Grupo Grão Pará, posteriormente afetado por hidrotermalismo.   | Extensional<br>(ampla bacia intracratônica)       |
| 2800       | Deposição das rochas do Grupo Igarapé Pojuca, posteriormente deformadas e metamorfizadas.  | Transpressão sinistral                            |
|            | Zona de Cisalhamento Itacaiúnas – deformação dúctil de temperatura alta, afetando rochas da assembléia do embasamento.   | Transpressão sinistral                            |

Fonte: Pinheiro (1997)

Em seguida ocorreu um episódio de transpressão sinistral, entre cerca de 2600Ma e 1900Ma. A deformação promovida por esse episódio se mostra de modo mais proeminente nas adjacências dos traços da Falha Carajás, afetando, principalmente, rochas aflorantes do Grupo Grão Pará e da Formação Águas Claras. A norte, o Sistema Transcorrente Cinzento foi deformado por esse episódio de transpressão sinistral dando origem à estrutura do tipo *sidewall ripout* do Salobo e o *duplex* do Cururu (Pinheiro, 1997; Pinheiro & Holdsworth, 1997).

Na transição do paleoproterozóico-mesoproterozóico, o Cráton Amazônico esteve sujeito a um episódio extensional EW/NE-SW, desenvolvendo fraturas e falhas NS. Foram intrudidos granitos proterozóicos (Carajás, Cigano, Pojuca, Estrela, etc.) e, com novas reativações da Falha Carajás, formaram-se bacias localizadas onde foram depositados conglomerados e arenitos da Formação Gorotire (Pinheiro, 1997).

Durante o Paleozóico é provável que parte da região de Carajás, notadamente a porção mais leste, tenha sido recoberta por rochas sedimentares dos domínios da Bacia Intracratônica do Parnaíba. No mesozóico, com a abertura do oceano Atlântico, instalaram-se *grabens* relativamente pequenos, onde rochas paleozóicas foram preservadas (exemplo: Serra do Paredão, a N - NE da Serra Leste).

### 8.1.3.2 Caracterização Geológica da Área de Estudo da Unidade Minerária

A jazida do Salobo faz parte do contexto geológico da Província Mineral de Carajás (DOCEGEO, 1988) e está inserida no Sistema Transcorrente Cinzento (Siqueira, 1990 e 1996). A jazida situa-se no interior de uma lente de rochas supracrustais pertencente ao Grupo Igarapé Salobo, intercalada com gnaisses do Complexo Xingu (Figura 8.1.15). As unidades litoestratigráficas e litológicas bem como as rochas alteradas e as mineralizações que ocorrem na região do Salobo são as seguintes:

#### I - Unidades Litoestratigráficas

##### a) *Complexo Xingu*

Os principais tipos petrográficos do Complexo Xingu afloram no Igarapé Salobo e ocorrem como faixas irregulares, subverticais e alongadas na direção N70W, compreendendo 2 tipos de gnaisses bandados (Salobo Metais S.A., 2001).

Um dos tipos de gnaiss é de granulação fina a média, cinza-claro, bandado e geralmente milonitizado. É composto essencialmente por oligoclásio-albita e, em menores proporções, anfibólio, biotita e clorita; como acessórios ocorrem turmalina, magnetita, ilmenita, allanita e titanita. O gnaiss do segundo tipo possuem granulação média, coloração rosa-claro, são fortemente foliados, constituídos por feldspato potássico, plagioclásio (oligoclásio-albita) e quartzo, com biotita e clorita como minerais secundários (Siqueira, 1990 e 1996).

##### b) *Grupo Igarapé Salobo*

O Grupo Igarapé Salobo se localiza a noroeste da mina de ferro de Carajás. Apresenta direção aproximada N70W com mergulhos subverticais, contendo depósitos e ocorrência de cobre, ouro, molibidênio e prata. Encontra-se em contato com o Complexo Xingu e com o Grupo Igarapé Pojuca e é dividido em três formações: Gnaiss Cascata, Três Alfa e Cinzento.

- **Formação Gnaiss Cascata**

Essa formação, primeiramente denominada de Gnaiss Inferior, é constituída principalmente por gnaisses cinzentos de granulação fina a média, composta por plagioclásio (albita-oligoclásio), quartzo, clorita (após hornblenda e/ou biotita) e, freqüentemente, K-feldspato. Como acessórios ocorrem turmalina, allanita, apatita, zircão, rutilo e, às vezes, silimanita e/ou cordierita. Algumas vezes contém calcopirita.

Anfibolitos e metapelitos ocorrem como intercalações com espessuras de centímetros a dezenas de metros. Localizadamente, também ocorrem microgranitos róseos, aplitos e trechos quartzo-turmalínicos.

- **Formação Três Alfa (3A)**

Essa formação contém as mineralizações de Cu (Au - Mo - Ag) da área Salobo. Tem uma espessura média de 300m e extensão de mais de 10 quilômetros, porém descontínuos. A definição e a caracterização de cinco agrupamentos litológicos principais nesta formação (xistos tipos 1 a 5) foi efetuada com base nas proporções dos seis minerais de maior freqüência (quartzo, biotita,



almandina, fayalita, magnetita e Fe-anfibólios). Os mais importantes dessa formação, do ponto de vista de mineralizações cupríferas, são os xistos tipos 1 e 3, caracterizados como formações ferríferas óxido-silicatadas, contendo magnetita e proporções variáveis de Fe-anfibólios, fayalita, almandina, biotita; os teores de cobre variam de 0,5% a mais de 1,5%.

Os xistos tipos 2 e 4 possuem como minerais principais almandina, Fe-anfibólios e biotita, e em proporções menores, quartzo e magnetita; os teores de cobre nessas rochas são geralmente inferiores a 0,5%. O xisto tipo 2 é interpretado como resultado de cisalhamento e hidrotermalismo sobre os xistos 1, 3 e 4; ocorre nos domínios onde houve maior movimentação tectônica. O xisto tipo 4 é interpretado como metagrauvas aluminosas (Lindenmayer, 1990).

O xisto tipo 5 ocorre, normalmente, na base do Grupo Igarapé Salobo, sendo quase sempre estéril, finamente laminado e composto de quartzo, oligoclásio, biotita Fe-anfibólios e almandina subordinada. É interpretado como produto de cisalhamento e hidrotermalismo sobre gnaisses do Complexo Xingu em contato com o grupo Igarapé Salobo. Na Formação Três Alfa ocorrem outras litologias, secundárias, que são classificadas como meta-ígneas básicas-intermediárias, lentes descontínuas de formação ferrífera bandada, localizada na porção superior, constituídas de quartzo, magnetita e às vezes, grunerita, com espessuras de poucas dezenas de metros e extensão de duzentos a trezentos metros.

#### • Formação Cinzento

Essa formação era subdividida, inicialmente, nas subunidades Gnaiss Superior e Quartzito, sendo posteriormente designada de rocha quartzo feldspática.

É composta, localmente, por quartzitos cinza-claros de granulação média, com quartzo atingindo mais de 90% da rocha e sericita como principal acessório, contendo pequena proporção de K-feldspato, eventualmente. Foram observados, em furos de sondagem, intercalações de gnaisses quartzo-feldspáticos, granitóides, gnaisses andesíticos, meta-arcósios e xistos de espessuras métricas a decamétricas. O contato com a Formação Três Alfa é gradativo, e, nessa interface, ocorrem rochas milonitizadas e tipos com até 25% de feldspato potássico e cálcio-sódico.

## II - Unidades Litológicas

As rochas granitóides e diabásio ocorrem como rochas intrusivas na área da Jazida Salobo.

### a) Rochas Granitóides

#### – Granito Salobo Antigo

Denominação utilizada por Lindenmayer (1990) aflora na área do acampamento, tendo apresentado idade de  $2573 \pm 2$  Ma (Machado et al., 1991). Composto por feldspato potássico (ortoclásio-microclina), oligoclásio, quartzo, augita, hornblenda, clorita e magnetita; geralmente é milonítico.

#### – Granito Salobo Jovem

Denominação utilizada por Lindenmayer (1990) consiste de pequenos *sills* de idade de  $1880 \pm 80$  Ma, orientados segundo NWW, hospedados pela seqüência supracrustal e pelos gnaisses do embasamento. É constituído por albita, ortoclásio e magnetita, não deformado, apresentando estrutura isotrópica.

### **b) Diques de Diabásio**

Três diques de diabásio não deformados ocorrem na área. O primeiro ocorre na porção central-sudeste da jazida, apresentando *strike* próximo de N70E; o segundo ocorre na porção noroeste da jazida, com *strike* próximo de N20W. São compostos por plagioclásio, augita, magnetita, ilmenita e quartzo. O terceiro dique, situado no extremo noroeste da jazida, apresenta mineralogia à base de hornblenda, plagioclásio e quartzo, além de estrutura foliada. Seu *strike* é deduzido como paralelo ao dique orientado segundo N20W que ocorre a leste.

Esses diques ocupam zonas de cisalhamento/falhamento em geometria de rampa lateral (N70E) e rampas frontais (N20W), provavelmente desenvolvidas bem antes das intrusões, em regime de transpressão, tendo sido abertas, posteriormente, pelo regime transtensivo.

### **III – Rocha Alterada**

Na área da Jazida do Salobo ocorre uma faixa de rochas alteradas, com espessura variando entre 30 e 100m (média 60m). Os teores de Cu/Au têm correspondência com as litologias subjacentes. Os principais minerais que ocorrem nessa faixa de rochas alteradas são: malaquita, vermiculita com teor de 18% de CuO, oxihidróxidos de ferro com até 6% CuO. (Toledo-Groke et al., 1985).

O perfil de alteração da área mostra características texturais e mineralógicas variáveis em função da composição da rocha matriz. Sobre as formações ferríferas desenvolveu-se um perfil do tipo *gossan* mineralizado a ouro e cobre, principalmente.

### **IV - Mineralizações**

A mineralização sulfetada da Jazida do Salobo - 3 Alfa é constituída por bornita e calcocita, com quantidades subordinadas de calcopirita, além de proporções variáveis de molibdenita, cobaltita, saflorita, ouro e prata. Essa mineralização encontra-se hospedada principalmente em um conjunto de xistos, contendo proporções variáveis de magnetita, anfibólio, olivina, granada, biotita, quartzo e plagioclásio. Outros minerais minérios que ocorrem são a fluorita e a grafita.

Há íntima associação dos sulfetos com os termos mais ricos em magnetita, destacando-se corpos de minério de formas lenticulares, balizados por zonas de rochas bastante cisalhadas e hidrotermalizadas. A calcopirita mostra uma nítida associação com as formações ferríferas mais ricas em olivina e magnetita.

Os sulfetos de cobre ocorrem das seguintes formas: disseminados, às vezes constituindo níveis paralelos às estruturas planares da rocha; associados a concentrações locais de magnetita e/ou granada, circundando-as ou preenchendo fraturas dos grãos minerais; em clivagens de anfibólio e minerais placóides; constituindo níveis centimétricos de sulfeto maciço, às vezes paralelos ao bandamento da rocha hospedeira; e também como mineralização remobilizada em zonas de cisalhamento.



### 8.1.3.3 Caracterização Geológica do Depósito Salobo

A Jazida do Salobo - 3 Alfa está associada a uma faixa de rochas deformadas hidrotermalizadas, lenticularizadas, orientadas na direção WNW-ESE (Figura 8.1.15) e sub-verticalizadas, de composição mineralógica variada, limitada na base por rochas gnáissicas e no topo por rochas quartzíticas milonitizadas. Tomando como ponto de partida os conceitos mais antigos de xistos definidos por Vieira *et al.* (1988) como X1, X2, X3, X4 e X5, hospedeiros preferenciais das mineralizações, consideram-se para as litologias atuais, os seguintes critérios:

O litotipo antes definido como X5 e que se posiciona na transição entre o conjunto de xistos e o embasamento, ou mais especificamente ao longo do *trend* de cisalhamento do Igarapé Salobo, foi subdividido em litotipos denominados de rochas de composição granitóide, quartzofeldspática (GM), rochas miloníticas, finamente laminadas (ML) e rochas intensamente hidrotermalizadas (HD), brechadas e de composição variável desde silicosas até cloríticas, cujo termo genérico foi denominado de Hidrotermalito. Esses litotipos não são de ocorrência restritas ao *footwall* do depósito, podendo estar presentes no conjunto de litotipos do *hangwall* e eventualmente intercalados no pacote de xistos.

Os termos anteriormente definidos como X1 e X3, com percentuais significativos em magnetita e conseqüentemente os mais importantes hospedeiros da mineralização sulfetada foram agrupados no que se denomina atualmente de xisto magnético (XMT).

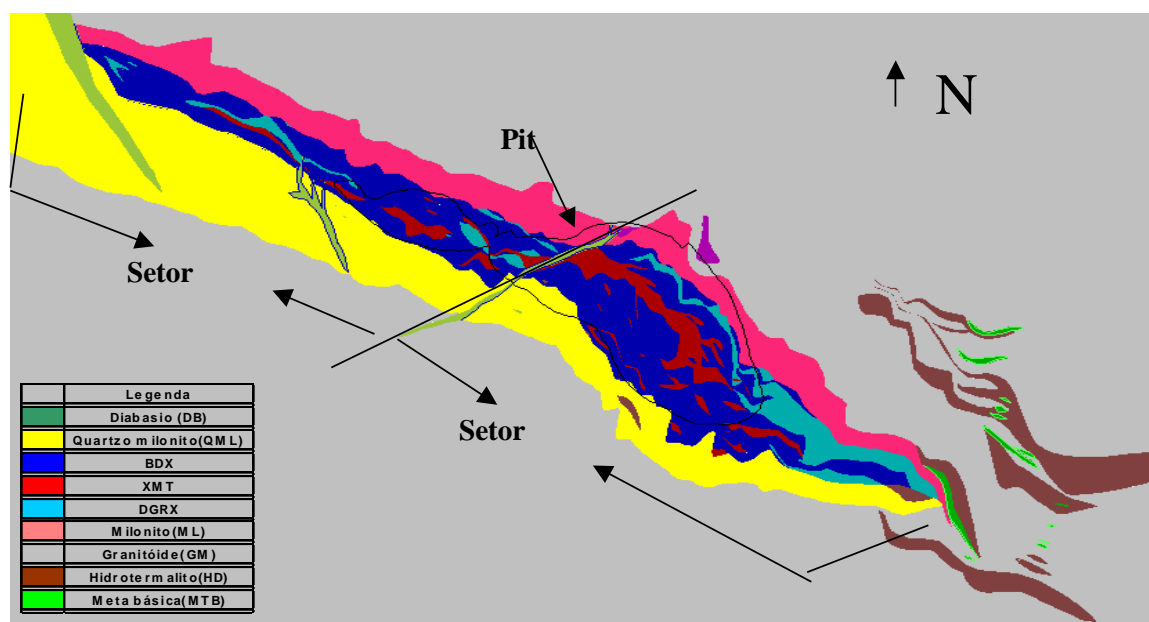


FIGURA 8.1.15 - Mapa Geológico do Depósito Salobo – Nível 240m (Fonte SMSA,2004)

O litotipo definido como X4 que representa a associação mineralógica mais comum no conjunto de xistos passou a ser denominado de biotita granada xisto (BDX). O termo antes denominado X2 passou a ser definido como granada grunerita xisto (DGRX); as observações macroscópicas dessas rochas evidenciam a grunerita sendo substituída por biotita transformando o DGRX em BDX; por isso, sua área de ocorrência é mais limitada e espacialmente definida, sugerindo zonas dentro do depósito que foram menos afetadas pelos processos de potassificação.

O *hangwall* do depósito, antes definido por tipos litológicos de caráter silicoso (quartzitos e rochas gnaissificadas) até tipos cloríticos, genericamente chamados de rochas quartzo-

feldspáticas (RQF), foi redefinido e agrupado no litotipo quartzo milonito (QML), que são rochas constituídas essencialmente por quartzo e sericita/muscovita, intensamente deformadas, de caráter milonítico. Sua ocorrência é bem caracterizada na porção superior do depósito.

Rochas cloríticas (CX), foliadas ou não, rochas de composição granitóide, brechadas, hidrotermalizadas (GM) e hidrotermalitos em geral (HD) foram também descritas ao longo do *trend* cisalhante na borda sul do depósito.

A subdivisão da jazida nos setores sudeste e noroeste foi definida em função de taxas de deformação e hidrotermalismo diferenciais reconhecíveis, que interferem com a distribuição espacial dos tipos litológicos e das mineralizações de interesse econômico. O limite físico entre os dois setores é marcado pelo dique de diabásio com *strike* N70°E, que ocupa antiga estrutura de rampa lateral, relacionada à fase de transpressão.

Aspectos macroscópicos reconhecíveis como a espessura dos xistos são notavelmente diferentes nos dois setores. No Setor Sudeste, a espessura dos xistos atinge um máximo de 570m, enquanto que no Setor Noroeste a espessura máxima atinge 320m. Outro aspecto macroscópico são os mergulhos das unidades litológicas. No Setor Sudeste, os mergulhos são subverticais para sudoeste; no Setor Noroeste os mergulhos são subverticais para nordeste. Um terceiro aspecto macroscópico refere-se à presença de xistos magnéticos. No Setor Sudeste estes ocorrem em maior participação em relação ao Setor Noroeste.

Essas diferenças macroscópicas são resultado das maiores taxas de deformação e hidrotermalismo ocorridas no Setor Noroeste em relação às encontradas no Setor Sudeste. Ambos os setores sofreram episódios de cisalhamentos dúcteis (transpressivos), seguidos de frágeis (transtensivos).

Porém, em função da instalação de estruturas internas ao regime transpressivo com geometria de rampa lateral associada a rampas frontais de empurrões, o Setor Noroeste foi mais comprimido, com vergência para sudoeste, fazendo a espessura dos xistos diminuir tectonicamente, alterando seus mergulhos subverticais para nordeste e, ainda, possibilitando um maior aporte de soluções hidrotermais na fase transtensiva xisto verde. Estes episódios ocasionaram no Setor Noroeste uma maior geração de granada grunerita xisto (DGRX), uma quase completa destruição de xisto magnético e remobilizações excessivas (levando a perdas do sistema) de cobre e ouro, resultando em que este setor seja deprimido economicamente em relação ao Setor Sudeste.

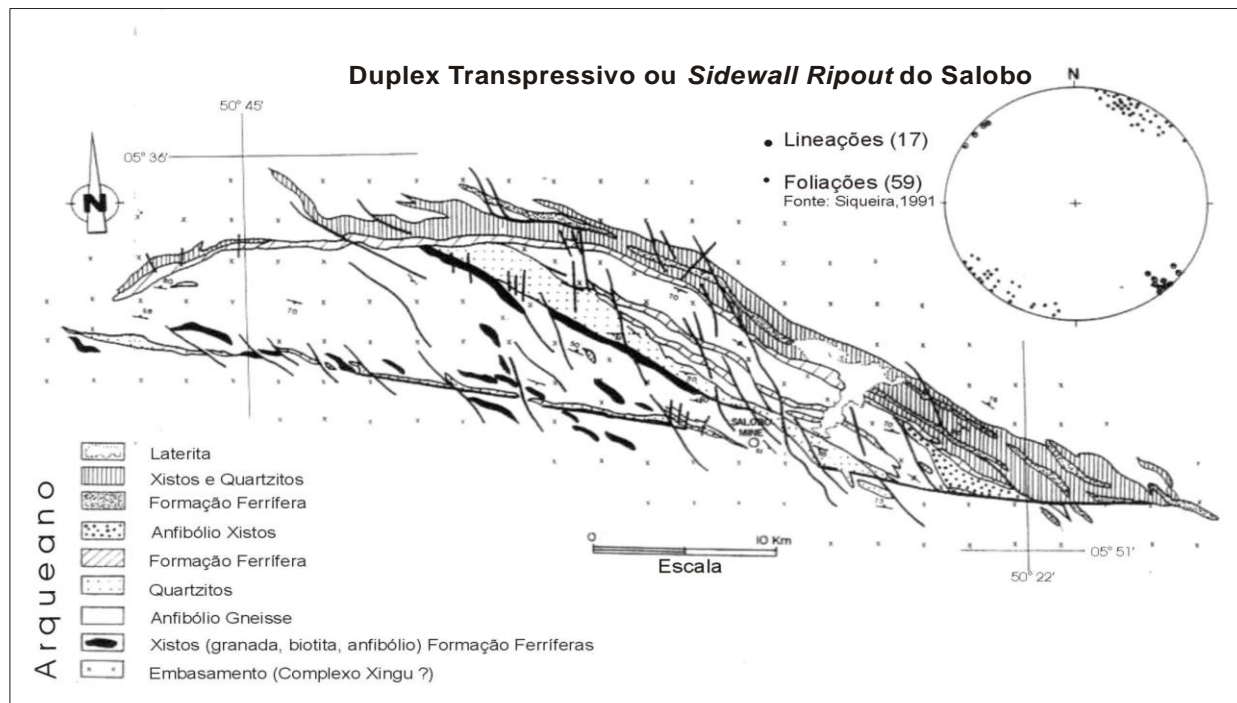
#### **8.1.3.4 Geologia Estrutural e Metamorfismo da Área de Estudo da Unidade Minerária**

A área do Projeto Salobo está geologicamente localizada na borda sul do chamado Duplex Transpressivo do Salobo (Siqueira e Costa, 1991) ou *Sidewall Ripout* do Salobo (Pinheiro, 1997), representada na Figura 8.1.16.

Essa estrutura, caracterizada por um conjunto de lineamentos em feixes, desenha um arco com concavidade voltada para sul e orientado na direção WNW-ESE. Essa área encontra-se posicionada na extremidade W do chamado Sistema Transcorrente Cinzento, apresentando dimensões quilométricas, somando cerca de 70 km de comprimento por 12 a 15km de largura.

Chama atenção, a presença restrita de rochas “metavulcânicas e metassedimentares”, incluindo quartzitos, xistos diversos e rochas ferríferas, acompanhando o lineamento maior WNW - ESE,

que bordeja a base da estrutura regional. Essas rochas estão expostas em uma faixa longa (>40 km) e estreita (<3km), cercadas por rochas cristalinas, de natureza granítica - gnáissica (*sensu lato*) atribuídas ao embasamento regional. Essa estrutura é interrompida regularmente, em intervalos em torno de 3 a 5km, por traços de lineamentos com direção aproximada NS, incorporando deslocamentos relativos insignificantes, ou de no máximo poucas centenas de metros.



**FIGURA 8.1.16 – Duplex Transpressivo do Salobo**

Na região do Projeto Salobo os conjuntos litológicos apresentam orientação geral segundo N70W e mergulho médio de 84SW. Feições de cisalhamento dúctil-rúptil com movimentação oblíqua (inverso, normal e sinistral), são bastante expressivas em toda área, com orientações gerais WNW-ESE e variações para NE-SW. Os elementos estruturais são representados pelas foliações "S" e "C", foliação de transposição, *boudins* ou lentes com formas e dimensões diversificadas, banda de cisalhamento e lineações de estiramento e/ou minerais.

Em termos de metamorfismo, baseando-se nas paragêneses observadas nas formações ferríferas óxido-silicatadas, com olivina-magnetita, e nos xistos com hornblenda verde-biotita-quartzo-plagioclásio-granada, verificou-se que a jazida foi submetida a um metamorfismo de fácies anfibólito alto. As paragêneses relacionadas às rochas gnáissicas, como hornblenda verde, silimanita e cordierita, além de quartzo-moscovita-microclina-plagioclásio das rochas quartzo-feldspáticas, também são diagnósticas desta fácies. A paragênese de fayalita e hiperstênio, apesar de extremamente localizada, diagnostica fácies granulito.

De acordo com Guimarães (1987), as rochas do Salobo foram submetidas a metamorfismo progressivo, que atingiram temperaturas da ordem de 650°C a 750°C e pressões de 4,5 kb, resultando no desenvolvimento de duas associações diagnósticas: grunerita ± almandina + magnetita ± quartzo e fayalita + magnetita ± grafita.

## 8.1.4 Pedologia

### 8.1.4.1 Procedimentos Metodológicos

A fim de se mapear a Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo quanto às classes de solos ali presentes, investigações de campo foram realizadas pela equipe temática, entre os dias 11 e 13 de novembro de 2003. Foram percorridas as áreas a serem diretamente afetadas pelo empreendimento, aproveitando-se as principais estradas e acessos às praças de sondagens e estruturas projetadas, assim como trilhas e picadas abertas nas suas áreas de entorno.

Foram descritos 10 perfis de solos ao longo das principais unidades litológicas e em áreas com diferentes declives. Durante a realização dos trabalhos de campo, buscou-se coletar amostras em unidades morfológicas distintas, objetivando o conhecimento do nível de correlação entre solos, relevos e litologias.

Os caminhamentos pela área de estudo foram realizados e acompanhados com o auxílio dos mapas geológico e de declividades, a fim de que todas as unidades de paisagem (geológicas e geomorfológicas) fossem amostradas. De posse do material mencionado e, em função da presença de estradas e caminhos na área, foram abertos e descritos os perfis de solos, cuja relação e descrição das respectivas localizações se encontram no Quadro 8.1.11, a seguir.

#### QUADRO 8.1.11

##### Perfis de Solos Estudados na Área de Estudo da Unidade Minerária

| Perfil | Amostra                 | Localização   | Coordenadas<br>(UTM - 22) |           |
|--------|-------------------------|---|---------------------------|-----------|
|        |                         |   | E                         | N         |
| 01     | P1A<br>P1Bi             | Margem do igarapé Mickey, quase em sua foz no igarapé Mirim   | 553.272                   | 9.362.300 |
| 02     | P2A<br>P2Bt1            | Barranco em beira de estrada, entre o igarapé Mirim e o igarapé Mickey  | 552.796                   | 9.361.630 |
| 03     | P3A<br>P3Bi             | Barranco em beira de estrada, imediatamente a jusante do eixo da barragem do igarapé Mirim  | 552.795                   | 9.361.118 |
| 04     | P4A<br>P4Bt1            | Barranco em beira de estrada, em proximidades da futura fábrica de explosivos   | 547.921                   | 9.361.850 |
| 05     | P5A<br>P5BW             | Barranco em beira de estrada, na borda sudeste da cava projetada  | 552.043                   | 9.359.200 |
| 06     | P6A<br>P6Bi             | Barranco em beira de estrada, local previsto para as pilhas de estéril e minério marginal, no divisor das bacias do igarapé Salobo e rio Cinzento | 552.691                   | 9.358.470 |
| 07     | P7A<br>P7BW1<br>P7BW2   | Barranco em beira de estrada, corte de praça (estação com três piezômetros), local previsto para unidade de britagem                              | 551.412                   | 9.360.690 |
| 08     | NA                      | Barranco em beira de estrada, na margem direita do rio Itacaiúnas, local da travessia de balsa e portaria do Salobo                               | 558.720                   | 9.350.990 |
| 09     | P9A<br>P9Bt             | Barranco em beira de estrada de acesso ao acampamento 3 Alfa, a, aproximadamente, 3km do rio Itacaiúnas   | 557.995                   | 9.353.572 |
| 10     | P10A<br>P10AB<br>P10BW1 | Barranco em beira de estrada proximo ao Acampamento 3 Alfa  | 554.959                   | 9.358.470 |

Obs.: NA – Perfil não amostrado, devido à textura arenosa de todas as camadas, não se fazendo necessária a análise laboratorial

A descrição das características dos solos foi realizada segundo Lemos e Santos (1996) e as fichas, contendo a descrição, as análises laboratoriais das amostras e a documentação fotográfica se encontram no Anexo V deste documento. A classificação dos solos foi feita segundo a EMBRAPA (1999), tendo como referências o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999). Após descritos os solos, os principais horizontes foram coletados e enviados ao laboratório para análises físico-químicas.

As análises foram realizadas no laboratório do Centro de Milho e Sorgo da EMBRAPA, localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais no mês de dezembro de 2003, quando foram avaliados os seguintes parâmetros:

#### a) Análises físicas

- Granulometria: dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/dm<sup>3</sup> e agitação em alta rotação (12.000 rpm), durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamização em peneiras, com malhas de 0,2 e 0,053mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta e a fração silte calculada por diferença (EMBRAPA-CNPS, 1997).

#### b) Análises químicas

- pH em água - determinados potenciométricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Cálcio e Magnésio trocáveis - extraídos com KCl 1 mol/dm<sup>3</sup>, na proporção 1:20 e dosados por absorção atômica (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Potássio trocável - extraídos com HCl 0,05 mol/dm<sup>3</sup>, na proporção 1:10 e dosados por fotometria de chama (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Alumínio trocável - extraído com KCl 1 mol/dm<sup>3</sup>, na proporção 1:20 e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/dm<sup>3</sup> (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) - extraída com solução de acetato de cálcio a pH 7,0, na proporção 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/dm<sup>3</sup> (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Fósforo - extraído com solução de HCl 0,05 mol/dm<sup>3</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol/dm<sup>3</sup> (Mehlich - 1) e determinado por colorimetria na presença de ácido ascórbico (EMBRAPA-CNPS, 1997).
- Carbono Orgânico (matéria orgânica): método volumétrico pelo bicromato de potássio e titulação com o sulfato ferroso (EMBRAPA-CNPS, 1997).

Através dos dados das análises químicas são calculadas:

- a soma de bases (SB) = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>
- a capacidade de troca catiônica (CTC) = SB + Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>

- a saturação por bases (V%) =  $SB \times 100 / CTC$
- a saturação por alumínio (Al%) =  $Al^{3+} \times 100 / (Al^{3+} + SB)$

Essas informações são essenciais para a classificação dos solos quanto à fertilidade, onde, quando V%  $\geq$  50%, são classificados como eutróficos; quando V% < 50, como distróficos e, quando  $Al^{3+} = 4\text{cmolc/kg}$  e Al%  $\geq$  50, como alumínicos.

A localização dos perfis e dos pontos de amostragem de solos, assim como o mapeamento pedológico elaborado para a Área de Estudo da Unidade Minerária podem ser visualizados no Desenho D2-039-5130-1310-0028, do Anexo I deste relatório.

#### 8.1.4.2 Classes de Solos Identificadas na Área de Estudo da Unidade Minerária

De acordo com os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1999) e considerando-se o 1º Nível Categórico (ordens) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, foram encontradas 4 classes de solos na área de estudo: Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos.

Uma breve descrição de cada uma dessas classes é apresentada a seguir:

##### a) Latossolos - grupamento de solos com B latossólico

*Base* - evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização ou laterização), segundo intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização.

*Características* - desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B latossólico, em seqüência a qualquer tipo de A quase nulo, ou pouco acentuada, aumento de teor de argila de A para B.

*Localização na área de estudo* - os Perfis 5 e 10 indicaram a presença de Latossolos Vermelhos e o Perfil 7, a presença de Latossolo Vermelho-Amarelo. O primeiro possui matiz mais vermelha que 2,5YR e o segundo matiz mais vermelha que 5YR e mais amarela que 2,5YR.

*Tipos de Latossolos mapeados:*

- LVj – LATOSSOLO VERMELHO Perférico típico, A moderado e húmico, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado.
- LVd – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.
- LVAd – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado.

**b) Argissolos** - grupamento de solos com B textural com argila de atividade baixa

*Base* - evolução avançada, com atuação incompleta do processo de ferralitização, em conexão com paragênese caulínica-oxídica ou virtualmente caulínica, na vigência de mobilização de argila da parte mais superficial, com acumulação ou concentração em horizonte subsuperficial.

*Características* - desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B textural em vinculação com atributos evidenciadores de baixa atividade de argilas.

*Localização na área de estudo* - o Perfil 2 identificou a presença de Argissolos Vermelhos e os Perfis 4 e 9 indicaram Argissolos Amarelos. No primeiro caso são solos que possuem matiz mais vermelha que 2,5YR e no segundo caso matiz mais amarela que 5YR.

*Tipos de Argissolos mapeados:*

- PVe – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura média, relevo ondulado.
- PAa – ARGISSOLO AMARELO Alumínico típico, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado.
- PAd – ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado textura muito argilosa, relevo ondulado.

**c) Cambissolos** - grupamento de solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente

*Base* - pedogênese pouco avançada, evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, ausência ou quase ausência da estrutura da rocha, croma mais forte, matizes mais vermelhos ou conteúdo de argila mais elevado que os horizontes subjacentes.

*Características* - desenvolvimento de horizonte B incipiente em seqüência a horizonte superficial de qualquer natureza inclusive o horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente deverá apresentar argila de atividade baixa e/ou saturação por bases baixa.

*Localização na área de estudo* - foram identificados Cambissolos Háplicos nos Perfis 1, 3 e 6. Esses solos não possuem horizonte A húmico e nem horizonte O hístico. No caso do Perfil 1, o Cambissolo descrito tem características de solos hidromórficos (sujeitos a excesso de água durante parte do ano), o que lhe deu o atributo “gleíco”.

*Tipos de Cambissolos mapeados:*

- CXa1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, A moderado, textura média, relevo forte ondulado.
- CXa2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico, A moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado.
- CXbe – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb eutrófico gleíco, A moderado, textura média, relevo plano e suave ondulado, com inclusão de NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico.

**d) Neossolos** - grupamento de solos pouco evoluídos, com ausência de horizonte B diagnóstico

*Base* - solos em via de formação, seja pela ausência dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário.

*Características* - insuficiência de manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação. Exígua diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C ou R. Predomínio de características herdadas do material originário.

*Localização na área de estudo* – o Neossolo Flúvico foi identificado no Perfil 8, sendo um solo derivado de sedimentos aluviais, com horizonte A sobreposto ao horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si.

O Quadro 8.1.12, apresenta a relação das classes de solos mapeadas na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, acompanhada das respectivas áreas de ocupação e distribuição relativa.

**QUADRO 8.1.12**  
**Área e Distribuição Relativa das Classes de Solos na**  
**Área de Estudo da Unidade Minerária**

| Classe de Solo |  | Área (ha) | %     |
|----------------|--|-----------|-------|
| LVj            | LATOSSOLO VERMELHO Perférico típico  | 1.793,34  | 10,62 |
| LVd            | LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico   | 608,69    | 3,61  |
| LVA d          | LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico                                       | 2.811,20  | 16,65 |
| PVe            | ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico  | 2.378,20  | 14,08 |
| PAa            | ARGISSOLO AMARELO Alumínico típico   | 5.133,23  | 30,40 |
| PAd            | ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico  | 580,85    | 3,44  |
| CXa1           | CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico  | 1.478,63  | 8,76  |
| CXa2           | CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico típico  | 862,04    | 5,11  |
| CXbe           | CAMBISSOLO HÁPLICO Tb eutrófico gleíco, com inclusão de NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico | 1.237,73  | 7,33  |

A descrição morfológica dos diferentes perfis amostrados na área estudada, acompanhada dos resultados das análises físicas e químicas produzidas pelos laboratórios da EMBRAPA – Sete Lagoas, bem como da documentação fotográfica se encontram no Anexo V deste relatório.

Além dos perfis, foi coletada uma amostra de solo de uma área que é conhecida na região por possuir "terra preta", ou seja, terras de melhor qualidade (Perfil 8), a fim de investigar possíveis atividades antrópicas pretéritas no local. Os resultados laboratoriais apresentados no Anexo V, principalmente o baixo teor de carbono orgânico, vêm descartar essa suspeita.

Uma análise do mapa pedológico elaborado, mostrando a distribuição das classes de solos dentro da área da Unidade de Mineração do Projeto Salobo, permite observar uma estreita relação entre os solos, a geologia e a geomorfologia da região.



Ressalta-se a presença de algumas classes de solos que são muito suscetíveis à erosão (fato inclusive observado na área, nas proximidades das estradas), apesar de, atualmente, estarem protegidos pela densa cobertura vegetal. A retirada dessa cobertura pode desencadear processos erosivos bastante acelerados e intensos, que poderão causar prejuízos caso não sejam considerados.

Este risco é iminente nas áreas dos Cambissolos, que são rasos e com horizonte C sem estrutura e ricos em silte próximo à superfície e, também, nos Argissolos, em função da diferença do teor de argila entre o horizonte A e o horizonte Bt, que diminui a velocidade de infiltração da água no solo, favorecendo à saturação do mesmo e o posterior escoamento superficial.

## **8.1.5 Geomorfologia**

### **8.1.5.1 Caracterização Geomorfológica Regional**

A principal base de informações existente sobre a geomorfologia regional da área onde se insere o Projeto Salobo foi caracterizada nos estudos produzidas para o Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí (STCP, 2003). Esse estudo aborda de forma macrorregional a área de estudo e utiliza, como bibliografia de referência, a classificação geomorfológica desenvolvida e aplicada pela equipe técnica do Projeto RADAMBRASIL (1974).

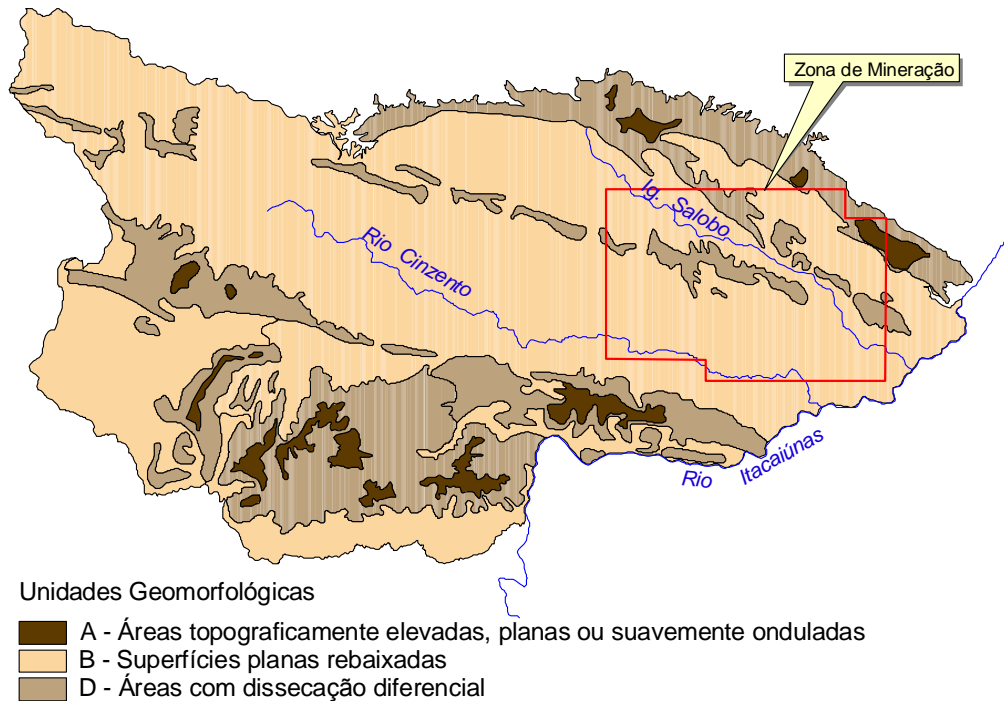
Segundo estudos desenvolvidos pelos geomorfólogos do referido Projeto, a Área de Estudo se insere em um contexto macrorregional marcado pela ocorrência de dois grandes domínios morfoestruturais e climáticos a saber: Planalto Dissecado do Sul do Pará e Depressão Periférica do Sul do Pará.

Conforme levantamentos da STCP (2003), o Planalto Dissecado é representado principalmente pela Serra dos Carajás, cujo eixo maior estende-se por 160 km (leste-oeste) e eixo menor por 60 km. A maior parte da serra está inserida na Floresta Nacional de Carajás, se estendendo ao sul da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri. Ao norte da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, segmentos desconectados da formação recebem as denominações de Serra do Cinzento e Serra da Redenção. A cota altimétrica mais elevada observada na região é de 650 metros de altitude.

Mantendo a padronização dos levantamentos geomorfológicos já realizados em áreas da CVRD no sul do Pará, foram mapeadas as seguintes unidades geomorfológicas no âmbito do Plano de Manejo da FLONA do Tapirapé-Aquiri, conforme apresentadas na Figura 8.1.17.

- Áreas Topograficamente Elevadas, planas ou suavemente onduladas
- Superfícies Planas Rebaixadas
- Áreas com Dissecação Diferencial

O relatório do referido mapeamento geomorfológico indica a existência de duas unidades geomorfológicas específicas, que ocorrem preferencialmente na Zona de Mineração onde se insere o Projeto Salobo, a saber:



**FIGURA 8.1.17 - Mapeamento Geomorfológico do Plano de Manejo da Floresta Nacional de Tapirapé-Aquiri (CVRD/STCP, 2003)**

#### - **Unidade B1**

Segundo os estudos da STCP (2003), essa unidade correspondente às áreas pediplanizadas localizadas nos vales do rio Cinzento (área central), do igarapé Salobo e uma porção do vale do rio Itacaiúnas (a sudoeste da área), estendendo-se por uma superfície de cota máxima em geral até 250 metros. Ocorrem secundariamente colinas dissecadas do embasamento, constituídas pelas rochas do Complexo Xingu.

De modo geral, são delimitadas por encostas com declividades até 5°. A cobertura vegetal é caracterizada por Florestas Ombrófilas Abertas, que recobrem latossolos vermelho-amarelos oriundos do Complexo Xingu (RADAM, 1974). A topografia plana do terreno, associada às baixas declividades e à possante presença do rio Cinzento, proporciona o constante encharcamento do solo, condicionando instabilidade morfodinâmica ao local.

#### - **Unidade D3**

Conforme STCP (2003), caracteriza-se por um relevo escarpado, onde predominam cristas muito dissecadas, com topos estreitos e alongados, cuja linearidade está condicionada ao controle estrutural (Falha de Carajás). É resultado do processo de dissecação em rochas do Complexo Xingu, onde litologias resistentes do Grupo Igarapé Pojuca impediram a pediplanização total da área, resultando nesse relevo residual.

As encostas são íngremes, com drenagens curtas, paralelas entre si e transversais à direção preferencial da falha. A altitude média da linha de cumeeira é de 550 metros, proporcionando

uma amplitude altimétrica de 300-350 metros em relação à superfície pediplanizada do rio Cinzento. A cobertura vegetal é representada pela Floresta Ombrófila Aberta Submontana.

### **8.1.5.2 Caracterização Geomorfológica da Área de Estudo da Unidade Minerária**

Com base nas informações disponíveis e levantamento de campo, procedeu-se a delimitação e caracterização das unidades geomorfológicas contidas no domínio da Área de Estudo. O mapeamento resultante é apresentado no Desenho D2-039-5130-1310-0029 (Anexo I).

As unidades identificadas foram delimitadas considerando-se seu aspecto morfológico e a clara influência lito-estrutural no seu modelado, tendo sido identificadas e caracterizadas como:

#### **a) Conjunto de Terrenos Baixos com Coberturas Colúvio/Aluvial dos Rios Cinzento, Itacaiúnas e Igarapé Salobo**

Essa unidade geomorfológica estende-se ao longo das principais drenagens da região, sendo marcante nas porções extremo-sul e centro-leste da área de estudo, onde ocorre na forma de uma faixa de dimensões variáveis, ao longo de todo o igarapé Salobo e rios Itacaiúnas e Cinzento.

As altitudes observadas nessa unidade são as menores ocorrentes na Área de Estudo da Unidade Minerária, exibindo cotas inferiores a 170 metros.

Por se tratar de domínio de gradação, as declividades mostram-se discretas, estando compreendidas entre 0 e 8%. A susceptibilidade à erosão é baixa, estando, por vezes, restrita ao retrabalhamento fluvial decorrente do fluxo hídrico das principais drenagens sobre os diques naturais que controlam seu escoamento.

Nessa unidade, o desenvolvimento da erosão mostra-se fortemente condicionado pela natureza dos terrenos lindeiros aos principais drenos que a cortam. Por se tratar de terrenos de natureza aluvial, onde a pedogênese propiciou o desenvolvimento de solos rasos e hidromórficos (Cambissolo Háptico com inclusão de Neossolo Flúvico Psamítico), é comum o retrabalhamento por erosão fluvial, especialmente onde a última classe de solo predomina.

Sobre esses solos, ocorre o predomínio da Floresta Ombrófila Aberta Submontana, com presença de palmeiras. Conforme IBGE (1992), a presença das palmeiras indica a manifestação de alterações ambientais naturais ou antrópicas na área. Nesse caso, é também possível que alagamentos episódicos e a natureza geodinâmica dos solos possam influenciar no aspecto fitofisionômico da cobertura vegetal.

#### **b) Residuais de Colinas Arredondadas Rebaixadas da Depressão do Rio Cinzento**

Essa unidade de mapeamento ocupa a porção sul da área de estudo. Sua ocorrência resulta da plena dissecação fluvial dos terrenos, controlada pelo nível de base regional, aqui representado pelo rio Itacaiúnas. O rio Cinzento e seus afluentes pela margem esquerda drenam grande parte da porção sul da área de estudo, comportando em seu arranjo hidrográfico um conjunto de drenagens de padrão dendrítico, cujas nascentes posicionam-se em altitudes compreendidas entre 200 e 250 metros em relação ao nível do mar.

As feições morfológicas são representadas por colinas convexas, com declividades inferiores a 8%, e mostram-se contíguas aos Terrenos Baixos com Influência Colúvio/Aluviais dos rios Itacaiúnas, Cinzento e Igarapé Salobo. Por se apresentar com uma unidade bastante rebaixada, cujas colinas exibem um gradiente suave a moderado em direção às drenagens que as ladeiam, os processos morfodinâmicos mostram-se aqui discretos, permitindo que seu grau de susceptibilidade erosiva seja considerado de baixo a moderado.

As litologias que embasam essa morfologia são representadas pelos metatonalitos, granitóides graníticos-granodioríticos, normalmente foliados, isotrópicos com diques pegmatíticos, além de ocorrências quartzíticas, de xistos e formação ferrífera.

Sobre essa unidade geomorfológica a classe de solos dominante é a do Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura argilosa. O substrato tem como cobertura vegetal uma associação de Florestas Ombrófilas Abertas e Densas, essa última com menor representatividade.

### **c) Colinas Proeminentes da Depressão dos Igarapés Salobo e Trator**

Essa unidade geomorfológica encontra-se compreendida entre os residuais de Colinas Arredondadas Rebaixadas da Depressão do rio Cinzento e as Serras e Cristas Proeminentes da área de estudo. As colinas que caracterizam essa unidade de mapeamento exibem atitudes compreendidas entre 200 e 250 metros em relação ao nível do mar.

Representam o estágio intermediário da dissecação operante na região e comportam um número expressivo de drenagens formadoras dos cursos de água da região, ao longo de todo o arranjo hidrográfico da área analisada. Alojadas nas colinas, notáveis são as feições anfiteátricas de dimensões e formatos diversos, que abrigam as principais nascentes formadoras dos principais afluentes do igarapé Trator. Espacialmente, ocorrem em menor expressão na bacia do igarapé Salobo.

Por se tratar de uma unidade geomorfológica onde a dissecação encontra-se em franca incisão, as declividades mostram-se mais expressivas. Em grande parte situam-se entre 8 a 20%, não sendo, porém raro, feições com percentuais que podem alcançar até 45%.

Nessa unidade geomorfológica, a litologia é representada por metalonitos e granitóides graníticos-granodioríticos, normalmente foliados, isotrópicos com diques pegmatíticos.

Apesar das declividades, a pedogênese se encarregou da formação de latossolos do tipo distrófico típico, A moderado, textura argilosa. Apesar da boa estrutura apresentada pelos latossolos e da sua conseqüente eficiência na drenagem das águas pluviais, a susceptibilidade à erosão da área é reconhecida como moderada a alta. O número expressivo de feições anfiteátricas presentes nessa unidade confirma a morfodinâmica ativa da área.

Cabe ressaltar, por fim, que a existência de coberturas pedológicas espessas e drenagens, revestidas por florestas, são características que garantem o tamponamento frente à possibilidade da manifestação de grandes processos erosivos no profundo manto de intemperismo confinados por esses.

#### **d) Serras e Cristas Proeminentes**

Essa unidade geomorfológica destaca-se na paisagem pela proeminência altimétrica frente às demais geoformas identificadas na Área de Estudo da Unidade Minerária. Representam formações isoladas, compreendidas entre as altitudes de 300 e 600 metros. Nas porções cimeiras, que marcam os lineamentos estruturais herdados de falhas orientadas no sentido NW-SE, ocorrem verdadeiras cristas, onde as altitudes alcançam até 600 metros.

As formações mostram-se preservadas devido à natureza litológica de seus terrenos, em geral xistos, quartzitos, rochas silicosas e formações ferríferas, mais resistentes ao intemperismo e à dissecação do que os litótipos que caracterizam o seu entorno, como os milonitos e os granitóides.

Três destacáveis geoformas são representativas nessa unidade de mapeamento.

A primeira, e mais evidente, estende de oeste até a porção central seguindo a orientação dos lineamentos estruturais característicos da região, por vezes com pequenos deslocamentos ao longo do corpo serrano decorrente de falhas secundárias orientadas no sentido N-S. Essa geoforma abriga o corpo de minério do Projeto Salobo e mostra largura média da ordem de 9km e comprimento aproximado de 21km.

A segunda posiciona-se na margem esquerda do igarapé Salobo. Apesar do evidente controle estrutural em sua gênese, parece, em alguns segmentos, representar resíduos planálticos reduzidos pela dissecação fluvial.

A terceira geoforma ocorre na porção sul da Área de Estudo. Mostra altitudes mais modestas, inferiores a 400 metros e abriga em seus contornos um conjunto de drenagens que se organizam no padrão dendrítico em ambos os flancos da referida área.

Nessa unidade geomorfológica, é importante destacar fácies de relevo ao longo das geoformas que a caracterizam. Esses compartimentos menores revelam comportamentos geodinâmicos distintos, resultantes das condições de declividade e da natureza dos solos ocorrentes.

Na porção baixo-montana, é notável a presença de esporões que se prolongam em direção às unidades geomorfológicas mais rebaixadas. O Cambissolo Háptico Tb Alumínico típico, A moderado, textura muito argilosa é o solo dominante dessa porção das serras. Sobre esse substrato ocorre, como cobertura vegetal, associação de florestas ombrófilas aberta e densa.

Na porção propriamente montana das serras até suas cristas, as declividades se acentuam, superando 45%. Nessas condições, a susceptibilidade à erosão eleva-se significativamente, sendo classificada como alta e muito alta. Na geoforma localizada na porção central da área de estudo, a classe de solo dominante é o Latossolo Vermelho Perférico típico, A moderado e húmico, textura argilosa. No lineamento serrano localizado na margem esquerda do Igarapé Salobo, onde as declividades são sempre superiores a 20%, ocorrem solos como o Cambissolo Háptico Alumínico ondulado. Trata-se de um ambiente de susceptibilidade à erosão muito alta, devido à pouca espessura dos horizontes pedogenéticos e das condições de declividades operantes.

Na porção basal dessas encostas, que em alguns casos assemelham-se a verdadeiras “escarpas”, ocorrem ambientes onde declividades mais amenas permitem maior equilíbrio entre morfogênese e pedogênese.

Em condições de declividades intermediárias, mapearam-se domínios de Argissolo Amarelo Alumínico típico, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado. Essa classe pedológica é também dominante na porção sul da área. Por se tratar de uma geoforma mais rebaixada, com conformações anfiteátricas mais evidentes e em condições de declividades dominantes raramente superiores a 25%, solos mais evoluídos se desenvolvem localmente.

A unidade das Serras e Cristas encontra-se, na sua totalidade, revestida por Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipós, proporcionando a estabilidade de terrenos onde os atributos físicos são amplamente favoráveis à manifestação de processos erosivos de grande magnitude.

#### **e) Remanescentes Planálticos de Leste e Escarpas Associadas**

Essa unidade geomorfológica apresenta-se como platôs com altitudes superiores a 550m, localizados na borda leste da Área de Estudo. Nesse caso, a sua ocorrência é discreta, em comparação aos encontrados na Serra de Carajás, nas imediações das minas de ferro N4 e N5 da CVRD.

Os platôs representam remanescentes planálticos ainda preservados da dissecação fluvial controlada pelo nível de base marcado pelo rio Itacaiúnas. Mostram-se sempre em uma condição de relevo plano, levemente basculados em direção às frentes de dissecação, representados por anfiteatros alojados nas escarpas que circundam essas geoformas.

As declividades, de discretas a nulas, fazem com que essa unidade funcione como importante área de recarga. A intensa infiltração das águas pluviais nas condições de declividades presentes favoreceu o desenvolvimento de coberturas latossólicas espessas sobre os platôs. Neles, ocorre o Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, onde se desenvolveu a Floresta Ombrófila Aberta Montana.

A susceptibilidade à erosão nesses terrenos varia de muito baixa a baixa, estando o desencadeamento de processos erosivos confinados aos rebordos dos platôs, no segmento de transição para as escarpas. Nelas, a susceptibilidade à erosão é muito alta, devido à dominância de solos rasos como o Cambissolo Háptico Alumínico típico, A moderado, textura média, relevo forte ondulado, associado a declividades elevadas, superiores a 45% em quase totalidade do seu domínio. A Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Cipós é a formação vegetal característica dos ambientes escarpados e serranos.

O Quadro 8.1.13 mostra as características dos principais atributos ambientais presentes nas diferentes unidades geomorfológicas da área analisada. A leitura desse quadro, acompanhada do Mapa Geomorfológico e Perfil Topográfico apresentados no Desenho D2-039-5130-1310-0029, permite a visão integrada das paisagens estruturadas sobre as diferentes unidades geomorfológicas.

**QUADRO 8.1.13****Síntese das Características Ambientais das Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo**

| Unidades Geomorfológicas  | Litologias Predominantes  | Classes de Solos Ocorrentes  | Cobertura Vegetal Dominante  | Intervalos de Declividade | Susceptibilidade à Erosão   |
|---|---|--|--|---------------------------|---|
| <b>1- Conjunto de Terrenos Baixos com Coberturas Colúvio/Aluvial dos Rios Cinzento, Itacaiúnas e Igarapé Salobo</b> | Aluviões metatonalitos coluvionados   | Cambissolo Háplico Tb eutrófico gleico, A moderado, textura média, relevo plano e suave ondulado com inclusão de Neossolo Flúvico Psamítico  | Associação de Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras e Floresta Ombrófila Aluvial  | 0 a 8%                    | Baixa, mas com retrabalhamento das margens fluviais   |
| <b>2- Residuais de Colinas Arredondadas Rebaixadas da Depressão do Rio Cinzento</b>                                 | Metatonalitos, Granitóides Graníticos – Granodioríticos com diques pegmatíticos, faixas de quartzito, xistos e formação ferrífera | Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado   | Associação de Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras e Floresta Ombrófila Densa Submontana   | 8 a 20%                   | Baixa a moderada e fortemente condicionada pela declividade e minimizada pela cobertura vegetal e espessa cobertura latossólica.            |
| <b>3- Colinas Proeminentes da Depressão dos Igarapés Salobo e Trator</b>  | Metatonalitos e granitóides graníticos – granodioríticos com diques pegmatíticos  | Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado   | Associação de Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras e Floresta Ombrófila Densa Submontana   | 8 a 20%                   | Baixa a moderada e fortemente condicionada pela declividade e minimizada pela cobertura vegetal e espessa cobertura latossólica.            |
| <b>4- Serras e Cristas Proeminentes</b>   | Xistos e formação ferrífera, rochas silicosas e brechas e quartzitos  | Cambissolo háplico Tb aluminico típico, A moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado, Latossolo Perférico típico, a moderado e húmico, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado. Argissolo Amarelo Alumínico típico, A moderado, textura argilosa, relevo ondulado. | Floresta Ombrófila Submontana com cipós e associação de Floresta Ombrófila Aberta Submontana com palmeiras e Floresta Ombrófila Densa Submontana | 25 a 45 %<br>e<br>> 45%   | Alta a muito alta. Os domínios dos Cambissolos podem ser reconhecidos como os mais instáveis, seguidos das áreas ocupadas pelos Argissolos. |
| <b>5- Remanescentes Planálticos de Leste e Escarpas Associadas</b>  | Lateritas sobre metagabros, metabasitos, xistos e formação ferrífera  | <b>Platô</b> – Latossolo Vermelho Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, relevo plano.   | Floresta Ombrófila Densa Montana   | 0 a 4 %                   | Muito baixa com dinâmica de erosão regressiva na transição platô-escarpa  |
|   |   | <b>Escarpa</b> – Cambissolo Háplico Alumínico típico, A moderado, textura média, relevo forte ondulado   | Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipós   | predominantemente > 45%   | Muito alta. Ambiente de alta instabilidade decorrente da presença de solos rasos e declividades elevadas. Morfodinâmica muito ativa.        |

### 8.1.5.3 Considerações Gerais

Como resultado da análise geomorfológica empreendida na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, pode-se destacar os aspectos a seguir relacionados:

- as declividades influenciam de forma significativa os processos pedogenéticos na área. Observa-se que os solos jovens, como os Cambissolos, mostram-se intimamente relacionados à condição de declive, evidenciando a importância dos processos morfodinâmicos, mesmo em condições de ocorrência de domínios florestais ombrófilos;
- as litologias, em grande parte, também influenciam a distribuição dos solos mapeados na área de estudo, em especial nos aspectos relacionados às suas texturas;
- apesar da exuberância da cobertura florestal existente na área de estudo, o elevado índice pluviométrico favorece o desenvolvimento de um espesso manto de alteração, de natureza friável, facilmente erodível;
- a densidade da Floresta Ombrófila e a profundidade das coberturas pedológicas atuam como elementos de tamponamento ao desenvolvimento de processos erosivos;
- a unidade geomorfológica das **Serras e Cristas Proeminentes** apresenta-se como domínio espacial de alta susceptibilidade à erosão, cujo desencadeamento está condicionado à remoção da cobertura florestal, favorecendo o rápido decapeamento de solos câmbicos e a eficaz incisão nos espessos mantos saprolíticos que marcam a porção terminal e intermediária destes ambientes;
- a unidade representada pelo conjunto de **Terrenos Baixos com Coberturas Colúvio/Aluvial dos Rios Cinzento, Itacaiúnas e Igarapé Salobo**, apresenta-se como a unidade de maior estabilidade frente à possibilidade de desencadeamento de processos erosivos;
- situação semelhante, porém em menor grau de intensidade, ocorre com a porção correspondente aos platôs que compõem, juntamente com as escarpas, a unidade geomorfológica de **Remanescentes Planálticos de Leste e Escarpas Associadas**.

### 8.1.6 Hidrologia Superficial

#### 8.1.6.1 Procedimentos Metodológicos

Para a realização dos estudos hidrológicos, foram coletados e consistidos os dados fluviométricos regionais, de estações instaladas no entorno da área de estudo, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas - ANA, além do levantamento e análise dos estudos elaborados para os projetos de engenharia e de viabilidade econômica desenvolvidos no âmbito do do Projeto Salobo.

Dados locais foram também reunidos, consistidos e comparados com os dados regionais. Para tanto, foram utilizados os dados do monitoramento hidrométrico local, implantado em



agosto/2003, disponibilizados pela Salobo Metais, que compreendem a leitura de nível de água e as medições de vazão executadas nos cursos de água de interesse.

As estruturas implantadas para o monitoramento hidrométrico da rede de drenagem local referem-se a vertedouros e estações linimétricas, onde são realizadas leituras diárias de nível de água e medições programadas de vazão com a utilização de equipamento específico.

Os pontos de monitoramento hidrométrico inseridos na Área Diretamente Afetada - ADA da Unidade Minerária do Projeto Salobo estão apresentados no desenho D2-039-5130-1310-0030, constante do Anexo I deste relatório.

Para a caracterização das bacias hidrográficas sujeitas às interferências das atividades minerárias do Projeto Salobo, foi elaborada subdivisão das áreas de drenagem dos principais cursos de água. Foram calculados os parâmetros de área de drenagem, perímetro da bacia, comprimento do maior talvegue, declividade equivalente e tempo de concentração.

#### 8.1.6.2 Caracterização Hidrológica Regional

Do ponto de vista hidrográfico regional, o Projeto Salobo se localiza no baixo trecho do sistema Araguaia-Tocantins, na porção em que banha terras do Estado do Pará. A sub-bacia do rio Itacaiúnas, em cuja margem esquerda o empreendimento se encontra inserido, deságua imediatamente a jusante da cidade de Marabá, conforme mostra a Figura 8.1.18.



**FIGURA 8.1.18 – Localização da Bacia do Rio Itacaiúnas.**

As características básicas das estações fluviométricas regionais selecionadas para o presente estudo, cujos dados gerais estão disponibilizados no *site* da ANA – Agência Nacional de Águas, são apresentadas no Quadro 8.1.14.

**QUADRO 8.1.14**  
**Estações Fluviométricas Regionais Selecionadas**

| Estação               | Código ANA (*) | Curso de Água   | Coordenadas Geográficas      | Área de Drenagem (km <sup>2</sup> ) | Período de Operação    |
|-----------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Fazenda Rio Branco    | 29080000       | Rio Parauapebas | 05° 47' 00" e<br>49° 48' 00" | 9398                                | Abr/1985 a<br>Dez/1995 |
| Barra do Cinzento     | 29060000       | Rio Itacaiúnas  | 05° 53' 00" e<br>50° 30' 00" | 12140                               | -                      |
| Acampamento Caldeirão | 29061000       | Rio Itacaiúnas  | 05° 52' 00" e<br>50° 29' 00" | 12174                               | -                      |
| Salobo 3              | 29062000       | Igarapé Salobo  | 05° 45' 00" e<br>50° 33' 00" | 90                                  | -                      |
| Acampamento 3 Alfa    | 29063000       | Igarapé Salobo  | 05° 46' 00" e<br>50° 32' 00" | 152                                 | -                      |
| Itacaiúnas I          | 29064080       | Rio Itacaiúnas  | 05° 47' 00" e<br>50° 23' 00" | 12880                               | -                      |
| Jacaré                | 29065000       | Rio Tapirapé    | 05° 37' 00" e<br>50° 26' 00" | -                                   | -                      |
| Gelado                | 29070000       | Rio Parauapebas | 05° 58' 00" e<br>49° 51' 00" | 7380                                | -                      |

(\*) Código da estação fluviométrica de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA

Das oito estações fluviométricas identificadas no entorno do sítio do Projeto Salobo, somente a Estação Fazenda Rio Branco (29080000) apresenta-se com dados de nível de água e vazão disponíveis, em série histórica referente ao período compreendido entre 1985 e 1995. No Quadro 8.1.15, mostrado a seguir, estão apresentadas as vazões médias mensais da referida estação.

**QUADRO 8.1.15**  
**Vazões Médias Mensais da Estação Fazenda Rio Branco**

| Ano/Mês | J      | F      | M      | A      | M      | J      | J     | A     | S     | O     | N     | D      | MÉDIA  |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1985    |        |        |        | 366,00 | 289,00 | 99,10  | 27,20 | 20,50 | 15,90 | 26,00 | 43,80 | 103,00 |        |
| 1986    | 351,00 | 411,00 | 474,00 | 372,00 | 221,00 | 105,00 | 53,80 | 30,50 | 23,30 | 40,40 | 35,90 | 59,50  | 181,45 |
| 1987    | 84,90  | 128,00 | 246,00 | 231,00 | 76,90  | 11,20  | 3,32  | 3,71  | 4,70  | 7,71  | 26,90 | 28,80  | 71,10  |
| 1988    | 54,60  | 152,00 | 280,00 | 326,00 | 214,00 | 68,70  | 34,60 | 23,00 | 15,90 | 24,40 | 31,50 | 183,00 | 117,31 |
| 1989    | 130,00 | 173,00 | 305,00 | 468,00 | 340,00 | 124,00 | 58,10 | 40,50 | 32,50 | 39,70 | 76,60 | 219,00 | 167,20 |
| 1990    | 226,00 | 99,20  | 167,00 | 208,00 | 80,40  | 30,20  | 25,20 | 19,90 | 15,00 | 20,70 | 29,90 | 53,60  | 81,26  |
| 1991    | 184,00 | 228,00 | 330,00 | 348,00 | 208,00 | 80,40  | 30,20 | 25,20 | 19,90 | 29,70 | 34,70 | 60,90  | 131,58 |
| 1992    | 160,00 | 315,00 | 347,00 | 359,00 | 251,00 | 197,00 | 80,40 | 52,20 | 25,20 | 29,70 | 30,20 | 59,00  | 158,81 |
| 1993    | 68,30  | 123,00 | 159,00 | 230,00 | 104,00 | 33,80  | 15,40 | 15,50 | 12,20 | 16,40 | 29,80 | 76,90  | 73,69  |
| 1994    | 154,00 | 225,00 | 385,00 | 395,00 | 105,00 | 82,00  | 51,50 | 25,70 | 20,70 | 40,90 | 41,00 | 137,00 | 138,57 |
| 1995    | 234,00 | 292,00 | 316,00 | 287,00 | 250,00 | 111,00 | 46,00 | 28,50 |       |       |       |        |        |

Considerando-se que essa estação não está instalada na área do Projeto Salobo, são destacadas apenas as suas características regionais de interesse. Essa estação controla uma área de 9398km<sup>2</sup>, apresentando uma vazão média de longo termo de 128m<sup>3</sup>/s, correspondente à vazão específica de 13,6 l/s/km<sup>2</sup>.

### 8.1.6.3 Caracterização Hidrológica da Área de Estudo da Unidade Minerária

As estruturas componentes da Unidade Minerária do Projeto Salobo serão implantadas em áreas das bacias de drenagem do rio Cinzento e do igarapé Salobo, ambos afluentes de margem esquerda do rio Itacaiúnas. As bacias hidrográficas desses cursos de água assim como de seus principais afluentes, até a área do empreendimento estão apresentadas na Figura 8.1.19.

O rio Cinzento nasce nos contrafortes da serra dos Carajás a uma cota altimétrica aproximada de 330 metros. Possui uma direção geral Oeste-Leste e apresenta um desenvolvimento longitudinal de 63km. Deságua na margem esquerda do rio Itacaiúnas, a uma altitude de 150 metros, após drenar uma superfície de 822km<sup>2</sup>, sendo 49Km<sup>2</sup> na área de estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, correspondente a 6% do total. Destaca-se o igarapé Trator, entre seus principais tributários na área do estudo.

O igarapé Salobo nasce na serra do Cinzento, a uma altitude aproximada de 600 metros. Apresenta uma orientação geral Noroeste-Sudeste e sua bacia de drenagem abrange uma superfície de 142km<sup>2</sup>, sendo 111Km<sup>2</sup> na área de estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, correspondente a 78% de sua área total. Percorre uma extensão total aproximada de cerca de 46km, até sua foz na margem esquerda do rio Itacaiúnas, onde deságua a 150 metros de elevação. Seus principais tributários são, pela margem esquerda, os igarapés Mirim e Mano.

O corpo de minério a ser lavrado se localiza no divisor de água das bacias do Cinzento e Salobo, onde estarão, também, dispostas as futuras pilhas de estéril e minério. Já as unidades de britagem, beneficiamento, oficinas, unidades de apoio administrativo, alojamentos e acesso à portaria serão implantados ao longo do igarapé Salobo ou de pequenas drenagens a ele afluentes.

O reservatório de rejeitos ocupará grande parte da bacia do igarapé Mirim, estando a barragem situada pouco a montante de sua foz no igarapé Salobo. O sistema de contenção de finos estará localizado no igarapé Salobo, a jusante das principais estruturas de mineração e beneficiamento do concentrado de minério de cobre.

A planície de inundação do igarapé Mirim possui terreno planificado com solos hidromórficos e residuais, com altitude média de 200m, atingindo até 230m em alguns locais desse domínio, onde se configuram suaves colinas. Apresenta grandes áreas de armazenamento que favorecem o amortecimento dos picos dos hidrogramas de cheias.

A bacia do igarapé Mano apresenta-se bastante plana, em seu trecho de montante e, à medida que se aproxima da confluência com o igarapé Salobo, verifica-se um trecho mais acidentado com entalhamento de talvegue encaixado.

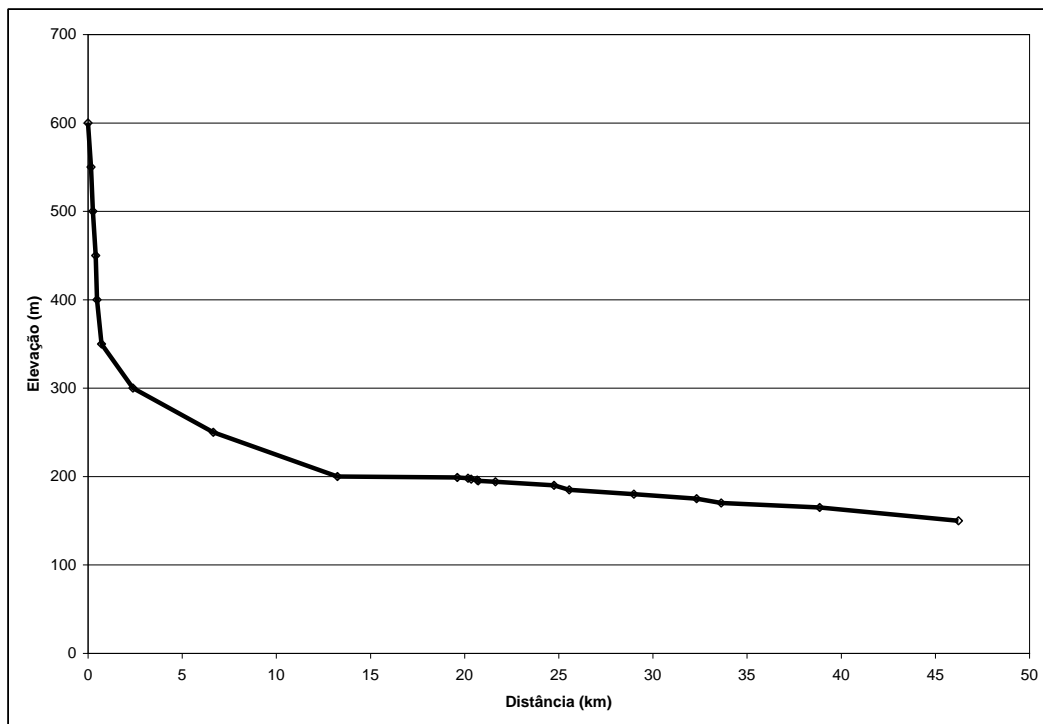
A área que abriga as nascentes de afluentes do igarapé Trator e do rio Cinzento, onde estarão dispostas as pilhas de estéril e minério marginal, apresenta relevo suave, com drenagem voltada para o sul e áreas de acúmulo de água.

INSERIR FIGURA 8.1.19 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SALOBO E CINZENTO

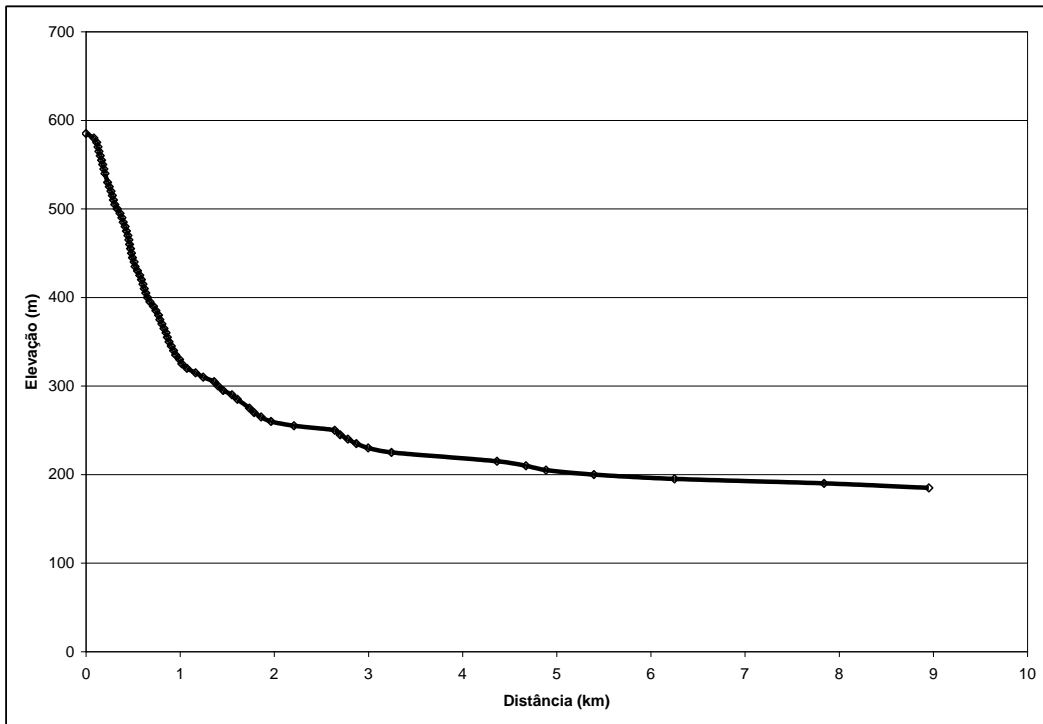
Para desenvolvimento do estudo hidrológico, foram calculadas as características físicas, bem como determinados os tempos de concentração das principais bacias hidrográficas da área de estudo, estando, essas informações, mostradas no Quadro 8.1.16. Os perfis longitudinais dos principais cursos de água estão apresentados nas Figuras 8.1.20 a 8.1.23, em seqüência.

**QUADRO 8.1.16**  
**Características Físicas das Bacias Hidrográficas da Área de Estudo**

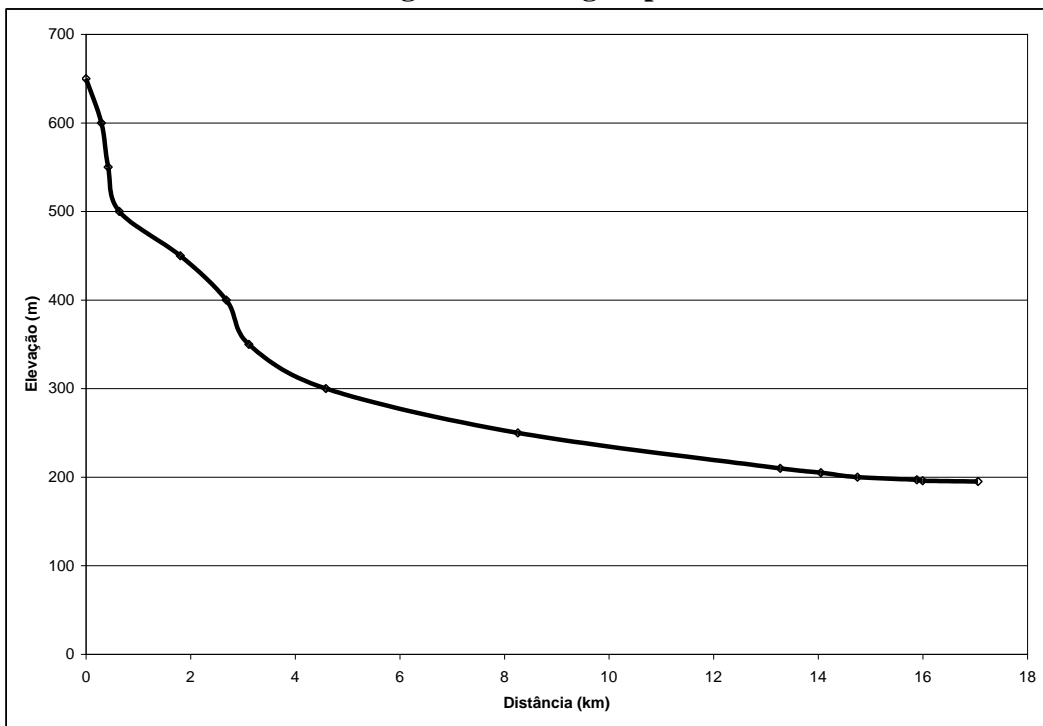
| Curso de Água  | Área de Drenagem (km <sup>2</sup> ) | Perímetro (km) | Comprimento do Maior Talvegue (km) | Declividade Equivalente (%) | Tempo de Concentração (horas) |
|----------------|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Igarapé Salobo | 141,9                               | 83,8           | 46,2                               | 0,125                       | 20,5                          |
| Igarapé Mirim  | 33,6                                | 28,7           | 8,9                                | 0,949                       | 2,9                           |
| Igarapé Mano   | 56,3                                | 39,8           | 17,1                               | 0,866                       | 5,2                           |
| Rio Cinzento   | 822,0                               | 157,0          | 61,3                               | 0,130                       | 25,0                          |



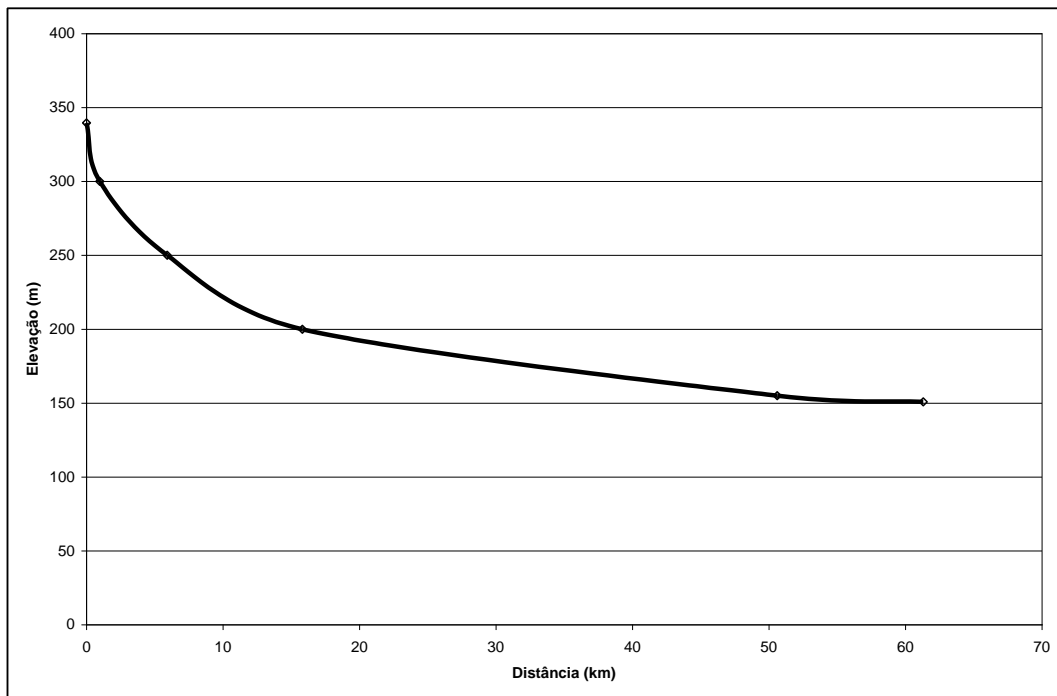
**FIGURA 8.1.20 – Perfil longitudinal do Igarapé Salobo**



**FIGURA 8.1.21 – Perfil longitudinal do igarapé Mirim**



**FIGURA 8.1.22 – Perfil longitudinal do igarapé Mano**



**FIGURA 8.1.23 – Perfil longitudinal do rio Cinzento**

O Quadro 8.1.17 apresenta um resumo das medições de vazão já realizadas na área de estudo. Todos os dados fornecidos pela Salobo Metais estão apresentados no Anexo VI deste relatório. A localização das seções de medição pode ser verificada no desenho D2-039-5130-1310-0030, constante do Anexo I.

### QUADRO 8.1.17

#### Resumo das Medições de Vazão na Rede de Drenagem da Unidade Minerária

| Data       | RSV01             |            | RSV02             |            | RSV03             |            | RSV04             |            | RSV05             |            |
|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
|            | Vazão             | Velocidade | Vazão             | Velocidade | Vazão             | Velocidade | Vazão             | Velocidade | Vazão             | Velocidade |
|            | m <sup>3</sup> /s | m/s        | m <sup>3</sup> /s | m/s        | m <sup>3</sup> /s | m/s        | m <sup>3</sup> /s | m/s        | m <sup>3</sup> /s | m/s        |
| 23/9/2003  | 0,437             | 0,160      | 0,055             | 0,061      | 0,308             | 0,243      |                   |            |                   |            |
| 24/9/2003  |                   |            |                   |            |                   |            | 0,165             | 0,165      | 0,145             | 0,161      |
| 29/9/2003  |                   |            | 0,075             | 0,087      | 0,362             | 0,304      |                   |            |                   |            |
| 30/9/2003  | 0,515             | 0,177      |                   |            |                   |            | 0,268             | 0,162      | 0,368             | 0,257      |
| 6/10/2003  | 0,452             | 0,150      |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |
| 7/10/2003  |                   |            | 0,088             | 0,101      | 0,481             | 0,362      | 0,189             | 0,159      | 0,152             | 0,148      |
| 13/10/2003 | 0,887             | 0,203      |                   |            |                   |            |                   |            |                   |            |
| 14/10/2003 |                   |            | 0,123             | 0,145      | 0,571             | 0,325      | 0,329             | 0,222      | 0,160             | 0,147      |

Sendo: RSV 01 – igarapé Salobo, a jusante da Barragem de Finos;  
 RSV 02 – igarapé Mirim, a jusante da Barragem de Rejeitos;  
 RSV 03 – igarapé Salobo, entre a foz do igarapé Mano e a do igarapé Mirim;  
 RSV 04 – igarapé Salobo, a montante da foz do igarapé Mano;  
 RSV 05 – igarapé Mano a montante de sua foz, no igarapé Salobo.

Além dessas medições, podem ser citados os estudos hidrológicos constantes do “Relatório da Barragem de Rejeitos no Igarapé Mirim”, da empresa SBC Consultoria, de dezembro 2003. Nesse trabalho, foi gerada a série de vazões médias mensais, para o local da barragem, apresentada no Quadro 8.1.18.

A área de drenagem até o eixo da barragem, para o qual foi gerada a série de vazões, corresponde a 34km<sup>2</sup>, sendo estimada uma vazão média de longo termo de 0,413m<sup>3</sup>/s. A partir desses dados, calcula-se a vazão específica de 12,15L/s/km<sup>2</sup>.

Comparando-se com os dados apresentados no Quadro 8.1.14 – Vazões Médias Mensais da Estação Fazenda Rio Branco, o resultado encontrado é similar, em termos de ordem de grandeza de vazão específica, ao da estação regional analisada.

**QUADRO 8.1.18**  
**Série de Vazões Médias Mensais para o Igarapé Mirim Local do Eixo da Barragem de Rejeitos**

| Ano   | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   | Média |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1980  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0,123 | 0,144 | 0,166 |       |
| 1981  | 0,710 | 0,487 | 0,311 | 0,388 | 0,176 | 0,105 | 0,062 | 0,049 | 0,048 | 0,048 | 0,108 | 0,140 | 0,222 |
| 1982  | 1,119 | 0,732 | 0,704 | 0,905 | 0,478 | 0,270 | 0,170 | 0,110 | 0,103 | 0,116 | 0,100 | 0,082 | 0,407 |
| 1983  | 0,268 | 0,441 | 1,117 | 0,401 | 0,222 | 0,177 | 0,144 | 0,118 | 0,099 | 0,084 | 0,081 | 0,090 | 0,270 |
| 1984  | 0,619 | 0,350 | 1,002 | 2,439 | 0,760 | 0,295 | 0,215 | 0,181 | 0,157 | 0,137 | 0,178 | 0,246 | 0,548 |
| 1985  | 1,585 | 2,051 | 1,540 | 1,579 | 0,853 | 0,343 | 0,251 | 0,203 | 0,191 | 0,449 | 0,449 | 1,957 | 0,954 |
| 1986  | 1,739 | 1,633 | 2,226 | 1,355 | 0,738 | 0,512 | 0,327 | 0,269 | 0,239 | 0,689 | 0,318 | 0,406 | 0,871 |
| 1987  | 0,575 | 0,621 | 1,788 | 1,106 | 0,475 | 0,288 | 0,225 | 0,182 | 0,152 | 0,153 | 0,192 | 0,136 | 0,491 |
| 1988  | 0,373 | 1,333 | 1,219 | 1,908 | 0,581 | 0,283 | 0,207 | 0,168 | 0,134 | 0,109 | 0,237 | 0,650 | 0,600 |
| 1989  | 0,421 | 0,384 | 2,165 | 1,918 | 0,892 | 0,517 | 0,260 | 0,197 | 0,165 | 0,140 | 0,137 | 0,751 | 0,662 |
| 1990  | 0,414 | 0,920 | 0,757 | 0,576 | 0,251 | 0,181 | 0,153 | 0,118 | 0,099 | 0,117 | 0,078 | 0,079 | 0,312 |
| 1991  | 0,855 | 0,509 | 0,855 | 0,615 | 0,668 | 0,257 | 0,174 | 0,128 | 0,099 | 0,083 | 0,069 | 0,075 | 0,366 |
| 1992  | 0,227 | 0,744 | 0,661 | 0,400 | 0,192 | 0,146 | 0,114 | 0,089 | 0,069 | 0,050 | 0,122 | 0,266 | 0,257 |
| 1993  | 0,183 | 0,803 | 0,465 | 0,374 | 0,446 | 0,206 | 0,149 | 0,119 | 0,096 | 0,098 | 0,161 | 0,243 | 0,279 |
| 1994  | 0,272 | 0,810 | 1,357 | 1,252 | 0,599 | 0,317 | 0,190 | 0,142 | 0,106 | 0,091 | 0,076 | 0,393 | 0,467 |
| 1995  | 0,105 | 0,510 | 0,509 | 0,487 | 0,717 | 0,227 | 0,138 | 0,095 | 0,072 | 0,062 | 0,143 | 0,077 | 0,262 |
| 1996  | 0,219 | 0,261 | 0,544 | 0,363 | 0,230 | 0,141 | 0,105 | 0,081 | 0,064 | 0,058 | 0,157 | 0,081 | 0,192 |
| 1997  | 0,911 | 0,637 | 1,450 | 0,509 | 0,374 | 0,197 | 0,136 | 0,099 | 0,072 | 0,060 | 0,044 | 0,069 | 0,380 |
| 1998  | 0,191 | 0,213 | 0,144 | 0,091 | 0,084 | 0,071 | 0,058 | 0,052 | 0,036 | 0,036 | 0,038 | 0,034 | 0,087 |
| 1999  | 0,049 | 0,299 | 0,865 | 0,560 | 0,677 | 0,224 | 0,148 | 0,112 | 0,101 | 0,074 | 0,062 | 0,203 | 0,281 |
| 2000  | 0,659 | 0,928 | 1,596 | 0,457 | 0,239 | 0,198 | 0,169 | 0,135 | 0,120 | 0,100 | 0,128 | 0,176 | 0,409 |
| 2001  | 0,466 | 0,526 | 0,707 | 0,491 | 0,471 | 0,230 | 0,176 |       |       |       |       |       |       |
| Média | 0,570 | 0,723 | 1,047 | 0,866 | 0,482 | 0,247 | 0,170 | 0,132 | 0,111 | 0,139 | 0,144 | 0,301 | 0,413 |

Fonte: Relatório da Barragem de Rejeitos, SBC Consultoria, dezembro/2003.

O monitoramento hidrométrico proposto, recém implantado, apresenta-se adequado à densidade da rede hidrográfica, abrangendo os principais cursos de água e seus afluentes de interesse para as atividades minerárias previstas.

Ressalta-se a importância da manutenção do monitoramento hidrométrico local, de forma ininterrupta, possibilitando a utilização dos dados tratados para fundamentar o detalhamento posterior dos projetos de engenharia, destacando-se os balanços hídrico global e do reservatório da barragem de rejeitos, que utilizam as variáveis hidrológicas e climatológicas.

De acordo com os trabalhos desenvolvidos para a caracterização hidrológica, conclui-se que, da mesma forma que os estudos do clima e da meteorologia, não existem condicionantes hidrológicas impeditivas ao empreendimento. Ademais, a base de dados utilizada é suficiente



para a fase atual do projeto, permitindo um nível de confiança alto para as caracterizações efetuadas.

### **8.1.7 Hidrogeologia**

A análise das características do ambiente hidrogeológico da área de influência do Projeto Salobo, foi fundamentada, principalmente, nos diversos estudos geológicos que vêm sendo realizados ao longo de duas décadas. Essas informações encontram-se disponíveis em diversos documentos que têm sido produzidos e publicados em nível acadêmico e institucional.

Este diagnóstico hidrogeológico apresenta o conhecimento preliminar do ambiente aquífero (*senso lato*), sob a ótica de investigação do comportamento da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas.

No presente estudo, são apresentadas as primeiras considerações sobre o modelo hidrogeológico conceitual da referida área de interesse, a saber:

- reconhecimento e aplicação do modelo geológico, estrutural e lito-estratigráfico existente a partir dos mapeamentos realizados pela equipe da Salobo Metais SA; como subsídio às interpretações do modelo conceitual dos aquíferos na área;
- identificação a partir das cartas planialtimétricas disponíveis, de imagens aéreas e de acompanhamento de campo, das zonas potenciais de recarga e de descarga dos aquíferos, em função dos domínios morfo-estruturais e elementos de carga hidráulica disponíveis;
- caracterização hidrogeológica do ambiente em que estão inseridas as bacias hidrográficas no domínio de influência do empreendimento, diante da avaliação dos aspectos que controlam o referido sistema aquífero, valendo-se da interrelação entre os tipos litológicos, a localização dos lineamentos de drenagem e/ou traços de fraturamentos perceptíveis na escala de trabalho;
- identificação e definição da rede monitoramento hídrico subterrâneo pela seleção de pontos favoráveis à amostragem e caracterização hidroquímica local;
- descrição do modelo conceitual dos aquíferos, como subsídio ao diagnóstico hidrogeológico do domínio de influência das atividades de mineração.

#### **8.1.7.1 Procedimentos Metodológicos**

Os procedimentos metodológicos adotados para a caracterização hidrogeológica da área de estudo estão apresentados em seqüência, apontando os principais elementos que subsidiam a referida caracterização.

- Levantamento de informações secundárias nos estudos já elaborados para a área em questão.

Os trabalhos já existentes sobre a hidrogeologia da área de interesse correspondem a estudos voltados à análise de impacto ambiental e aos relatórios de controle ambiental, elaborados para os primeiros processos de licenciamento do Projeto Salobo, principalmente, aqueles realizados

por SMSA/Jaako Pöyry (1987, 1995) e SMSA/BRANDT Meio Ambiente (1999) para o licenciamento ambiental do Projeto Salobo.

As bases cartográficas disponíveis e adotadas como fontes de informação foram cedidas pela Salobo Metais S.A. nas escalas 1:100.000, 1:25.000 e 1:20.000.

Foram consultados documentos pertinentes às investigações geológicas locais mais atualizadas, por intermédio de relatórios recentes sobre a conformação estrutural e tectônica do ambiente de entorno da mina de cobre Salobo, bem como dos documentos existentes sobre as sondagens testemunhadas e de perfurações para instalação de poços de monitoramento e de bombeamento nas imediações da área de intervenção (ADA).

- Coleta de dados e informações *in loco*

Foram realizadas entrevistas com a equipe técnica da Salobo Metais, envolvendo principalmente geólogos, técnicos de apoio às áreas de interesse e os profissionais responsáveis pelas atividades e serviços terceirizados, como as empresas responsáveis pela perfuração e instalação de poços piezométricos, pelos ensaios de bombeamento e pela instalação e operação das estações fluviométricas (GeoMinas, Contemat e SBC).

Foram obtidos dados preliminares de perfuração e instalação dos poços piezométricos, fornecidos pela empresa Contemat Ltda. A empresa Geominas é responsável pelas tomadas de informações hidrológicas e hidrogeológicas nos pontos onde foram implantados os vertedouros e régua linimétrica, a partir de medições diárias de nível de água nos poços e das leituras de coluna de água nos vertedouros e régua instaladas.

- Reconhecimento da área

O reconhecimento da área foi realizado principalmente nos locais onde havia acesso pelas estradas de rodagem locais ou através de trilhas existentes. A planta cartográfica, na escala 1:20.000, serviu de base para o deslocamento em campo, além de permitir as avaliações sobre os quantitativos das superfícies ocupadas com as faixas de servidão, comparativamente aos percentuais das sub-bacias afetadas pelos referidos domínios de intervenção.

Os trabalhos foram inicialmente preparados a partir das áreas potencialmente mapeáveis no entorno imediato do empreendimento, visando a identificação dos pontos de exudação do lençol freático em áreas selecionadas do sistema hídrico superficial, de acordo com o posicionamento das cabeceiras de drenagem.

O reconhecimento iniciou-se pela vertente noroeste da elevação em que se encontra o depósito de cobre a ser lavrado a céu aberto, incluindo a área onde futuramente será instalada a pilha de minério oxidado. Nesse local, foram verificados os afluentes da margem direita do igarapé Salobo.

Posteriormente, o reconhecimento estendeu-se aos domínios do igarapé Mirim; afluente da margem esquerda do igarapé Salobo; e suas cabeceiras e afluentes, destacando-se os igarapés Mickey, Maura e Grota Magali, incluindo o sítio onde será construída a barragem de rejeitos. Além do igarapé Mirim, foi verificada uma pequena drenagem situada a sul, na margem esquerda do igarapé Salobo, em que se prevê a instalação de outra pilha de minério.

Também foi feito reconhecimento da vertente sudeste da área da futura mina de cobre, envolvendo o igarapé Cotia e outro situado ao norte, sem denominação local, ambos afluentes da margem esquerda do rio Cinzento, local este em que se prevê a instalação de uma pilha de estéril.

Na extensão do igarapé Salobo, a jusante da área da mina, e a montante da área em que se prevê a construção das barragens de contenção de finos, foram verificadas as drenagens localizadas às margens da rodovia de acesso atual à área do Projeto Salobo e no ponto de captação de água para uso no acampamento 3 Alfa, que é efetuada em um afluente da margem esquerda do igarapé Salobo, o igarapé Mamão.

Na etapa final dessa fase de campo, foi feito um reconhecimento dos locais de disposição de resíduos sólidos, orgânicos domésticos, e resíduos orgânicos vegetais – madeirames de diversos tipos, localizados em pontos próximos à rodovia de acesso ao alojamento 3 Alfa.

- Levantamento de dados e cadastramento de pontos de interesse

Foi realizada uma verificação *in loco* dos pontos de tomadas de medidas de nível de água (sondagens), dos poços e dos piezômetros instalados para realização dos ensaios de bombeamento, bem como das baterias de poços para avaliação da carga hidráulica em diferentes profundidades.

Além disso, foi efetuado um levantamento e cadastramento de nascentes, furos de sondagem, poços piezométricos e de bombeamento existentes e demais dispositivos de medição de vazão instalados

- Composição do modelo hidrogeológico conceitual e elaboração do relatório de caracterização hidrogeológica da área de estudo

A caracterização hidrogeológica foi constituída a partir de informações de cunho estritamente exploratório e foi baseada nas investigações de pesquisa geológica sobre as reservas de cobre de Salobo, restringindo-se assim, à zona de maior detalhamento concernente ao domínio de lavra e de seu entorno imediato. Contudo, os limites que extrapolam essas zonas de maior adensamento de sondagens de pesquisa são passíveis de interpretação foto-geológica e de geologia de campo, cujos mapeamentos existentes permitem compor um quadro de caracterização hidrogeológica, voltado para a descrição de um modelo hidrogeológico básico conceitual, sobre o comportamento de fluxos subterrâneos no referido domínio.

Os atributos que se pretende conhecer diante do modelo conceitual proposto estão compreendidos por diversas componentes físicas do arcabouço geológico local, de forma que a junção dos fatores climáticos locais ao longo do tempo, associados ao panorama de exposição dos solos, bem como os aspectos topográficos referentes à natureza litológica dos materiais que sustentam a paisagem, consistem nas variáveis mais importantes para o entendimento do comportamento dos fluxos inerentes ao sistema aquífero superficial e subterrâneo.

Para os estudos ora apresentados adotaram-se os princípios básicos de delimitação de volumes de controle que possam ser alvo de averiguações hidrogeológicas, sob a ótica da dinâmica aquífera subterrânea e de sua integração com o sistema superficial.

### 8.1.7.2 Caracterização Hidrogeológica da Área de Estudo da Unidade Minerária

Os atributos considerados na avaliação hidrogeológica da Área de Estudo da Unidade Minerária se referem à relação de cenários apresentados em seguida, conforme sua localização geográfica e relevância no contexto fisiográfico e hidrogeológico local.

Assim, foram identificadas as formas de ocorrência específica nos domínios de intervenção nas futuras áreas da cava; de disposição de pilhas, das barragens de contenção de finos; da área de disposição de rejeitos; das principais unidades de infra-estrutura necessárias à implantação do empreendimento, tais como, estradas, unidades de beneficiamento, plantas piloto, alojamentos, escritórios e demais benfeitorias associadas e; dos pontos selecionados à destinação dos resíduos líquidos e sólidos desde a instalação do empreendimento.

Cabe ressaltar que a área caracterizada está inserida no domínio da bacia hidrográfica do igarapé Salobo, predominantemente, e uma pequena porção se refere à bacia do rio Cinzento. O igarapé Salobo é o eixo de maior expressão ao longo da área de estudo, merecendo destaque entre todos os sistemas aquíferos regionais, diante do potencial de impacto a que poderá estar relacionado.

Seu traçado na direção geral NW/SE atravessa praticamente todos os cenários de relevância ambiental, quando caracterizados do ponto de vista específico da modalidade de intervenção ao qual se insere a área de servidão.

O domínio de abrangência da futura cava mostra-se sobreposto a uma zona de recarga local dos aquíferos, bem como os limites de intervenção das pilhas situadas na margem direita do igarapé Salobo mostram-se, em parte, sobre superfícies de recarga dos aquíferos. Essas porções são importantes áreas de captação dos aportes pluviométricos. A circulação das águas das chuvas ocorre ao longo dos gradientes hidráulicos, rumo aos níveis de base locais, representadas pelas calhas de drenagem do rio Cinzento e do igarapé Salobo.

A barragem de rejeitos deverá abranger extensa área ao norte do corpo onde se desenvolverá a lavra e ocupa quase a totalidade da bacia hidrográfica do igarapé Mirim e de seus tributários, os igarapés Magali, Mickey e Maura, ocupando, portanto, uma zona cujos efeitos ao ambiente aquífero, ao longo do tempo, deverão ser significativamente modificadores.

Já as demais áreas, como as das barragens de finos ao longo da calha de drenagem do igarapé Salobo, deverão ocasionar efeitos mais sensíveis nos sistemas superficiais, visto que, nessa posição, representam zonas de descarga dos aquíferos, em uma extensão localizada no leito de drenagem do igarapé Salobo.

De uma forma geral, a área de estudo denota abundante presença de água superficial, em todos os sistemas de drenagem visitados. As águas subterrâneas mostram-se relacionadas, basicamente, ao sistema profundo de fraturamento do meio rochoso constituído pelas litologias granito-gnássicas, preponderantemente, e cujos aspectos estruturais e tectônicos permitiram a conformação de aquíferos com potencial relativamente elevado, como verificado pelos poços jorrantes existentes.

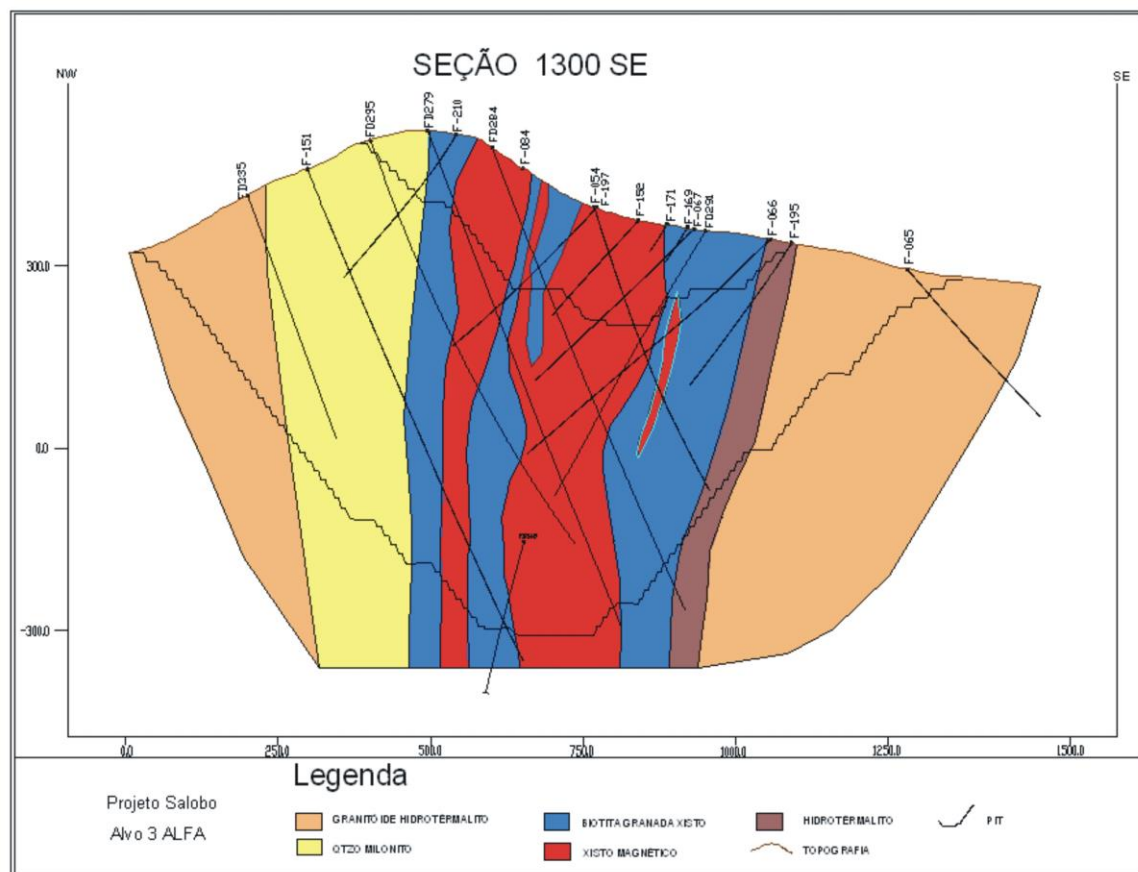
Os materiais de cobertura ou mantos de alteração das rochas gnássicas mostram-se pouco espessos em geral e, de acordo com os perfis construtivos e estratigráficos apresentados pelas perfurações dos poços piezométricos e de bombeamento, atingem profundidades médias em torno de 30 metros.

### a) Unidades Aquíferas

As unidades aquíferas são aqui definidas como sendo aquelas em que os parâmetros hidráulicos dos aquíferos apresentam-se com certo grau de homogeneidade diante de um determinado compartimento hidrogeológico, implicando numa faixa similar aos valores para armazenamento e condutividade hidráulica, dada a escala de observação adotada para aquela unidade.

Os mapeamentos geológicos existentes permitem identificar pelo menos três níveis de detalhamento quanto aos compartimentos presentes, sendo: o primeiro, relativo à zona de lavra, com um detalhamento mais elevado, traduzido pelas malha de sondagens; o segundo, referente a faixa de assentamento da barragens de rejeito, com nível de detalhe médio e mais localizado; e o último, que abrange toda a faixa de servidão, com um grau de detalhe incipiente, disperso e menos sistemático.

Em princípio, na área de estudo podem ser diagnosticadas duas unidades aquíferas distintas, estando elas caracterizadas, inicialmente, pela variação composicional das litologias e pela variação na trama estrutural impressa em tais corpos de rochas. Os tipos litológicos descritos são anfibolitos, xistos, formações ferríferas, metagrauvascas e quartzitos, representados na seção geológica 1300 SE da Figura 8.1.24.



**FIGURA 8.1.24 – SEÇÃO 1300 SE**

A descrição a seguir resume-se apenas, às interpretações obtidas com base nas avaliações geológicas e geotécnicas desenvolvidas na porção do domínio de lavra e extrapolados para os demais domínios, conforme classificação dos materiais geológicos embutidos nos Supergrupo Itacaiúnas, Grupo Igarapé Salobo e Embasamento Cristalino.

Assim, as unidades que podem ser descritas de acordo com as referidas variações de suas características hidrogeológicas são:

- **Unidade 1** - unidade aquífera representada pelos materiais intemperizados de cobertura pode ser identificada, também, como uma unidade que deve se distribuir em duas outras subunidades. A primeira, corresponde ao trecho superficial de solos que já não preservam mais nenhuma estrutura reliquiar, e cujos aportes meteóricos só se acumulam sazonalmente, após transitarem pela zona vadosa. São materiais porosos, em geral argilosos, os quais contatam os trechos onde há a acumulação temporária dos aquíferos livres, servindo às reservas mantenedoras das descargas de base dos leitos de drenagem locais. A subunidade inferior deve corresponder à zona de contato entre o meio granular e a faixa de alteração intensa do topo rochoso, onde se observam, ainda, a presença de rocha decomposta, saprolitizada, considerando-se a existência de fluxo em meio poroso, entremeada por zonas de contato de materiais granulares com as rochas saprolitizadas, até o contato com o corpo rochoso compacto.
- **Unidade 2** - unidade aquífera que é constituída pelos materiais litológicos do Grupo Salobo, pode ser subdivida, em tese, por duas subunidades: a mais profunda, que coincide ao maciço de rochas cristalinas mais coesas, devendo expressar a ausência de sinais de alteração e cujos processos tectônicos e metamórficos, responsáveis pela formação de porosidade secundária, sejam menos influentes no mecanismo de deslocamento de água subterrânea, devendo-se admitir baixa capacidade de fluxos e de armazenamento nessas porções. A subunidade superior desse maciço, geralmente, pode apresentar algum sinal de intemperismo associado à zona fraturada e até mesmo cisalhada, visto que se observam vestígios de um ambiente mais movimentado e com a presença de zonas milonitizadas superficialmente, devendo possibilitar sua separação em termos hidrogeológicos, e indicando uma diferenciação quanto aos atributos hidráulicos que ditam as condições de fluxo e de armazenamento.

A ação de mecanismos de alteração hidrotermal que ocorrem em faixas de contato entre os corpos de rochas, bem como os trechos com a presença de falhamentos ou de zonas cisalhadas, podem proporcionar, a princípio, a existência de uma subunidade aquífera específica, de caráter localizado, cujas características corresponderiam, hipoteticamente, a faixas mais condutivas ou não para a percolação de água em profundidade, enfatizando-se o caráter anisotrópico das referidas faixas de ocorrência, ao longo desses alinhamentos preferenciais. Para o caso dessa faixa específica se apresentar com elevada condutividade hidráulica, o sistema de condução das águas prevaleceria nas zonas onde houvessem maiores concentrações de porosidade secundária condicionada pela trama de fraturas no referido maciço.

As unidades aquíferas podem ser relacionadas às unidades lito-estratigráficas locais, conforme apresentado no Quadro 8.1.19, a seguir.

**QUADRO 8.1.19**  
**Relação Entre Unidades Aquíferas e Hidro-Estratigráficas**

| Lito-estratigrafia                      |                                      | Unidades Aquíferas   | Unidades Hidro-Estratigráficas  |
|---|--------------------------------------|--|---|
| Depósitos elúvio-coluvionares indivisos | Coberturas inconsolidadas            | Unidade 1  | <b>1ª subunidade</b><br>Aquífero livre / freático (Porosidade intersticial primária)  |
|   |                                      |  | <b>2ª subunidade</b><br>Materiais saprolitizados (Porosidade intersticial)  |
| Supergrupo Itacaiúnas                   | Grupo Igarapé Salobo                 | Unidade 2 Aquífero Salobo  | <b>1ª subunidade</b><br>Materiais fissurados em rochas xistosas e cristalinas (Porosidade fissural secundária)<br>Médios valores de condutividade hidráulica; elevados localmente |
|   |                                      |  | <b>2ª subunidade</b><br>Materiais fissurados em rochas xistosas e cristalinas (Porosidade fissural secundária)<br>Baixos valores de condutividade hidráulica                      |
|   |                                      |  | <b>3ª subunidade</b><br>(Porosidade fissural secundária)<br>Falhas e feixes de cisalhamento em rochas cristalinas e xistosas, elevada condutividade hidráulica                    |
| Complexo Xingu                          | Embasamento Cristalino - Granitóides | Aquiclude<br>(Porosidade secundária desprezível;<br>Baixíssimos valores de condutividade hidráulica) |   |

Em função deste condicionamento litoestratigráfico e hidrogeológico, a presença de zonas aquíferas com distintas características de condutividade hidráulica no interior do maciço, observa-se a existência de anisotropia, causada pela alteração hidrotermal e pelo tectonismo verificados em profundidade. Tais sistemas anisotrópicos, em geral, podem ser interpretados por alinhamentos de drenagens com eixos alongados coincidentes aos elementos penetrativos das estruturas em superfície, geralmente na direção SE-NW, ou mesmo pelas conotações de rejeitos de falhas e basculamentos de blocos observados nos testemunhos de sondagens e, também, através de ensaios geotécnicos.

#### **b) Unidades Hidro-Estratigráficas**

Como visto no item anterior, ocorrem pelo menos duas unidades aquíferas na área de investigação, considerando-se o embasamento cristalino como uma zona impermeável. Essas unidades, a princípio, correspondem às formações rochosas de mesmo comportamento hidráulico e foram determinadas em função das observações de campo, por intermédio de mapeamentos de superfície e em função das análises de seções geológicas. Alguns dos furos atravessaram a totalidade dos materiais constituintes do corpo de minério inseridos no maciço fissurado, até o nível inferior que representa o limite da zona mineralizada investigada.

Dessa forma, a caracterização da área quanto às unidades hidro-estratigráficas de interesse no comportamento dos fluxos subterrâneos pressupõe o conhecimento dos fatores atuantes no sistema aquífero em questão, onde as características hidrogeológicas, inerentes ao sistema

avaliado, são responsáveis pela distinção dos processos que regem a dinâmica aquífera, conforme será visto a seguir.

A unidade hidro-estratigráfica mais profunda pode ser caracterizada ao longo da faixa de ocorrência dos materiais fissurados que ocorrem entre as rochas mapeadas – xistos magnéticos, biotita-granada-xistos, granitóides diversos e quartzitos milonitizados. Como citado, a zona mais profunda, de maior coesão, pode ocupar as faixas basais a intermediárias, relativas a profundidades entre 300 e 600 metros, estando relacionadas a corpos saturados em meio a baixas condutividades hidráulicas.

Uma segunda subunidade foi caracterizada entre as profundidades médias de 300 e 100m, conforme interpretação preliminar dos ensaios geotécnicos realizados nos furos de sondagem para realização de ensaios de resistência e de determinação dos índices geomecânico e de fragmentação das rochas (Figura 8.1.25). Verifica-se uma resistência um pouco menos elevada que na seção mais profunda, ocorrendo também uma maior fragmentação. Esses dados revelam, de certa forma, a expressão da dinâmica aquífera, uma vez que traduzem a existência de uma porosidade secundária mais definida pela trama de fraturamentos presentes e que podem se manifestar como faixas de maior condução, representando uma unidade com maior potencial hidráulico.

Uma terceira subunidade hidro-estratigráfica foi descrita para exprimir a ocorrência das faixas de maior anisotropia aquífera, manifestadas pelas zonas preferenciais de fluxo, como comentado anteriormente.

Segundo a interpretação dos perfis geotécnicos citados na Figura 8.1.25, vários trechos com índice elevado de fragmentação mostram-se intercalados em meio a zonas maciças do corpo rochoso, o que pode demonstrar a existência dos atributos tectônicos e hidrotermais como agentes modificadores das características geológicas das rochas, atribuindo propriedades hidráulicas diferenciadas para essas zonas saturadas e condicionando uma anisotropia ao maciço.

A unidade representada pelos materiais de cobertura de solos compreende, em geral, materiais porosos argilosos ou silto-argilosos, por vezes arenosos, com uma espessura variável em torno de 30 a 50m. Essa unidade cobre quase a totalidade da área, salvo raros locais onde são observados pequenos afloramentos de rocha, como em algumas porções próximas a cortes de estradas. Os resultados dos ensaios geotécnicos apontados pelos perfis da Figura 8.1.25 mostram nitidamente a existência de um grau de fragmentação mais elevado até os primeiros 50m, seguindo-se de forma menos intensa até cerca de 100m de profundidade.

Esses materiais, que correspondem ao trecho superior da zona de cobertura, manifestam-se como aquíferos pobres, ou até mesmo aquíferos, podendo armazenar quantidades expressivas de água, porém, apresentando deficiência em relação a sua capacidade de fluxo. Tais propriedades, por outro lado, denotam uma importância relativa ao potencial mantenedor das recargas, seja em zonas típicas de ocorrência, como as porções mais elevadas do relevo da região, seja nos locais planos que favorecem menores taxas de escoamento superficial e aumento das contribuições efetivas de infiltração. Os fluxos em sub-superfície ocorrem essencialmente em meio intersticial. Esses materiais, geralmente, funcionam como agentes de recarga dos materiais sotopostos, influenciando ainda na descarga de pequenas nascentes existentes no contato com zonas menos permeáveis.



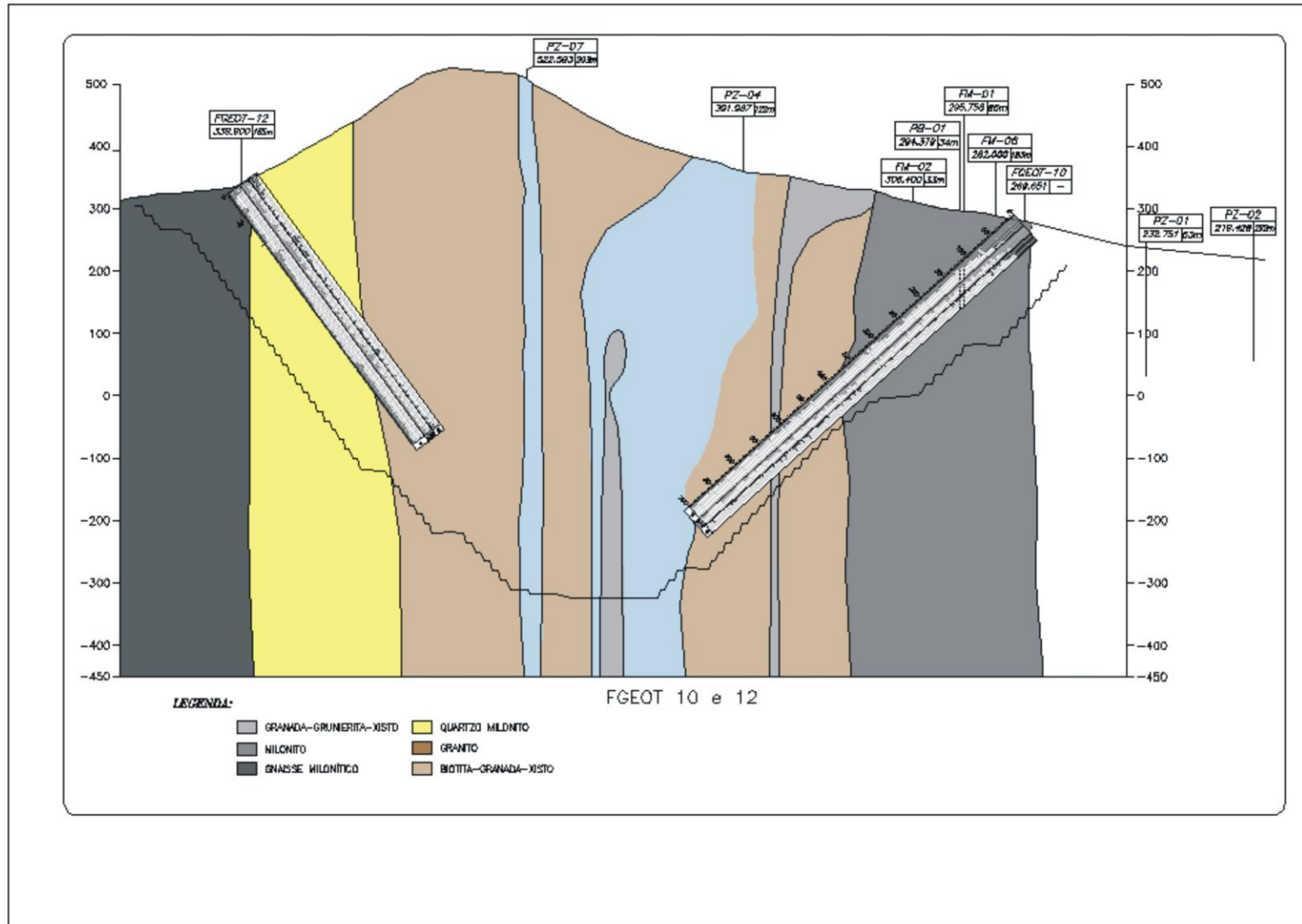


FIGURA 8.1.25 – Seção-Cava FL1-Salobo.DWG

### **c) Inventário Hidrogeológico**

O inventário de pontos de água corresponde às atividades de levantamento de locais onde seja possível a tomada de informações diversas sobre as águas subterrâneas, a partir do cadastramento de nascentes, poços piezométricos, poços tubulares profundos de bombeamento.

O inventário foi realizado com intuito de se cadastrar, principalmente, os pontos existentes na área de influência de lavra, por representarem os locais onde se estima que ocorram os efeitos mais significativos no sistema aquífero, em termos quantitativos e qualitativos.

Decorrentes das atividades paralelas desenvolvidas concomitantemente à atividade de lavra, surgem alguns pontos de interesse onde se desenvolverão as disposições de rejeitos e de finos, bem como as áreas de disposição de estéril, e os locais onde serão dispostos os resíduos de uma forma em geral. Esses locais estão sendo salientados nesse item em função de sua importância no cenário hidrogeológico, embora ainda não tenham sido implementados dispositivos para sua caracterização, como poços de monitoramento do lençol freático no entorno desses domínios de ocupação.

De posse dos dados obtidos no inventário de pontos de água, pôde-se gerar uma planta geral de reconhecimento dos dispositivos de controle da dinâmica hídrica regional, sendo para tanto, abrangidos os recursos hídricos subterrâneos e superficiais, conforme apresentado nos Desenhos D2-039-5130-5130-0030 e D2-039-5130-1310-0058, do Anexo I. Cabe ressaltar que algumas cabeceiras inventariadas mostraram-se secas (efêmeras) à época do cadastramento ou apresentando uma descarga incipiente (intermitentes), sendo que algumas dessas encontram-se como pontos de observação para o monitoramento de descargas sazonais e de qualidade das águas subterrâneas.

### **d) Monitoramento das Águas Subterrâneas**

Foram cadastrados um total de 32 poços na área de intervenção e de influência direta do empreendimento, sendo 2 poços tubulares profundos, 16 furos de monitoramento, 2 furos geotécnicos e 12 piezômetros. Existem ainda 23 medidores de nível de água em atividade.

No que se refere aos pontos de água cadastrados na campanha de campo (poços tubulares, nascentes, piezômetros e furos de sondagem), parte desses pontos devem servir como indicadores das variações de carga hidráulica do aquífero, bem como elementos de calibração de modelos hidrogeológicos computacionais para simulação de fluxos e previsão dos cenários prováveis de rebaixamento na futura cava e em seu entorno.

Todos os poços instalados estão sendo monitorados sistematicamente pela Salobo Metais, quanto aos seus níveis de água, em intervalo semanal, para obtenção da piezometria dos aquíferos profundos, por meio dos piezômetros (PZ's) e dos furos de sondagem revestidos (FM's); ademais, a obtenção de medidas de nível de água do sistema freático está sendo efetuada com medidores de nível de água (SP's) e os poços de bombeamento (PB's) utilizados na interpretação e obtenção dos parâmetros hidráulicos do aquífero.

Os dados construtivo-estratigráficos disponíveis para os poços, bem como os gráficos de acompanhamento das leituras dos NA's estão apresentados, respectivamente, no Anexo VII deste documento.

Os dois poços tubulares cadastrados representam os dispositivos de bombeamento de água subterrânea para realização experimental de ensaios de aquífero, os quais deverão ser acionados com o propósito de rebaixamento do nível de água na área da mina. As vazões encontradas são de respectivamente, 15.530 l/h e 15.840 l/h para os poços PB1 e PB2. Os resultados dos ensaios de bombeamento realizados ao longo de cinco dias de testes ininterruptos nesses poços apresentam-se, também, no Anexo VII deste relatório.

Em muitas das nascentes não foi possível a localização exata do ponto de afloramento do lençol, devido à dificuldade de acesso em zonas muito íngremes do relevo, e ao longo trecho de percurso que teria que ser realizado, tendo sido alguns pontos cadastrados como zonas de cabeceiras, mas distantes ainda das nascentes. O Quadro 8.1.20, apresentado a seguir, identifica os pontos de água cadastrados ao longo da área de influência do empreendimento, considerando-se todos os dispositivos de controle dos mananciais subterrâneos atualmente em operação para o monitoramento das cargas hidráulicas dos aquíferos profundos e freático.

**QUADRO 8.1.20**  
**Pontos de Água Cadastrados para Monitoramento Hídrico Subterrâneo**  
**Poços para Monitoramento de Nível d'Água**

| Identificação | Coordenadas UTM |            | Cota da boca do Poço NM | Saliência (cm) | Profundidade (m) | Diâmetro do Tubo (mm) | Cota Nível D'água mNM (24/12/03) |
|---------------|-----------------|------------|-------------------------|----------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|
|               | UTM N           | UTM E      |                         |                |                  |                       |                                  |
| PB-01         | 9.360.189,90    | 551.680,02 | 294,379                 | --             | 180              | 150                   | 275,03                           |
| PB-02         | 9.360.800,57    | 550.828,16 | 226,594                 | --             | 155              | 150                   | 210,42                           |
| FM-01A        | 9.360.209,81    | 551.614,87 | 296,203                 | 0,46           | 150              | 50                    | 275,13                           |
| FM-01B        | 9.360.212,29    | 551.609,73 | 296,016                 | 0,47           | 39               | 50                    | 276,50                           |
| FM-02A        | 9.360.130,46    | 551.666,17 | 306,970                 | 0,73           | 150              | 50                    | 275,27                           |
| FM-02B        | 9.360.131,47    | 551.661,31 | 306,931                 | 0,70           | 42               | 50                    | 279,33                           |
| FM-03A        | 9.360.969,84    | 550.852,58 | 224,969                 | 0,46           | 150              | 50                    | 212,63                           |
| FM-03B        | 9.360.968,03    | 550.846,99 | 225,168                 | 0,39           | 40               | 50                    | 211,21                           |
| FM-04A        | 9.360.829,64    | 550.811,59 | 232,736                 | 0,46           | 150              | 50                    | 214,21                           |
| FM-04B        | 9.360.834,75    | 550.814,04 | 232,537                 | 0,38           | 35               | 50                    | 218,66                           |
| FM-05A        | 9.360.528,13    | 550.796,66 | 259,043                 | 0,39           | 150              | 50                    | 249,96                           |
| FM-05B        | 9.360.533,05    | 550.795,91 | 258,863                 | 0,37           | 32               | 50                    | 250,09                           |
| FM-06A        | 9.360.255,88    | 551.514,06 | 282,862                 | 0,60           | 150              | 50                    | 242,88                           |
| FM-06B        | 9.360.255,68    | 551.518,54 | 283,041                 | 0,77           | 31               | 50                    | 271,03                           |
| PZ-01A        | 9.360.504,49    | 551.762,93 | 232,781                 | 0,38           | 200              | 63,5                  | 232,42                           |
| PZ-01B        | 9.360.499,86    | 551.760,39 | 233,241                 | 0,52           | 100              | 63,5                  | 233,23                           |
| PZ-01C        | 9.360.506,53    | 551.758,69 | 232,902                 | 0,37           | 50               | 63,5                  | 232,11                           |
| PZ-01D        | 9.360.502,02    | 551.756,21 | 233,333                 | 0,48           | 27               | 63,5                  | 231,05                           |
| PZ-02A        | 9.360.676,77    | 551.407,30 | 219,586                 | 0,37           | 163,5            | 63,5                  | 204,30                           |
| PZ-02B        | 9.360.674,81    | 551.402,48 | 219,78                  | 0,38           | 100              | 63,5                  | 205,62                           |
| PZ-02C        | 9.360.679,63    | 551.402,77 | 219,909                 | 0,46           | 38,8             | 63,5                  | 213,70                           |
| PZ-04A        | 9.359.857,84    | 551.574,67 | 392,337                 | 0,37           | 200              | 63,5                  | 290,91                           |
| PZ-04B        | 9.359.862,22    | 551.572,89 | 392,1                   | 0,42           | 100              | 63,5                  | 332,75                           |
| PZ-05A        | 9.360.357,84    | 551.037,79 | 285,441                 | 0,41           | 200              | 63,5                  | 274,22                           |
| PZ-05B        | 9.360.345,59    | 551.046,72 | 285,367                 | 0,44           | 93               | 63,5                  | 273,40                           |
| PZ-05C        | 9.360.351,18    | 551.042,08 | 285,462                 | 0,39           | --               | 63,5                  | 271,52                           |
| PZ-06A        | 9.360.140,39    | 550.764,22 | 436,76                  | 0,36           | --               | 63,5                  | 329,74                           |
| PZ-06B        | 9.360.139,64    | 550.768,93 | 436,957                 | 0,41           | --               | 63,5                  | 341,76                           |
| PZ-07A        | 9.359.510,63    | 551.494,34 | 523,004                 | 0,41           | 292,5            | 63,5                  | 330,79                           |
| PZ-07B        | 9.359.507,53    | 551.498,18 | 522,996                 | 0,44           | 200              | 63,5                  | 425,59                           |
| FGEOT-09      | 9.360.699,30    | 550.822,78 | 232,188                 | --             | --               | --                    | 232,69                           |
| FGEOT-10      | 9.360.320,32    | 551.690,47 | 269,651                 | --             | --               | --                    | 269,95                           |

PZ- Piezômetro; PB - Poço de bombeamento; FM - Furo de sondagem revestido; FGOT - Furo geotécnico

A localização dos pontos relacionados no Quadro 8.1.20 pode ser visualizado no Desenho D2-039-5130-1310-0059, no Anexo I deste relatório.

O Quadro 8.1.21 relaciona as nascentes que já haviam sido cadastradas pela empresa BRANDT Meio Ambiente (1999) e também os pontos atualmente levantados no âmbito do presente projeto. Salienta-se que os domínios investigados em 1999 pela BRANDT correspondem às áreas que seriam de influência direta do antigo depósitos de rejeito, na sub-bacia do Igarapé Cotia, pertencente ao sistema de drenagem do rio Cinzento. Uma das nascentes cadastradas está sendo monitorada por um ponto próximo ao vertedouro VT-12, trecho de descarga de tributários do Igarapé Salobo, na área da futura cava.

### QUADRO 8.1.21

#### Identificação de Pontos de água Cadastrados na Área do Empreendimento

| Identificação do Ponto | Origem dos dados | Coordenadas UTM |              | Bacia Hidrográfica |
|------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------------|
|                        |                  | Leste           | Norte        |                    |
| Cabeceira              | Golder           | 553.339,00      | 9.363.079,00 | Maura              |
| Cabeceira              | Golder           | 554.020,00      | 9.364.152,00 | Magali             |
| NC-03                  | Golder           | 556.135,00      | 9.360.459,00 | Mirim              |
| NC-04                  | Golder           | 552.882,00      | 9.359.215,00 | Salobo             |
| NC-05                  | Golder           | 552.985,00      | 9.358.882,00 | Salobo             |
| NC-06                  | Golder           | 551.599,00      | 9.355.826,00 | Salobo             |
| NC-07                  | Brandt           | 550.478,00      | 9.357.122,00 | Cotia              |
| NC-08                  | Brandt           | 550.434,00      | 9.357.176,00 | Cotia              |
| NC-09                  | Golder           | 552.405,00      | 9.358.688,00 | Cotia              |
| NC-10                  | Golder           | 552.105,00      | 9.358.578,00 | Cotia              |
| NC-11                  | Brandt           | 552.044,00      | 9.355.540,00 | Cotia              |
| NC-12                  | Brandt           | 552.156,00      | 9.355.416,00 | Cotia              |
| NC-13                  | Brandt           | 551.418,00      | 9.355.298,00 | Cotia              |
| NC-14                  | Brandt           | 551.404,00      | 9.355.266,00 | Cotia              |
| NC-15                  | Brandt           | 551.397,00      | 9.355.210,00 | Cotia              |
| NC-16                  | Brandt           | 551.388,00      | 9.355.204,00 | Cotia              |
| NC-17                  | Brandt           | 550.625,00      | 9.356.166,00 | Cotia              |
| NC-18                  | Brandt           | 549.953,00      | 9.356.808,00 | Cotia              |
| NC-19                  | Brandt           | 549.953,00      | 9.356.808,00 | Cotia              |
| NC-20                  | Brandt           | 549.213,00      | 9.356.898,00 | Cotia              |
| NC-21                  | Brandt           | 549.437,00      | 9.357.514,00 | Cotia              |
| NC-22                  | Brandt           | 549.505,00      | 9.357.546,00 | Cotia              |
| NC-23                  | Brandt           | 550.676,00      | 9.358.420,00 | Cotia              |
| NC-24                  | Brandt           | 550.820,00      | 9.358.464,00 | Cotia              |
| NC-25                  | Brandt           | 550.612,00      | 9.357.452,00 | Cotia              |
| NC-26                  | Brandt           | 550.125,00      | 9.357.356,00 | Cotia              |
| VT-12                  | Golder           | 549.908,00      | 9.361.215,00 | Salobo             |
| NC-27                  | Golder           | 551.320,00      | 9.360.247,00 | Mirim              |
| NC-28                  | Golder           | 553.871,00      | 9.361.764,00 | Mirim              |

Obs. Brandt, 1999; Golder, 2003

### e) Monitoramento hídrico superficial

Os vertedouros citados e identificados no Quadro 8.1.22, representam os dispositivos de controle de vazões das drenagens dos pequenos igarapés que drenam a área de entorno da futura cava, abrangendo os domínios que deverão ser afetados pelo rebaixamento do aquífero. Esse processo de rebaixamento ocorrerá preferencialmente nas sub-bacias do Igarapés Salobo e Cotia. Alguns desses dispositivos encontram-se próximos às nascentes, como é o caso dos vertedouros VT-11, VT-12, VT-14 e VT-04.

**QUADRO 8.1.22**  
**Localização dos Vertedouros Instalados na Área do Empreendimento**

| Identificação do Ponto | Origem dos dados | Coordenadas UTM |              | Bacia Hidrográfica |
|------------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------------|
|                        |                  | Leste           | Norte        |                    |
| VT-01                  | Geominas         | 551.687,81      | 9.361.131,87 | Salobo             |
| VT-02                  | Geominas         | 551.048,82      | 9.361.143,24 | Salobo             |
| VT-03                  | Geominas         | 551.129,17      | 9.361.486,57 | Salobo             |
| VT-04                  | Geominas         | 550.466,83      | 9.361.391,08 | Salobo             |
| VT-05                  | Geominas         | 549.003,74      | 9.362.048,46 | Salobo             |
| VT-06                  | Geominas         | 551.873,95      | 9.357.624,74 | Cotia              |
| VT-07                  | Geominas         | 551.702,50      | 9.357.091,08 | Cotia              |
| VT 10                  | Geominas         | 555.109,95      | 9.359.091,13 | Mamão              |
| VT-11                  | Geominas         | 551.393,00      | 9.360.631,32 | Salobo             |
| VT-12                  | Geominas         | 549.908,00      | 9.361.215,00 | Salobo             |
| VT-13                  | Geominas         | 549.499,45      | 9.361.375,13 | Salobo             |

Fonte: SBC (2004).

Várias nascentes dão origem a pequenos tributários que contribuem para os Igarapés Salobo, Mirim e Cotia, principais bacias de drenagem a terem seus domínios melhor investigados, em vista das futuras atividades programadas no empreendimento.

A rede de observação para leitura das descargas líquidas superficiais está sendo controlada pelos vertedouros nas drenagens menores e por réguas linimétricas, sendo 3 (três) no Igarapés Salobo, 1 (uma) no igarapé Mirim e 1 (uma) no igarapé Mano. O Quadro 8.1.23 apresenta os dados de localização das réguas instaladas.

**QUADRO 8.1.23**  
**Locais de Instalação das Réguas Linimétricas**

| Identificação do Ponto | Coordenadas UTM |            | Bacia Hidrográfica | Cota Altimétrica (m) |
|------------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|
|                        | Leste           | Norte      |                    |                      |
| RS 01                  | 9.359.673,31    | 553.775,73 | Salobo             | 176,956              |
| RSV 01                 | 9.356.277,85    | 556.353,59 | Salobo             | 158,871              |
| RSV 02                 | 9.361.160,21    | 552.845,37 | Mirim              | 182,723              |
| RSV 03                 | 9.361.208,13    | 551.277,70 | Salobo             | 191,601              |
| RSV 04                 | 9.362.168,15    | 549.603,46 | Salobo             | 192,344              |
| RSV 05                 | 9.361.919,98    | 550.143,74 | Mano               | 193,221              |

Fonte: SBC (2004).

No Anexo VII encontram-se os dados básicos sobre as configurações construtivas de cada dispositivo implementado nos referidos cursos de drenagem.

Tendo como base as interpretações sobre os deflúvios elaboradas no âmbito dos estudos de hidrologia superficial, cumpre aqui ressaltar alguns aspectos de interesse direto na abordagem hidrogeológica, e que darão subsídios à melhor configuração do domínio de investigação dos aquíferos, especificamente no que se refere à faixa de intervenção da lavra e suas imediações.

Os registros atualmente levantados a respeito das vazões dos Igarapés que drenam todo o entorno das áreas de lavra, bem como os locais onde serão depositadas as pilhas de estéril são de importância fundamental para a elaboração do balanço hídrico.

Um breve levantamento das características atuais observadas nas referidas sub-bacias hidrográficas mostra, ainda que de forma preliminar, alguns fatores que poderão auxiliar nas estimativas dos efeitos potencialmente capazes de afetar os mananciais, após terem sido consistidos pelo menos em um período hidrológico completo.

O Quadro 8.1.24 aponta a porcentagem da área das sub-bacias a serem ocupadas pelas atividades de disposição de rejeitos e pelas pilhas. Os dados foram obtidos a partir das bases cartográficas digitais geradas pelos arquivos de mapas em CAD, fornecidos pela SMSA (2003).

**QUADRO 8.1.24**  
**Áreas de Drenagem Associadas aos Depósitos de Estéril e Barragens**

| Estrutura            | Área (ha) | Sub-bacia Associada – Área (ha) | Área (%) |
|----------------------|-----------|---------------------------------|----------|
| Pilha 1              | 28794,60  | 77985,42                        | 37       |
| Pilha 2              | 68495,54  | 117895,93                       | 58       |
| Pilha 3              | 11646,44  | 24534,13                        | 47       |
| Pilha 4              | 8453,13   | 21820,79                        | 39       |
| Pilha 5              | 628,43    | 8297,87                         | 6        |
| Barragem de Rejeitos | 128918,04 | 336178,83                       | 38       |
| Barragens de Finos   | 20953,22  | 234183,55                       | 9        |

Com o objetivo de se levantarem mais dados que pudessem servir aos interesses futuros de avaliação hidrogeológica numérica, calcularam-se, de forma expedita, a partir dos primeiros dados gerados pelas leituras de lâminas de água em vertedouros, as vazões específicas das respectivas sub-bacias (Quadro 8.1.25).

**QUADRO 8.1.25**  
**Dados de Vazão Específica em Sub-bacias Operadas por Vertedouros**

| Identificação do vertedouro | Vazão média (m <sup>3</sup> /s) | Vazão média (L/s) | Área da Bacia (Km <sup>2</sup> ) | Vazão Específica L/s*km <sup>2</sup> |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| VT-01                       | *                               | *                 | 2,80                             | *                                    |
| VT-02                       | *                               | *                 | 0,67                             | *                                    |
| VT-03                       | 0,0047                          | 4,7               | 0,37                             | 12,58                                |
| VT-04                       | *                               | *                 | 0,52                             | *                                    |
| VT-05                       | 0,0018                          | 1,8               | 0,98                             | 1,83                                 |
| VT-06                       | 0,0045                          | 4,5               | 1,94                             | 2,32                                 |
| VT-07                       | 0,0131                          | 13,1              | 3,51                             | 3,73                                 |
| VT-10                       | 0,0302                          | 30,2              |                                  | *                                    |
| VT-11                       | 0,0005                          | 0,5               | 0,51                             | 0,98                                 |
| VT-12                       | 0,0002                          | 0,2               | 0,12                             | 1,61                                 |

Obs.: Dados retirados da operação de Geominas (ago a nov/03)

### 8.1.7.2.1 Composição do Modelo Hidrogeológico Conceitual

Em termos hidrodinâmicos, o modelo hidrogeológico pode ser descrito a partir do entendimento da área estudada em termos dos gradientes hidráulicos presentes, ou seja, tomando-se em conta que as maiores cargas hidráulicas encontram-se próximas às zonas de cumeeira marcadas como divisores de drenagens superficiais, caracterizadas pelas calhas do Igarapé Salobo e Cotia. Essa faixa é coincidente à zona de recarga da área investigada para finalidade de lavra, marcada morfologicamente pelos alinhamentos de cristas e vales na direção NW-SE.

Verifica-se que o sentido da delimitação de áreas para fins de estudo da hidrogeologia deve balizar-se em dois setores: o da mina e o da barragem de rejeitos no igarapé Mirim.

A futura zona de lavra envolve parte de uma extensa zona de recarga, a qual está bem marcada em planta cartográfica. Condiciona um regime de fluxos cujo gradiente hidráulico tende a ser bem marcado no sentido norte, rumo ao Igarapé Salobo, devendo ser muito similar no sentido sul e sudoeste, a se julgar pela conformação da serra do Salobo, que abriga o corpo mineralizado.

Tomando-se por base os dados de nível de água obtidos pelas campanhas de medição em poços piezométricos e em medidores de nível de água ao longo da referida área, esboçou-se uma superfície tridimensional do topo da superfície freática, como apresentado na Figura 8.1.26. Tendo como base o gradiente hidráulico, observa-se um valor aproximado de 0,2 metro/metro, de forma preliminar, entre os pontos PZ-07 situado no topo da serra, e o ponto PB-02, o que pode estar em linhas gerais, ocorrendo também para outra borda da serra (sul).

A definição do modelo hidrogeológico conceitual está intimamente relacionada à composição e à estruturação dos materiais que constituem o arcabouço litológico e morfo-estrutural da área de investigação.

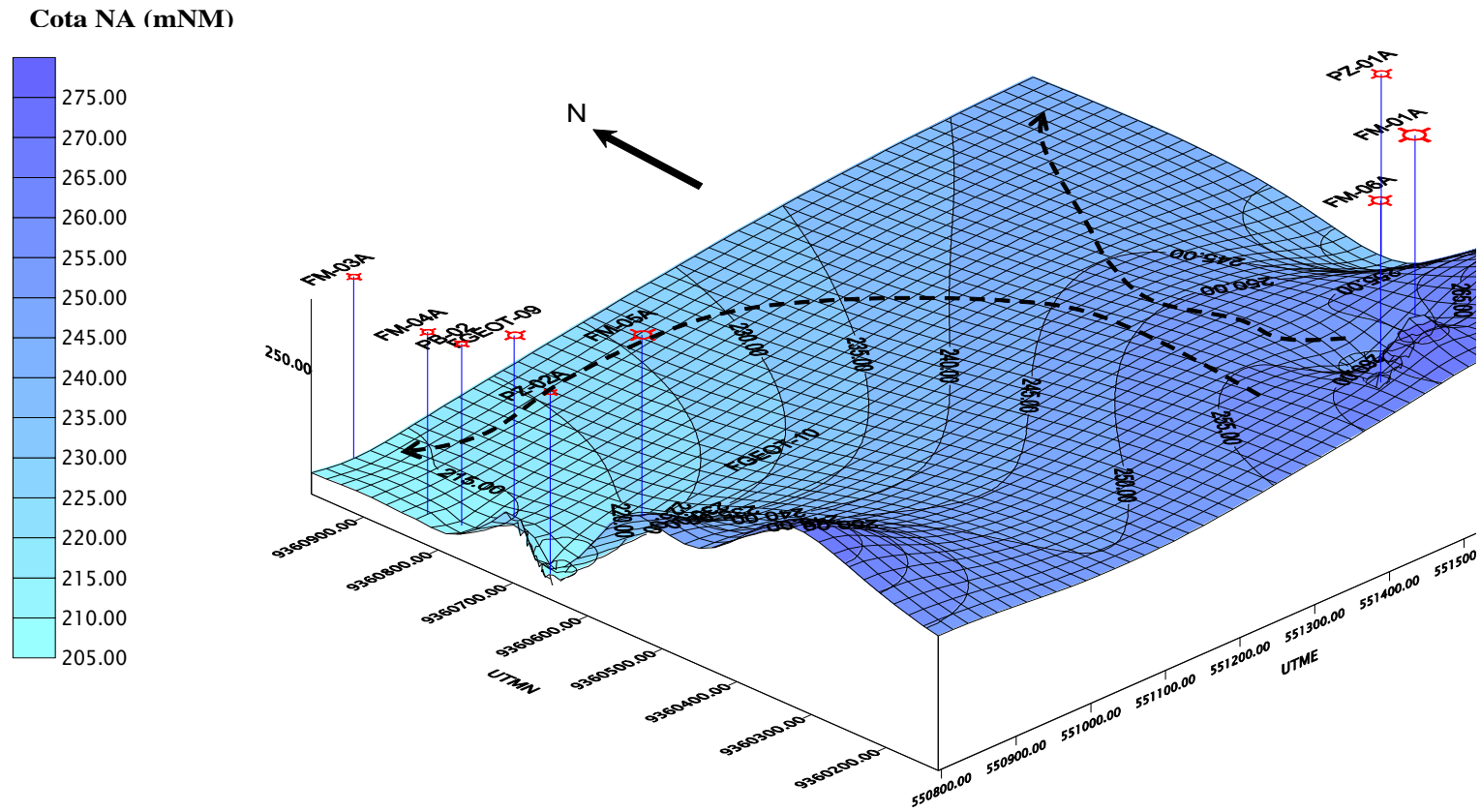
O balanço hídrico fica estabelecido pelo processo comparativo dos fatores que controlam o sistema hídrico superficial e subterrâneo, como cargas hidráulicas, descargas e recargas, e também, os parâmetros assumidos para representar a condutividade hidráulica das unidades hidro-estratigráficas presentes.

Para o melhor entendimento das características hidrogeológicas locais que retratam as condicionantes de fluxo do sistema aquífero avaliado, apresenta-se a seguir a descrição dos atributos de interesse nessa dinâmica, e em seguida a montagem do modelo de fluxos propriamente dito. Esse modelo decorre da interpretação dos processos naturais que estão atrelados ao funcionamento dos aquíferos, aquíferos e aquícludes da região.



FIGURA 8.1.26

Esboço da Distribuição de Fluxos e Cotas de Nível d'água (NA) do Lençol Freático (Water Table) na Área da Mina de Salobo – 24/12/2003



Os materiais constituintes das formações rochosas presentes na área de investigação compreendem o meio pelo qual a água permanecerá em maior ou menor tempo de contato e que depende de suas características intrínsecas locais, como porosidade e permeabilidade, gradiente hidráulico, etc.

Como visto anteriormente, esses materiais estão representados por rochas cristalinas de uma forma geral, que sustentam um pacote relativamente espesso de materiais intemperizados sobrepostos, conforme descrito anteriormente.

A partir do conhecimento dos processos de infiltração das águas meteóricas por esses materiais, no espaço e no tempo, é que se torna possível entender os mecanismos de fluxos em sub-superfície e então interpretar o modelo hidrogeológico da área de estudo. A seguir, são resumidas as principais formas julgadas pertinentes para a ocorrência desses processos no referido ambiente.

As unidades hidro-estratigráficas reconhecidas na área são os depósitos inconsolidados de cobertura e os materiais de porosidade fissural compreendidos pelos anfibólitos, granitóides, xistos e quartzitos, os quais acomodam zonas preferenciais de fluxo na forma de uma zona anisotrópica pelos materiais de porosidade secundária representados apenas pelas zonas de fraturamento e falhamentos mais expressivos, conformando fendas localizadas.

O embasamento cristalino (Complexo Xingu) deve comportar-se muito provavelmente como um aquíclode, devido à sua inexistente porosidade primária. Sua porosidade secundária é desconhecida, mas adota-se como de pouca expressividade, mesmo porque não foram realizados furos que atingissem essa porção profunda abaixo da zona mineralizada investigada (> 800m de profundidade). Dessa forma, em relação às unidades muito mais permeáveis situadas acima, o embasamento cristalino pode ser considerado como o limite inferior de fluxo das águas subterrâneas, dadas às devidas separações das porções mais fraturadas que podem conformar uma faixa de materiais cristalinos com um grau de fraturamento um pouco mais significativo.

O comportamento hidrogeológico da unidade hidro-estratigráfica representada pelos aquíferos fissurados das rochas que constituem o Grupo Salobo (Aquífero Salobo) é fundamentado pela presença de alinhamentos (NW-SE) de fraturas/falhas que podem corresponder aos elementos de controle dos fluxos principais nessa unidade. Essa unidade permite a circulação de água subterrânea pelos planos dessas fraturas de forma diferenciada, que podem se mostrar, em geral, mais desenvolvidos que a trama fissural do maciço, tendo em vista as condições de permeabilidade verificadas nas realizações de ensaios de bombeamento e de condutividade hidráulica nos poços de monitoramento jorrantes.

Devido aos processos de fendilhamento em sub-superfície, os maciços do aquífero Salobo de uma maneira geral, podem apresentar porosidade secundária considerável, localmente, resultando em fraturas significativas do material e fluxos mais intensos, ainda que localmente. Assim, esta unidade hidro-estratigráfica pode caracterizar-se por uma extrema heterogeneidade e anisotropia, apresentando os mais altos valores de condutividade hidráulica na área de estudo. Apesar de representar uma unidade constituída por rochas cristalinas diversas, compõe a faixa onde estão acomodadas as descontinuidades mais importantes do ponto de vista da dinâmica aquífera.

Embora tenham um papel fundamental no processo de recarga, os materiais inconsolidados superiores não deverão se constituir em objeto de análise inerente aos trabalhos de rebaixamento

na mina Salobo, pois se encontram em parte, na zona não saturada, e a porção saturada deverá ser removida ao longo do processo de decapeamento. Não obstante, caracterizam-se por possuir permeabilidade relativamente baixa, porém, com capacidade de armazenamento significativa.

#### **8.1.7.2 Fluxo Regional da Água Subterrânea**

A relação entre os tipos de materiais existentes e seu posicionamento no espaço geográfico da região de interesse possibilita a configuração da dinâmica hídrica de todo o sistema aquífero envolvido pelos processos físico-climáticos locais e da sua relação com a natureza do substrato rochoso. Dessa maneira, a região em estudo pode ser subdividida, de acordo com suas características naturais, em três domínios, quais sejam: zonas de recarga; zonas de circulação intermediária; e zonas de descarga.

- **Zonas de Recarga dos Aquíferos**

As zonas de recarga dos aquíferos são definidas pelos compartimentos mais elevados das meias encostas e dos topos da serra do Salobo, conformando um relevo abobadado, localmente. Estão delimitadas, invariavelmente, pelas cotas altimétricas que variam entre 250 e 500 metros de altitude, aproximadamente.

A área tipo desse compartimento pode ser facilmente observada na serra do Salobo, zona de abrangência quase integral da futura lavra. Forma uma zona elevada e alongada na direção NW-SE, servindo de divisor natural de águas para as bacias dos Igarapés Salobo e Cotia.

Toda compartimentação do relevo em nível local e regional pode representar, “*lato sensu*”, zonas de recarga dos aquíferos inferiores. A circulação deve ser lenta e está condicionada pelo meio intersticial dos materiais presentes superficialmente. Em geral, estes materiais cumprem importante papel no contexto da circulação das águas que infiltram, alimentando os demais em profundidade. Suas zonas de descarga ou se manifestam diretamente para os aquíferos fissurados subjacentes, ou ainda na forma de pequenas nascentes situadas geralmente nos sopés das encostas.

- **Zonas de Circulação Intermediária**

As zonas de circulação intermediária estão definidas pelos compartimentos das zonas deprimidas e dos vales de menor ordens existentes de forma mais expressiva no domínio das rochas cristalinas, onde a rede de drenagem é mais densa. São pequenos vales, muitas vezes secos ou mesmo intermitentes relacionados às seções hidrogeológicas cujos caminhamentos dos fluxos subterrâneos apresentam-se com menor percurso, coincidentes a descargas de recargas localizadas. Na maioria dos casos, verifica-se nesses trechos a existência de nascentes perenes ou ainda intermitentes nos sopés das encostas, cujos aportes não atingiram o nível de base regional, mas sim os níveis de base intermediários representados pelas calhas de pequena ordem dos tributários locais.

Correspondem, invariavelmente, àquelas nascentes de pequena vazão mas perenes, cuja qualidade natural das águas são decorrentes do pouco tempo de permanência no meio aquífero. Esses mananciais apresentam águas com concentração baixa a média de sais dissolvidos, dadas às condições da dinâmica aquífera localizada, no espaço e no tempo. Nesta condição, os

sistemas hidrogeológicos das cabeceiras de drenagem dos Igarapés Salobo e Cotia, por exemplo, diferenciam-se daqueles cujos sistemas descarregam os caudais diretamente nas calhas de drenagem do Igarapé Salobo, rio Cinzento, e possivelmente, até mesmo do rio Itacaiúnas.

Em geral podem ser atribuídas a esses sistemas, formas de circulação e de descarga para os níveis imediatamente subjacentes, ou seja, para as camadas superficiais de solos e os materiais que constituem os aquíferos livres, ainda que saprolitizados, como um meio granular representado por rochas menos permeáveis.

- **Zonas de Descarga dos Aquíferos**

São três os compartimentos para os quais podem se processar a descarga geral dos aquíferos abrangidos pela área de investigação: o primeiro e mais importante refere-se ao vale do Igarapé Salobo, o qual representa o nível de base local, e assim receber a maior parte das contribuições. Outro nível de base local manifesta-se de forma um pouco mais distante, e refere-se às drenagens do sistema Cotia-Cinzento. De forma regional, funcionam as formas de descarga para o sistema Itacaiúnas, sendo este um corpo receptor de todos os sistemas aquíferos em macro-escala.

Descargas locais que se desenvolvem ao longo das zonas intermediárias de fluxo foram caracterizadas anteriormente como sendo as próprias zonas aquíferas dos materiais imediatamente subjacentes, ou ainda, as calhas de drenagem dos tributários pequena ordem formadores das sub-bacias.

As descargas regionais apresentam-se nos níveis de base relativos às cotas próximas a 160m de altitude NM, considerando-se os sistemas Cinzento - Itacaiúnas.

### **8.1.7.2.3 Domínio Proposto como Condições de Contorno para Desenvolvimento do Modelo de Fluxos Subterrâneos**

O domínio de interesse proposto, segundo as condições de contorno locais, coincide com os elementos que servem de limites seguros ao campo de investigações hidrogeológicas, considerando-se a contabilização do balanço hídrico e as interferências decorrentes do processo de rebaixamento do nível de água na área de lavra.

Dessa forma, propõe-se os seguintes elementos de contorno como limites de abrangência da área de investigação hidrogeológica:

- Limite norte / noroeste / nordeste – calha do Igarapé Salobo: a noroeste, próximo a confluência entre Salobo e Mano, seguindo, a jusante, até a barragem de Finos, inclusive.
- Limite sul / sudoeste / sudeste – cabeceiras do Igarapé Trator seguindo a sua calha de drenagem até o rio Cinzento; rio Cinzento descendo sua calha até o último interflúvio de sua margem esquerda, antes da área selecionada para instalação do aeroporto, subindo este interflúvio até encontrar as Barragens de Finos novamente.

### **8.1.8 Qualidade das Águas Superficiais**

As características limnológicas e de qualidade das águas superficiais do rio Itacaiúnas e de seus afluentes da margem esquerda têm sido sistematicamente estudadas desde 1982, por empresas envolvidas nos trabalhos de pesquisa e projetos dos empreendimentos de mineração, inseridos na Província Mineral de Carajás.

Os primeiros estudos foram desenvolvidos objetivando-se avaliar a qualidade das águas somente em seus aspectos físicos e químicos. Posteriormente, levantamentos sobre teores de metais pesados nas águas superficiais começaram a ser realizados, com especial atenção para o mercúrio.

A partir de 1989, os estudos ambientais voltados para o licenciamento prévio do Projeto Salobo tiveram início, incluindo a avaliação dos possíveis impactos decorrentes das atividades de mineração sobre a qualidade dos recursos hídricos inseridos na área de influência do empreendimento. Os trabalhos então desenvolvidos compreenderam campanhas de amostragem e de monitoramento específicos, nos quais foram incluídos parâmetros bacteriológicos de análises laboratoriais, permitindo a avaliação da biota de invertebrados aquáticos.

No atual momento, os estudos de qualidade das águas superficiais buscam consolidar os dados já produzidos por trabalhos anteriores e, também, complementá-los e atualizá-los por intermédio da produção de dados primários, considerando-se as alterações de arranjo do Plano Diretor do Projeto Salobo, indicadas pelo IBAMA.

Desse modo, serão obtidos os subsídios necessários para a avaliação das interferências que serão impostas sobre a qualidade dessas águas e sua biota de invertebrados aquáticos, pelas ações projetadas pelo empreendimento em suas fases de implantação, operação e desativação, de modo a propor uma reestruturação do programa de ações de monitoramento e controle.

#### **8.1.8.1 Procedimentos Metodológicos**

Os trabalhos foram iniciados com o levantamento de dados secundários, por intermédio da revisão dos estudos anteriores sobre as águas superficiais elaborados para a mesma região. Para a elaboração do diagnóstico da Área de Estudo da Unidade Minerária, foram utilizados, notadamente, os relatórios do EIA/RIMA do Projeto Salobo no período entre 1989 a 1991 (Oykos) e pelos monitoramentos realizados nos períodos de 1997/1998 (BRANDT/Sanear) e 2002/2003 (BRANDT/SGS).

Como incorporação de novos dados primários, duas campanhas de amostragens foram realizadas pelo atual estudo, de uma programação total de quatro campanhas, tendo sido uma em outubro/2003 e outra em dezembro/2003.

Durante a primeira campanha, foi realizado um reconhecimento da área de estudo para demarcação da rede de amostragem e definição dos parâmetros a serem analisados. Os pontos de amostragem foram selecionados considerando-se os seguintes critérios:

- limites da área a ser utilizada pelo empreendimento;
- presença de áreas de importância ecológica;
- presença de fontes de contaminação;
- influência de contribuintes hídricos;
- demais usos da água, do solo e da cobertura vegetal;
- prevalência de condições logísticas necessárias para a viabilização das coletas e das medições de campo;
- local ainda não monitorado pelos estudos anteriores.

O Quadro 8.1.26 apresenta, a seguir, a rede de amostragem definida, contendo a descrição da localização das estações de coleta. A representação espacial da rede pode ser visualizada na Figura 8.1.27, apresentada em seqüência. O desenho D1-039-5130-1310-0031, (Anexo I) apresenta a localização do conjunto de redes de amostragem e monitoramento adotadas por todos os estudos desenvolvidos para o Projeto Salobo até o presente momento.

O Quadro 8.1.27 apresenta a relação dos parâmetros analisados. Além dos parâmetros físico-químicos e das condicionantes de caracterização climática e padrão de drenagem, foram indicados, também, parâmetros hidrobiológicos para a caracterização limnológica da área de estudo.

**QUADRO 8.1.26**  
**Rede de Amostragem da 1ª Campanha de Coleta de Água Superficial**  
**do Projeto Salobo Golder Associates – 2003/2004**

| Ponto                  | Localização  | Coordenadas UTM |             |
|------------------------|--|-----------------|-------------|
|                        |  | N               | E (Fuso 22) |
| SA 51                  | No igarapé Mirim, a uma distância mínima de 2,0 km a montante da futura Barragem de Rejeitos                                 | 9.362.298       | 553.193     |
| SA 52                  | No igarapé Borges, que recebe a drenagem do depósito de lixo do Acampamento 3 Alfa, a montante de sua foz no igarapé Salobo. | 9.357.659       | 554.387     |
| SA 53                  | No igarapé Caxias, que também recebe a drenagem do dep de lixo do Acamp. 3 Alfa, a montante de sua foz no igarapé Salobo     | 9.356.880       | 554.657     |
| SA 54                  | No Igarapé Salobo, a jusante do Acampamento 3 Alfa   | 9.358.326       | 554.722     |
| SA 55                  | No igarapé Mamão, a jusante da captação de água  | 9.359.080       | 554.945     |
| SA 56                  | No igarapé Salobo, a jusante da futura Barragem de Finos II  | 9.356.308       | 555.686     |
| SA 57 <sup>(1)</sup>   | No córrego Benjolo, a montante de sua confluência com o igarapé Salobo.  | 9.355.254       | 556.296     |
| SA 57 B <sup>(2)</sup> | No igarapé Mirim, a jusante da futura Barragem de Rejeitos   | 9.360.900       | 552.700     |
| SA 58                  | Na lagoa do igarapé Salobo, a jusante da futura Pilha de Minério temporário  | 9.361.211       | 551.276     |

Obs: Referências de coordenadas tomadas em campo.

<sup>(1)</sup> Amostragem somente nas 1ª e 2ª campanhas (outubro e dezembro/2003)

<sup>(2)</sup> Amostragem somente nas 3ª e 4ª campanhas (outubro e dezembro/2003)

INSERIR FIGURA 8.1.27 - REDE DE AMOSTRAGEM

**QUADRO 8.1.27**  
**Condicionantes e Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos**  
**de Análise de Qualidade da Água**

| Parâmetros                 |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| Condições do tempo         | Fluoretos                    |
| Temperatura do ar          | Manganês total               |
| Temperatura da água        | Mercurio total               |
| Aspecto da água            | Cobre total                  |
| Cor                        | Ferro solúvel                |
| Condutividade elétrica     | Ferro total                  |
| Ortofosfatos               | Arsênio total                |
| Cloretos                   | Níquel total                 |
| Sulfatos                   | Zinco total                  |
| Sulfetos                   | Cadmio total                 |
| Oxigênio dissolvido        | Alumínio Total               |
| Óleos e Graxas             | Chumbo total                 |
| Turbidez                   | Cromo Hexavalente            |
| DBO                        | Coliformes totais            |
| DQO                        | Coliformes Fecais            |
| Ph                         | Estreptococos Fecais         |
| Sólidos dissolvidos totais | Qualitativo de Fitoplancton  |
| Sólidos em suspensão       | Quantitativo de Fitoplancton |
| Nitratos                   | Qualitativo de Zooplancton   |
| Nitritos                   | Quantitativo de Zooplancton  |
| Amônia                     | Qualitativo de Zoobenton     |
| Fosfato total              | Quantitativo de Zoobenton    |

As coletas de amostras para análises físicas, químicas e biológicas foram realizadas na mesma campanha de amostragem, visando possibilitar a integração dos resultados bióticos e abióticos, buscada na avaliação ambiental dos ecossistemas aquáticos. Todavia, especificidades relacionadas aos métodos de coleta, análise e tratamento dos dados e a discussão dos resultados obtidos são apresentados separadamente, buscando-se organizar a informação obtida por meio estudado.

Assim, as questões relacionadas à qualidade das águas em seus aspectos físicos, químicos e bacteriológicos são incorporadas às avaliações do meio físico e os aspectos relativos à biota aquática às avaliações do meio biótico.

Os procedimentos de coleta e análises laboratoriais seguem as determinações do “*Standard Methods for Examination the Water and Waste Water*”, 20<sup>a</sup> Ed.

Para a avaliação da qualidade das águas, os resultados foram comparados aos padrões definidos pela legislação, para a Classe 2, conforme Deliberação Normativa CONAMA nº20/86, uma vez que os corpos de água da bacia em questão ainda não passaram por enquadramento segundo os usos preponderantes.

A metodologia do cálculo do Índice de Qualidade das Águas –IQA não foi adotada nessa etapa do estudo, uma vez que ela é inadequada ao caso estudado. O IQA reflete a interferência na qualidade das águas do lançamento de esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos, característicos de área com usos do solo por atividades antrópicas, o que não é o caso da Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, em que predominam áreas de



floresta completamente preservadas. Caso sejam detectadas evidências de contaminação por essas atividades, o IQA será calculado oportunamente.

Os parâmetros bacteriológicos foram analisados pela ocorrência de contaminação fecal na água e sua origem provável, se humana ou animal. Essa consideração é feita a partir das razões entre os resultados obtidos para os coliformes fecais e os estreptococos fecais. Valores acima de 4 indicam origem humana; abaixo de 1, origem animal, sendo que para números intermediários ou iguais a esses não se pode inferir precisamente a origem (VON SPERLING, 1995).

Com base nas informações obtidas nas duas primeiras campanhas de amostragem e no conhecimento das características físicas, químicas e bacteriológicas atuais das águas dos ambientes aquáticos estudados, foi elaborado um diagnóstico ambiental dessas águas na área de estudo.

A caracterização regional, apresentada em seqüência, foi desenvolvida, tendo como base, estudos ambientais anteriores realizados na região.

### **8.1.8.2 Caracterização Regional da Qualidade das Águas Superficiais**

Para a realização desse panorama regional foram utilizados os estudos desenvolvidos por: CETESB (1985/1986), Museu Paraense Emílio Goeldi (1985/1986) e OIKOS (1988/1989), citados por JP Engenharia (1989 e 1995).

De acordo com os estudos supra citados, as águas do rio Itacaiúnas possuem, de um modo geral, boa qualidade e estão dentro dos padrões fixados pela Resolução CONAMA 20/86. Exceção pode ser feita aos teores de mercúrio, encontrado em concentrações superiores à definida pela referida Resolução CONAMA (0,002mg/L), em vários pontos pesquisados na bacia do rio Itacaiúnas, notadamente no período seco, quando as vazões são mais baixas, bem como nos trechos situados a jusante dos sítios de ocorrência de atividade garimpeira.

Conforme tais avaliações, embora a contaminação por esse metal apresente uma ampla distribuição nas bacias estudadas, em nenhum dos locais inseridos na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo essas concentrações estiveram acima do máximo verificado em águas amazônicas naturais.

Quanto à concentração de cobre, o igarapé Mamão, situado na área de influência direta do empreendimento, apresentou, nesses estudos, uma das maiores concentrações dentre os locais estudados, ainda que abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86.

Vale ressaltar, no entanto, que em estudos específicos recentes, realizados por Damous, Wagener, Sambasiva e Wagener (2002), foram constatadas expressivas concentrações de cobre, até seis vezes maiores, nas águas do igarapé Salobo, nas imediações do local onde existiu uma Planta Piloto de beneficiamento de minério do Projeto Salobo.

Ainda conforme os trabalhos consultados, em geral, nas águas do igarapé Salobo e do rio Cinzento prevalecem as seguintes condições:

- tendência de pH ligeiramente baixo;
- baixa turbidez e cor ligeiramente elevada;

- baixa alcalinidade;
- baixos níveis de sais (cloretos e sulfatos);
- nitratos elevados;
- concentração de ferro total elevada, nas águas do rio Cinzento;
- boas condições de oxigenação das águas;
- baixos valores de coliformes fecais;
- relação DQO/DBO bastante elevada;
- baixa contaminação fecal, de origem animal.

Todas essas condições relacionam-se às características dos solos da região e à predominância de áreas de florestais totalmente preservadas. Nessas áreas, o carreamento de sedimentos é inexpressivo e o volume de matéria orgânica vegetal de lenta degradação é muito significativo.

Nem mesmo o funcionamento de uma planta piloto de beneficiamento de minério de cobre, implantada para fins de pesquisa, entre os anos de 1985 a 1990, impôs alterações significativas dessas características, a não ser nas concentrações de cobre, como discutido anteriormente.

Nos resultados obtidos no Programa de Monitoramento realizado em 1997/1998 por BRANDT, os parâmetros em desconformidade com a resolução CONAMA 20/86 estão, também, relacionados às questões de decomposição do material vegetal da área pesquisada.

Sobre esses parâmetros pode-se inferir que:

- as altas concentrações de fosfato encontradas são decorrentes da decomposição natural da vegetação nativa;
- a acidez verificada das águas se deve ao mesmo motivo, induzida pelo aumento da concentração de ácidos húmicos;
- as altas concentrações de óleos e graxas que podem ser provenientes de óleos vegetais existentes de forma natural na vegetação nativa.

Enfim, os locais monitorados apresentam uma alta similaridade entre si, sendo que, em geral, suas águas possuem boa qualidade.

### **8.1.8.3 As Águas Superficiais da Área de Estudo da Unidade Minerária**

Conforme citado, todos os cursos de água da área de estudo do empreendimento são considerados como Classe 2 (Resolução CONAMA 20/86). Os boletins das análises laboratoriais das duas primeiras campanhas de amostragem realizadas estão apresentados no Anexo VIII do presente relatório e os resultados obtidos encontram-se consolidados nos Quadros 8.1.28 e 8.1.29, respectivamente, para as campanhas de outubro e dezembro, apresentados a seguir.

De uma maneira geral, os resultados obtidos apresentam as mesmas tendências observadas nos estudos desenvolvidos pelos trabalhos anteriores. Ou seja, as variações espaciais observadas nas características físicas, químicas e biológicas das águas dos trechos dos corpos hídricos estudados são pouco significativas, em contraposição às variações temporais, que são bastante expressivas em determinados parâmetros.

### QUADRO 8.1.28

#### Caracterização da Qualidade da Água Superficial do Projeto Salobo - Variáveis Medidas em Campo e Análises Laboratoriais na Primeira Campanha – Outubro/2003

| Variável / Parâmetro   | Unidade              | Padrão Classe 2 | ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM |                |                |                    |                |                          |                 |                     |
|------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------------------|
|                        |                      |                 | SA 51                  | SA 52          | SA 53          | SA 54              | SA 55          | SA 56                    | SA 57           | SA 58               |
|                        |                      |                 | Igarapé Mirim          | Igarapé Borges | Igarapé Caxias | Ig. Salobo - BF II | Igarapé Mamão  | Ig. Salobo jusante BF II | Igarapé Benjolo | Lagoa do ig. Salobo |
| Campanha               | -                    | -               | <b>Outubro</b>         | <b>Outubro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Outubro</b>     | <b>Outubro</b> | <b>Outubro</b>           | <b>Outubro</b>  | <b>Outubro</b>      |
| Data                   | -                    | -               | 22/10/2003             | 23/10/2003     | 23/10/2003     | 23/10/2003         | 23/10/2003     | 23/10/2003               | 22/10/2003      | 22/10/2003          |
| Hora                   | H                    | -               | 12:00                  | 12:20          | 10:20          | 10:20              | 11:15          | 08:00                    | 08:00           | 11:50               |
| Temperatura do ar      | °C                   | -               | 27,0                   | 26,5           | 24,0           | 24,0               | 27,0           | 24,00                    | 26,0            | 27,5                |
| Temperatura da água    | °C                   | -               | 25,0                   | 24,5           | 23,5           | 23,5               | 23,5           | 24,00                    | 24,5            | 25,0                |
| Chuvas                 | -                    | -               | 24 horas               | ausentes       | ausentes       | ausentes           | ausentes       | ausentes                 | 24 horas        | 24 horas            |
| Cor                    | mg/L Pt              | 75              | 9,31                   | 21,87          | 11,90          | 13,64              | 11,91          | 16,24                    | 6,71            | 9,31                |
| Aspecto                | -                    | -               | PoucoTurvo             | Turvo          | Turvo          | Turvo              | Turvo          | Turvo                    | Translúcido     | Turvo               |
| Condutividade elétrica | µmS/cm               | -               | 71,05                  | 138,93         | 71,25          | 73,59              | 50,97          | 59,83                    | 86,03           | 66,25               |
| Turbidez               | UNT                  | 100             | 4,26                   | 7,21           | 13,7           | 8,13               | 2,05           | 12,40                    | 5,65            | 11,60               |
| pH <i>in loco</i>      | -                    | 6,0 a 9,0       | 7,53                   | 7,52           | 6,84           | 7,52               | 7,24           | 7,29                     | 7,26            | 7,17                |
| Sólidos em suspensão   | mg/L                 | -               | 3,20                   | 5,00           | 16,00          | 8,00               | 2,00           | 11,00                    | 6,00            | 12,80               |
| Sólidos dissolvidos    | mg/L                 | 500             | 67,36                  | 131,71         | 67,55          | 69,76              | 48,32          | 56,72                    | 81,56           | 62,81               |
| Oxigênio dissolvido    | mg/L O <sub>2</sub>  | acima de 5,0    | 7,23                   | 8,17           | 6,94           | 6,98               | 7,59           | 7,64                     | 6,94            | 7,13                |
| DBO                    | mg/L O <sub>2</sub>  | até 5,0         | <0,10                  | 1,37           | <0,10          | <0,10              | <0,10          | 0,54                     | 0,85            | <0,10               |
| DQO                    | mg/L O <sub>2</sub>  | -               | 2,26                   | 9,78           | 9,02           | 3,76               | 4,51           | 8,27                     | 6,02            | 6,77                |
| Óleos e graxas         | mg/L                 | ausente         | <0,30                  | <0,30          | <0,30          | <0,30              | <0,30          | <0,30                    | <0,30           | <0,30               |
| Amônia não ionizável   | mg/L NH <sub>3</sub> | 0,02            | <b>0,19</b>            | <b>0,18</b>    | <b>0,19</b>    | <b>0,12</b>        | <b>0,13</b>    | <b>0,18</b>              | <b>0,16</b>     | <b>0,18</b>         |
| Nitratos               | mg/L N               | 10,0            | 0,11                   | 0,28           | 0,12           | 0,06               | 0,07           | 0,10                     | 0,02            | 0,13                |
| Nitritos               | mg/L N               | 1,00            | <0,001                 | <0,001         | <0,001         | <0,001             | <0,001         | <0,001                   | <0,001          | <0,001              |

continuação...

| Variável /<br>Parâmetro | Unidade              | Padrão<br>Classe 2 | ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM       |                              |                             |                             |                             |                             |                              |                             |
|-------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                         |                      |                    | SA 51                        | SA 52                        | SA 53                       | SA 54                       | SA 55                       | SA 56                       | SA 57                        | SA 58                       |
|                         |                      |                    | Igarapé Mirim                | Igarapé Borges               | Igarapé Caxias              | Ig. Salobo - BF II          | Igarapé Mamão               | Ig. Salobo<br>jusante BF II | Igarapé Benjolo              | Lagoa do<br>Igarapé. Salobo |
| Cloretos                | mg/L Cl              | 250                | 3,01                         | 6,27                         | 3,26                        | 3,51                        | 3,01                        | 3,76                        | 5,02                         | 4,01                        |
| Sulfatos                | mg/L SO <sub>4</sub> | 250                | 3,91                         | 4,08                         | 3,68                        | 4,24                        | 2,96                        | 4,01                        | 3,71                         | 4,47                        |
| Sulfetos                | mg/L S               | 0,002              | <0,002                       | <0,002                       | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                       | <0,002                      |
| Fluoretos               | mg/L F               | 1,40               | <0,05                        | 0,14                         | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | 0,10                         | <0,05                       |
| Cromo hexavalente       | mg/L Cr              | 0,05               | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        | <0,05                       |
| Manganês total          | mg/L Mn              | 0,10               | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        | <0,05                       |
| Arsênio total           | mg/L As              | 0,05               | <0,01                        | <0,01                        | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                        | <0,01                       |
| Cádmio total            | mg/L Cd              | 0,001              | <0,001                       | <0,001                       | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                       | <0,001                      |
| Chumbo total            | mg/L Pb              | 0,03               | <0,01                        | <0,01                        | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                        | <0,01                       |
| Cobre total             | mg/L Cu              | 0,02               | <0,02                        | <0,02                        | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        | <0,02                       |
| Níquel total            | mg/L Ni              | 0,025              | 0,02                         | <0,02                        | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        | <0,02                       |
| Alumínio total          | mg/L Al              | 0,10               | <0,10                        | <0,10                        | <b>0,17</b>                 | <b>0,17</b>                 | <0,10                       | <b>0,14</b>                 | <0,10                        | <b>0,24</b>                 |
| Zinco total             | mg/L Zn              | 0,18               | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        | <0,05                       |
| Ortofosfato             | mg/L P               | -                  | <0,010                       | 0,011                        | 0,012                       | <0,010                      | <0,010                      | <0,010                      | 0,011                        | <0,010                      |
| Fosfato                 | mg/L P               | 0,025              | 0,017                        | <b>0,049</b>                 | <b>0,047</b>                | <b>0,036</b>                | <b>0,032</b>                | <b>0,042</b>                | <b>0,050</b>                 | <b>0,047</b>                |
| Ferro solúvel           | mg/L Fe              | 0,30               | 0,2                          | <b>0,7</b>                   | <b>1,78</b>                 | <b>0,41</b>                 | 0,06                        | <b>0,34</b>                 | <b>0,77</b>                  | 0,20                        |
| Ferro total             | mg/L Fe              | -                  | 1,39                         | 1,81                         | 3,16                        | 1,43                        | 0,18                        | 1,43                        | 2,03                         | 1,82                        |
| Merúrio total           | mg/L Hg              | 0,0002             | <0,0002                      | <0,0002                      | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                      | <0,0002                     |
| Coliformes fecais       | UFC/100ml            | 1000               | <2                           | 5,0 x 10                     | 2,2 x 10 <sup>2</sup>       | 2,2 X 10 <sup>2</sup>       | 7,0 x 10 <sup>2</sup>       | 8,0 x 10 <sup>2</sup>       | 1,6 x 10 <sup>3</sup>        | <2                          |
| Coliformes totais       | UFC/100ml            | 5000               | <b>≥1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>≥1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>2,4 x 10<sup>4</sup></b> | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>≥1,6 x 10<sup>4</sup></b> | 5,0 x 10 <sup>3</sup>       |
| Estreptococos fecais    | UFC/100ml            | -                  | 1,6 x 10 <sup>3</sup>        | 2,4 x 10 <sup>3</sup>        | 2,4 x 10 <sup>3</sup>       | 2,8 x 10 <sup>3</sup>       | 3,0 x 10 <sup>3</sup>       | 2,4 x 10 <sup>3</sup>       | 2,4 x 10 <sup>3</sup>        | 1,1 x 10 <sup>3</sup>       |

FONTE: SANEAR Engenharia Sanitária, 12/2003

OBS.: Os métodos de coleta, preservação e análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER*, 20<sup>th</sup> Ed - 1998

Os valores em destaque representam os que estão em inconformidade com o padrão Classe 2, de acordo com resolução CONAMA 20/86

## QUADRO 8.1.29

**Caracterização da Qualidade da Água Superficial do Projeto Salobo - Variáveis Medidas em Campo e Análises Laboratoriais na Segunda Campanha – Dezembro/2003**

| Variável / Parâmetro   | Unidade              | Padrão Classe 2 | ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM |                 |                 |                    |                 |                          |                 |                          |
|------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
|                        |                      |                 | SA 51                  | SA 52           | SA 53           | SA 54              | SA 55           | SA 56                    | SA 57           | SA 58                    |
|                        |                      |                 | Igarapé Mirim          | Igarapé Borges  | Igarapé Caxias  | Ig. Salobo - BF II | Igarapé Mamão   | Ig. Salobo jusante BF II | Igarapé Benjolo | Lagoa do Igarapé. Salobo |
| <b>Campanha</b>        | -                    | -               | <b>Dezembro</b>        | <b>Dezembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>Dezembro</b>    | <b>Dezembro</b> | <b>Dezembro</b>          | <b>Dezembro</b> | <b>Dezembro</b>          |
| Data                   | -                    | -               | 9/12/2003              | 11/12/2003      | 11/12/2003      | 10/12/2003         | 10/12/2003      | 10/12/2003               | 10/12/2003      | 9/12/2003                |
| Hora                   | h                    | -               | 10:40                  | 08:35           | 07:30           | 07:45              | 09:00           | 10:20                    | 11:20           | 11:25                    |
| Temperatura do ar      | °C                   | -               | 24,0                   | 23,5            | 23,5            | 22,5               | 23,50           | 26,00                    | 26,00           | 25,50                    |
| Temperatura da água    | °C                   | -               | 23,0                   | 23,5            | 23,0            | 23,0               | 23,00           | 23,50                    | 24,00           | 24,00                    |
| Chuvvas                | -                    | -               | chuvoso                | chuvoso         | chuvoso         | 24 horas           | 24 horas        | 24 horas                 | 24 horas        | chuvoso                  |
| Cor                    | mg/L Pt              | 75              | 32,00                  | 48,00           | 25,00           | 48,00              | 12,00           | 33,00                    | 14,00           | 23,00                    |
| Aspecto                | -                    | -               | Turvo                  | Turvo           | Turvo           | Turvo              | Translúcido     | Turvo                    | Turvo           | Turvo                    |
| Condutividade elétrica | µmS/cm               | -               | 58,10                  | 92,76           | 61,06           | 54,53              | 41,08           | 48,62                    | 93,57           | 56,78                    |
| Turbidez               | UNT                  | 100             | 99,80                  | 10,90           | 11,60           | 67,70              | 2,31            | 51,00                    | 10,90           | 21,40                    |
| pH <i>in loco</i>      | -                    | 6,0 a 9,0       | 7,02                   | 6,98            | 6,77            | 6,99               | 6,92            | 7,22                     | 7,30            | 6,84                     |
| Sólidos em suspensão   | mg/L                 | -               | 124,00                 | 8,80            | 17,33           | 48,00              | 1,67            | 52,00                    | 6,00            | 18,50                    |
| Sólidos dissolvidos    | mg/L                 | 500             | 55,08                  | 87,94           | 57,88           | 51,60              | 56,07           | 66,37                    | 88,70           | 53,83                    |
| Oxigênio dissolvido    | mg/L O <sub>2</sub>  | acima de 5,0    | 7,98                   | 7,57            | 6,68            | 7,76               | 8,42            | 8,12                     | 8,27            | 7,81                     |
| DBO                    | mg/L O <sub>2</sub>  | até 5,0         | 3,35                   | <0,10           | <0,10           | 2,61               | 1,70            | <b>11,64</b>             | 1,27            | 2,34                     |
| DQO                    | mg/L O <sub>2</sub>  | -               | 40,13                  | 4,80            | 9,60            | 28,00              | 5,60            | 32,40                    | 7,20            | 8,45                     |
| Óleos e graxas         | mg/L                 | ausente         | <0,30                  | <0,30           | <0,30           | <0,30              | <0,30           | <0,30                    | <0,30           | <0,30                    |
| Amônia não ionizável   | mg/L NH <sub>3</sub> | 0,02            | <b>0,19</b>            | <b>0,14</b>     | <b>0,17</b>     | <b>0,27</b>        | <b>0,18</b>     | <b>0,15</b>              | <b>0,16</b>     | <b>0,15</b>              |
| Nitratos               | mg/L N               | 10,0            | <0,01                  | 0,51            | 0,07            | 0,38               | <0,01           | 0,24                     | 0,42            | <0,01                    |
| Nitritos               | mg/L N               | 1,00            | 0,005                  | 0,007           | 0,010           | 0,016              | 0,017           | 0,005                    | 0,005           | 0,005                    |

Continuação...

| Variável / Parâmetro | Unidade              | Padrão Classe 2 | ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM      |                             |                             |                              |                              |                             |                             |                              |
|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                      |                      |                 | SA 51                       | SA 52                       | SA 53                       | SA 54                        | SA 55                        | SA 56                       | SA 57                       | SA 58                        |
|                      |                      |                 | Igarapé Mirim               | Igarapé Borges              | Igarapé Caxias              | Ig. Salobo - BF II           | Igarapé Mamão                | Ig. Salobo jusante BF II    | Igarapé Benjolo             | Lagoa do Igarapé, Salobo     |
| Cloretos             | mg/L Cl              | 250             | 3,03                        | 5,55                        | 4,29                        | 3,54                         | 4,80                         | 4,80                        | 6,06                        | 3,28                         |
| Sulfatos             | mg/L SO <sub>4</sub> | 250             | 2,91                        | 5,94                        | 5,18                        | 9,99                         | 3,96                         | 3,96                        | 5,44                        | 4,71                         |
| Sulfetos             | mg/L S               | 0,002           | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                       | <0,002                       | <0,002                      | <0,002                      | <0,002                       |
| Fluoretos            | mg/L F               | 1,40            | <0,05                       | 0,14                        | 0,26                        | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        |
| Cromo hexavalente    | mg/L Cr              | 0,05            | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        |
| Manganês total       | mg/L Mn              | 0,10            | <b>0,15</b>                 | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        | <0,05                        | <0,05                       | <0,05                       | <0,05                        |
| Arsênio total        | mg/L As              | 0,05            | <0,05                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                        | <0,01                        | <0,01                       | <0,01                       | <0,05                        |
| Cádmio total         | mg/L Cd              | 0,001           | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                       | <0,001                       | <0,001                      | <0,001                      | <0,001                       |
| Chumbo total         | mg/L Pb              | 0,03            | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                        | <0,01                        | <0,01                       | <0,01                       | <0,01                        |
| Cobre total          | mg/L Cu              | 0,02            | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        | <0,02                        | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        |
| Níquel total         | mg/L Ni              | 0,025           | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        | <0,02                        | <0,02                       | <0,02                       | <0,02                        |
| Alumínio total       | mg/L Al              | 0,10            | <b>1,54</b>                 | <b>0,24</b>                 | <b>0,25</b>                 | <b>1,34</b>                  | <b>0,11</b>                  | <b>1,05</b>                 | <b>0,15</b>                 | <b>0,43</b>                  |
| Zinco total          | mg/L Zn              | 0,18            | <0,05                       | 0,06                        | 0,06                        | 0,06                         | 0,07                         | <0,05                       | 0,06                        | 0,06                         |
| Ortofosfato          | mg/L P               | -               | 0,024                       | 0,013                       | 0,023                       | 0,021                        | <0,010                       | 0,026                       | 0,011                       | 0,008                        |
| Fosfato              | mg/L P               | 0,025           | <b>0,097</b>                | <b>0,045</b>                | <b>0,048</b>                | <b>0,084</b>                 | <b>0,027</b>                 | <b>0,102</b>                | <b>0,042</b>                | <b>0,055</b>                 |
| Ferro solúvel        | mg/L Fe              | 0,30            | 0,27                        | <b>1,64</b>                 | <b>2,45</b>                 | <b>0,41</b>                  | 0,10                         | 0,29                        | <b>1,13</b>                 | <b>0,34</b>                  |
| Ferro total          | mg/L Fe              | -               | 7,10                        | 2,08                        | 2,65                        | 4,50                         | 0,25                         | 3,85                        | 2,30                        | 2,30                         |
| Mercurio total       | mg/L Hg              | 0,0002          | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                      | <0,0002                      | <0,0002                     | <0,0002                     | <0,0002                      |
| Coliformes fecais    | UFC/100ml            | 1000            | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | 1,7 x 10 <sup>2</sup>       | 3,0 x 10 <sup>2</sup>       | <b>2,4 X 10<sup>3</sup></b>  | 5,0 x 10 <sup>2</sup>        | 5,0 x 10 <sup>2</sup>       | <b>1,6 x 10<sup>3</sup></b> | <b>5,0 x 10<sup>3</sup></b>  |
| Coliformes totais    | UFC/100ml            | 5000            | <b>1,6 x 10<sup>5</sup></b> | <b>9,0 x 10<sup>4</sup></b> | <b>3,0 x 10<sup>4</sup></b> | <b>≥1,6 x 10<sup>5</sup></b> | <b>≥1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>1,6 x 10<sup>4</sup></b> | <b>≥1,6 x 10<sup>3</sup></b> |
| Estreptococos fecais | UFC/100ml            | -               | 3,0 x 10 <sup>4</sup>       | 3,0 x 10 <sup>3</sup>       | 3,0 x 10 <sup>3</sup>       | 8,0 x 10 <sup>3</sup>        | 1,6 x 10 <sup>3</sup>        | 1,6 x 10 <sup>3</sup>       | 5,0 x 10 <sup>3</sup>       | 1,6 x 10 <sup>4</sup>        |

FONTE: SANEAR Engenharia Sanitária, 01/2004

OBS.: Os métodos de coleta, preservação e análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER*, 20<sup>th</sup> Ed - 1998

Os valores em destaque representam os que estão em inconformidade com o padrão Classe 2, de acordo com resolução CONAMA 20/86

Assim, comparando-se os resultados das análises realizadas entre as estações de amostragem, em uma mesma campanha, verifica-se que, de uma maneira geral, não ocorreram variações expressivas entre elas, indicando que as águas dos corpos de água pesquisados possuem características similares. Por outro lado, as alterações temporais verificadas entre as campanhas realizadas estão relacionadas às condições de chuvas na região.

Observando-se os resultados das análises realizadas, verifica-se que, nas duas campanhas, a maioria dos parâmetros pesquisados apresentou resultados compatíveis com a Classe 2.

Os parâmetros que apresentaram inconformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 foram:

- demanda bioquímica de oxigênio
- amônia não ionizável
- manganês total
- fosfato
- ferro solúvel
- alumínio total
- coliformes fecais e totais

Esses resultados conferem com os demais estudos realizados por outros autores, para a mesma área.

Na Figura 8.1.28, verifica-se que o parâmetro **cor** apresentou uma variação temporal nítida, com valores muito mais altos em dezembro de 2003 do que em outubro do mesmo ano, em todas as estações de amostragem. Faz-se exceção à SA55, no Igarapé Mamão, onde os valores permaneceram iguais nos dois períodos, o que deve estar relacionado à presença de substâncias húmicas e compostos de ferro nas águas. Esses compostos são carregados pelas chuvas ou estão presentes nos locais alagados pelas cheias.

Da mesma forma, o **pH** também variou sazonalmente, apresentando, em geral, características mais básicas no período chuvoso, conforme mostra a Figura 8.1.29.

A **turbidez** das águas apresentou valores compatíveis com a Classe 2 (100 UNT). Esse parâmetro, assim como as concentrações de **sólidos em suspensão**, registrou números muito baixos na maioria das amostras obtidas em outubro de 2003, sendo que todos os teores medidos estiveram abaixo de 13,7 UNT, valor esse registrado na estação SA53( Igarapé Caxias).

Em dezembro de 2003, por sua vez, verificou-se um incremento nesses valores, notadamente no ponto SA51, Igarapé Mirim, em que registrou-se 99,80 UNT para a turbidez e 124,00mg/L de sólidos suspensos. As estações do Igarapé Salobo SA54 e SA56, situadas a jusante do Mirim, tiveram um comportamento similar. As Figuras 8.1.30 e 8.1.31 apresentam essas variações. Essa situação indica que, a despeito das poucas atividades antrópicas existentes na área do empreendimento, ainda insignificantes em termos de exposição dos solos aos processos erosivos, ocorre um carregamento de material alóctone aos corpos de água e o alagamento de fragmentos ciliares da floresta nas cheias, notadamente na bacia do Igarapé Salobo.

Contrariamente, os **sólidos dissolvidos** (Figura 8.1.32) apresentaram, em geral, maiores concentrações em outubro de 2003. Destaca-se a estação SA52, Igarapé Borges, que apresentou, na primeira campanha, valores que correspondem a quase o dobro da concentração das demais estações.

Esses resultados, assim como os de **condutividade elétrica** (Figura 8.1.33), também altos, sobretudo na estação supracitada, se correlacionam aos solos amazônicos, geoquímicamente mais ricos e mais recentes (Fitkau, 1971b; Esteves, 1998).

Conforme mostra a Figura 8.1.34, o **Oxigênio Dissolvido – OD** - apresentou concentrações elevadas em todas as estações, mostrando uma tendência de boa oxigenação das águas. Essas concentrações variaram entre 6,68 mg/L no igarapé Caxias (SA53), em dezembro de 2003, e 8,42 no igarapé Mamão (SA55), no mesmo período.

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO** (Figura 8.1.35) apresentou valores muito baixos na maioria das estações de amostragem, ainda que um pouco mais elevados na segunda campanha, indicando baixa concentração de material orgânico biodegradável. A única exceção foi a estação SA56, no igarapé Salobo, na qual foi detectado, em dezembro de 2003, um valor muito acima do admissível para águas Classe 2, correspondente a 11,64mg/L, indicando a presença de contaminação orgânica.

Da mesma forma, os maiores valores de **Demanda Química de Oxigênio -DQO** (Figura 8.1.36) foram registrados em dezembro de 2003, apresentando-se mais altos do que os de DBO. Esses valores podem ser considerados elevados, se comparados com as águas de outras regiões. Esse parâmetro indica a presença de materiais orgânicos retráteis à biodegradação, tais como restos vegetais (folhas, galhos e troncos) comuns em áreas preservadas, sobretudo no período chuvoso.

Em termos de nutrientes, os compostos nitrogenados (**Nitrato** e **Nitrito**) aparecem em baixas concentrações em todas as estações, nas duas amostragens. Faz-se exceção à **Amônia** (Figura 8.1.37) cujas altas concentrações ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, em todas as amostras, decorrendo, provavelmente, da degradação de compostos orgânicos nitrogenados, característicos das florestas. A maior concentração ocorreu em dezembro/2003, na estação SA52, no igarapé Borges.

Mantendo o padrão encontrado na região por outros autores, o **Fosfato** ultrapassou os limites estabelecidos para a Classe 2 na grande maioria das amostras. Não foram observadas diferenças significativas ao longo do período de estudo, conforme indica a Figura 8.1.38, indicando que as altas concentrações encontradas decorrem de fatores autóctones, característicos das águas estudadas.

O **Ortofosfato** (Figura 8.1.39), todavia, aparece em baixas concentrações, indicando que a disponibilidade de fósforo, na forma química assimilável pela biota aquática, é baixa.

Com relação aos metais, verifica-se que o **Ferro solúvel** (Figura 8.1.40) foi encontrado em concentrações acima dos padrões estabelecidos para águas de Classe 2, na maioria das amostras analisadas. A estação SA53, no Igarapé Caxias, apresentou as maiores concentrações nos dois períodos estudados, com 1,78mg/L em outubro e 2,45mg/L em dezembro, valores esses 8 vezes maiores do que o padrão estabelecido para essa classe de uso (0,3mg/L).

Da mesma forma, o **Alumínio** (Figura 8.1.41) total apresentou concentrações acima dos padrões estabelecidos para a Classe 2 na maioria das análises efetuadas, especialmente em dezembro de 2003. Uma tendência de ocorrência de maiores concentrações desses dois metais em dezembro foi observada, indicando que existe uma relação dessas ocorrências com os solos e clima da região.



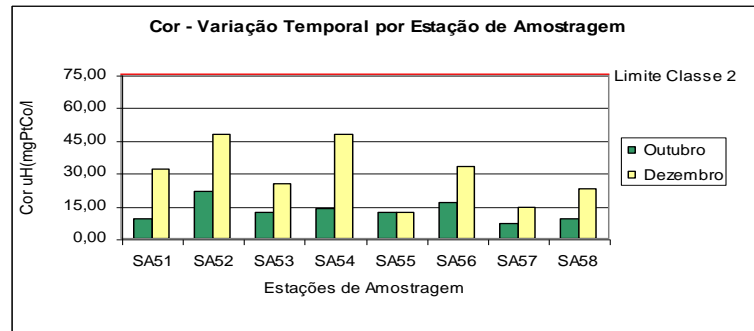


FIGURA 8.1.28 – Variação temporal do parâmetro Cor

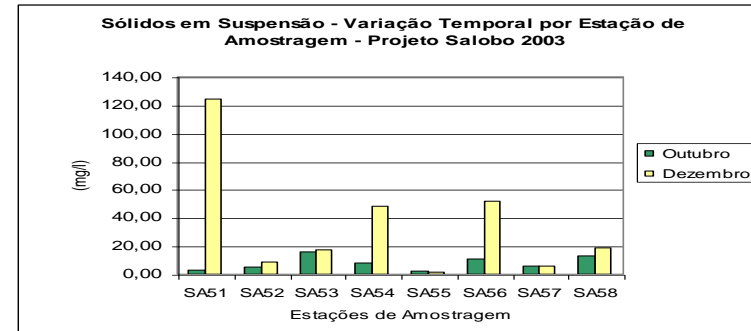


FIGURA 8.1.31 – Variação temporal dos Sólidos em Suspensão

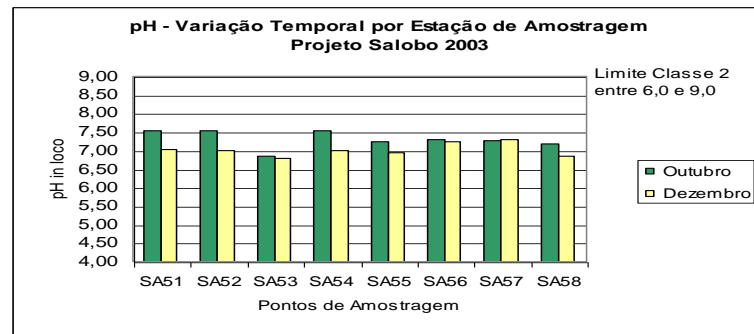


FIGURA 8.1.29 – Variação temporal do pH

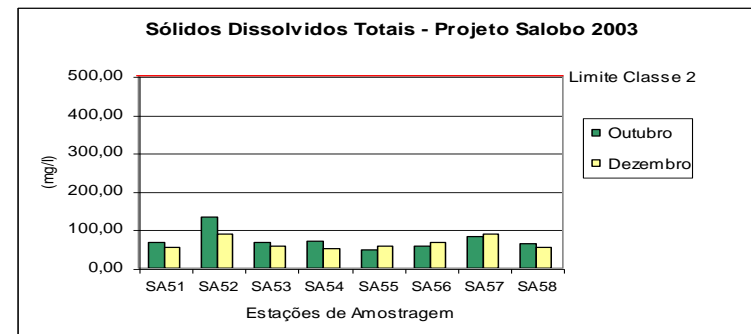


FIGURA 8.1.32 – Variação temporal de Sólidos Dissolvidos

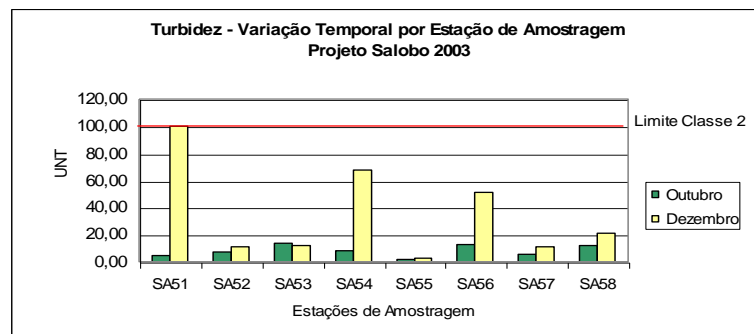


FIGURA 8.1.30 – Variação temporal da Turbidez

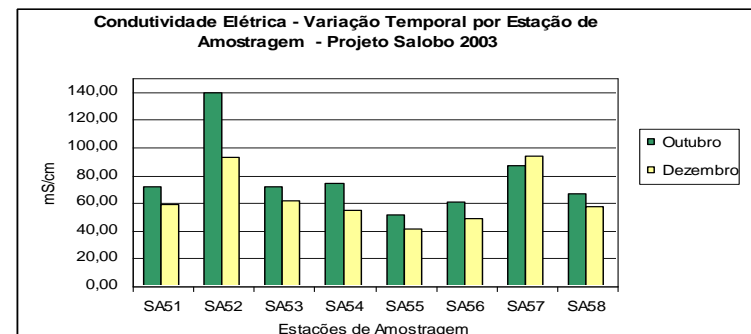


FIGURA 8.1.33 – Variação temporal de Condutividade Elétrica

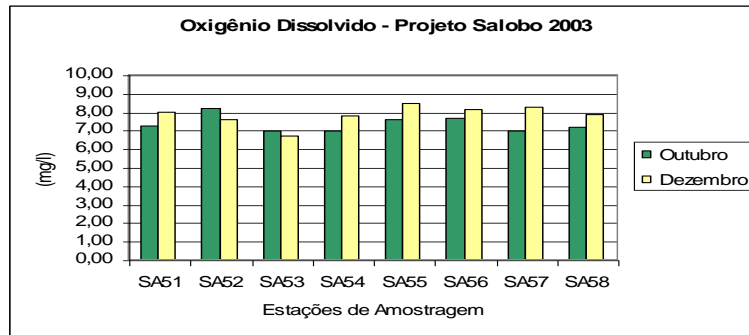


FIGURA 8.1.34 – Variação temporal de Oxigênio Dissolvido

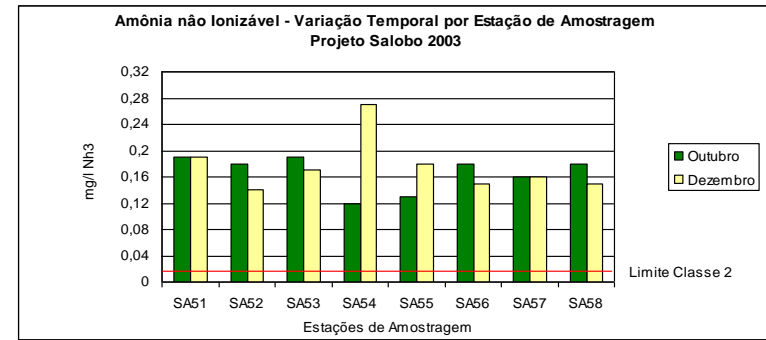


FIGURA 8.1.37 – Variação temporal de Amônia não ionizável

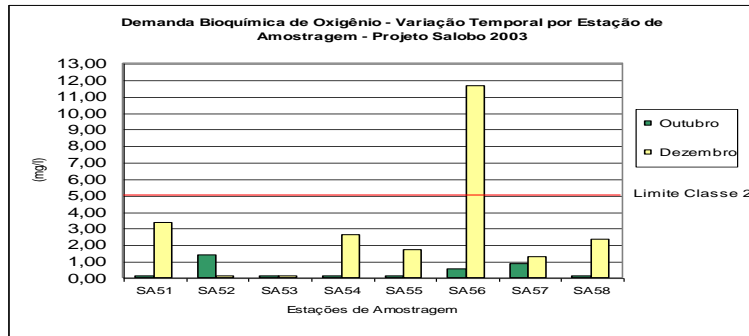


FIGURA 8.1.35 – Variação temporal de DBO

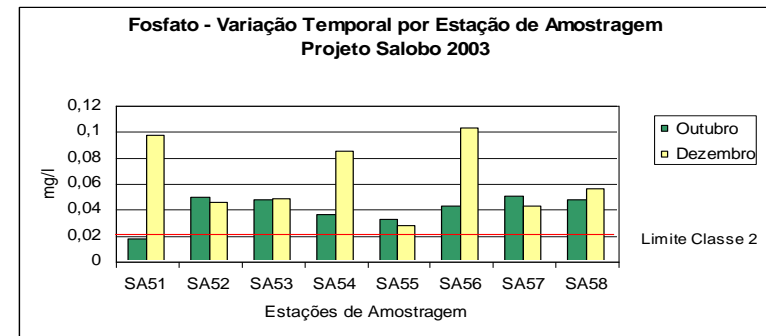


FIGURA 8.1.38 – Variação temporal de Fosfato

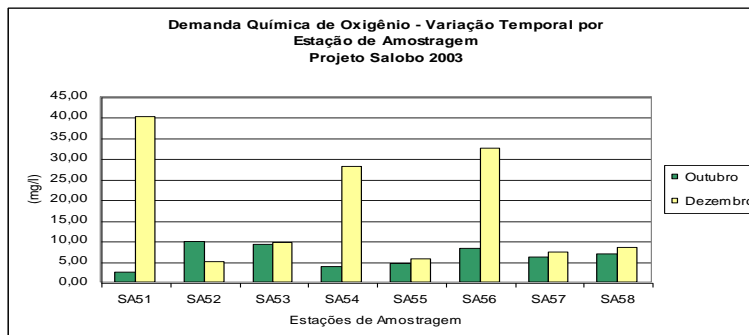


FIGURA 8.1.36 – Variação temporal de DQO

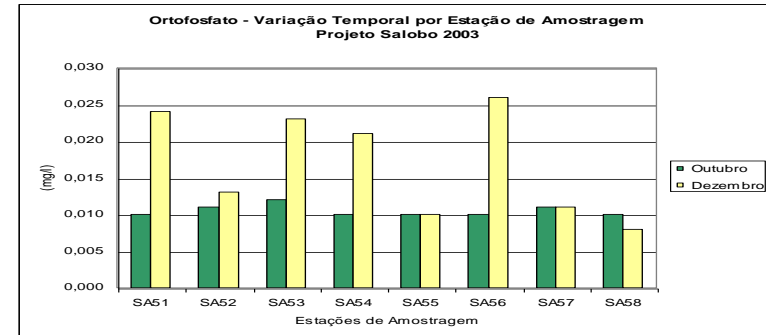


FIGURA 8.1.39 – Variação temporal de Ortofosfato

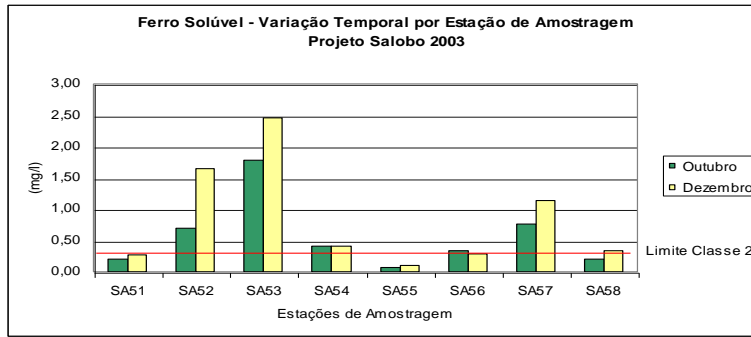


FIGURA 8.1.40 – Variação temporal de Ferro Solúvel

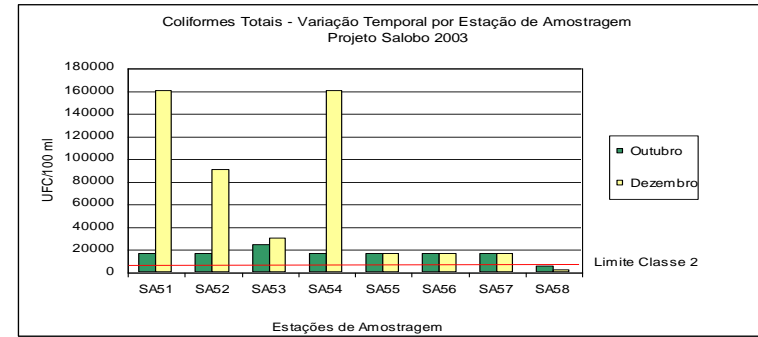


FIGURA 8.1.43 – Variação temporal de Coliformes Totais

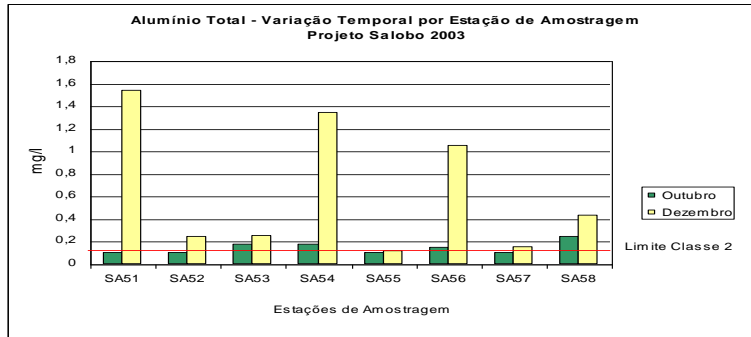


FIGURA 8.1.41 – Variação temporal de Alumínio Total

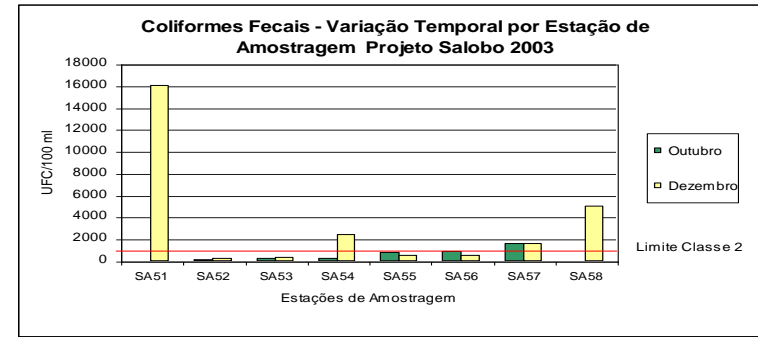


FIGURA 8.1.44 – Variação temporal de Coliformes Fecais

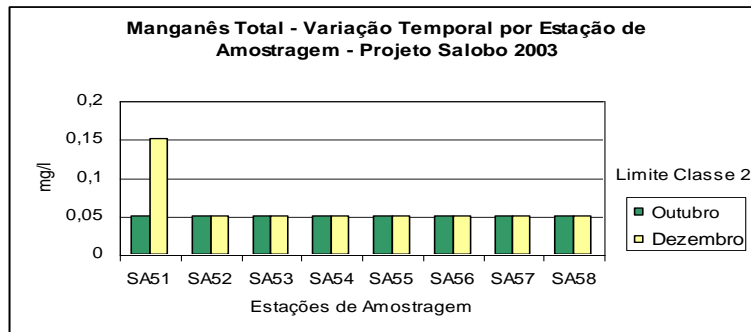


FIGURA 8.1.42 – Variação temporal de Manganês Total

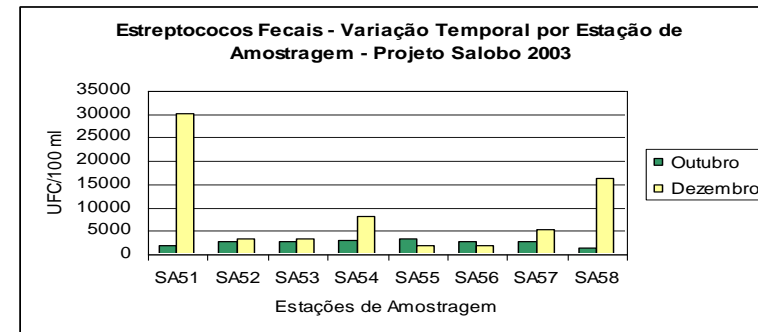


FIGURA 8.1.45 – Variação temporal de Estreptococos Fecais

Quanto ao **Manganês total** (Figura 8.1.42), à exceção da estação SA51, no igarapé Mirim, que apresentou um aumento significativo na amostra coletada em dezembro, as demais amostras mantiveram os mesmos valores nas duas campanhas.

Com relação aos resultados das **análises bacteriológicas**, não foram observadas interferências significativas das chuvas nos resultados encontrados, uma vez que eles variaram pouco nos dois períodos de análise, na maioria das estações de amostragem.

Observou-se que os valores registrados de **coliformes totais** (Figura 8.1.43) estiveram acima do padrão estabelecido para águas de Classe 2 em todas as amostras. Entretanto, com exceção das estações do igarapé Benjolo (SA57), nos dois períodos amostrados, e do igarapé Mirim (SA52), do igarapé Salobo (SA54) e da Lagoa do igarapé Salobo (SA58), em dezembro de 2003, todos os resultados analisados apresentaram valores de **coliformes fecais** dentro dos padrões estabelecidos para essa classe de uso (Figura 8.1.44). Em dois locais pesquisados, o igarapé Mirim (SA51) e a lagoa do Igarapé Salobo (SA58), os coliformes fecais não foram detectados na campanha de outubro de 2003.

Considerando-se o valor obtido pela **razão entre coliformes fecais e estreptococos fecais** (Figura 8.1.45), menor que 1, conclui-se que a origem desta contaminação, nos locais em que foram registrados esses altos valores, não é de origem humana. Os resultados bacteriológicos encontrados indicam, de maneira geral, que a área de estudo possui baixa ou nenhuma contaminação fecal humana ou de qualquer outro animal de sangue quente, na grande maioria dos locais de amostragem.

#### **8.1.8.4 A Qualidade das Águas na Área da Rodovia e da Linha de Transmissão**

As áreas previstas para inserção da futura linha de transmissão e da estrada de acesso à Unidade Minerária do Projeto Salobo interceptam vários cursos de água.

Dentre esses, apenas o trecho de jusante do rio Itacaiúnas, o Córrego Geladinho e a barragem do Gelado foram estudados por BRANDT (1998 e 2003), no seu programa de monitoramento limnológico e da qualidade das águas superficiais, realizado para o Projeto Salobo.

Esses resultados indicam que as águas pesquisadas possuem características similares às águas encontradas na área da mineração. De um modo geral, essas águas apresentam boa qualidade, sendo que a maioria dos parâmetros analisados está dentro dos padrões estabelecidos para águas de Classe 2.

No rio Itacaiúnas, os parâmetros coliformes totais e fecais, turbidez, cor, óleos e graxas, nitratos, ferro solúvel, fosfato total, níquel total, cobre total e manganês total se apresentaram em desconformidade com o padrão estabelecido para a Classe 2. A maioria desses excessos ocorreu no período chuvoso. Nessa ocasião, ocorre o carreamento de sedimentos e resíduos aos cursos de água, provocando o aumento da turbidez, interferindo na qualidade de suas águas.

Na barragem do Gelado, os parâmetros em desacordo com a legislação foram pH, amônia, fosfato total e manganês total. Já no córrego Geladinho, o pH, a amônia, fosfato total, sulfetos, cobre total, níquel total e manganês total foram os parâmetros que apresentaram concentrações acima do estabelecido para a Classe 2.

### **8.1.8.5 Considerações Finais**

Comparando-se os valores encontrados nas atuais análises laboratoriais com os de outros autores que pesquisaram a região do Projeto Salobo em estudos anteriores, verifica-se a manutenção das condições de qualidade das águas ao longo das últimas décadas.

Como evidenciado em vários trechos deste relatório, as águas estudadas apresentam características típicas das águas amazônicas em áreas de florestas preservadas e em trechos de cabeceiras de rios. Ou seja, são águas bem oxigenadas, oligotróficas e com uma biota aquática diversificada, mas pouco abundante. Existem indícios de presença de materiais húmicos, provenientes da degradação de material vegetal da floresta. Entretanto, eles são pouco evidentes se comparados a outros ambientes hídricos amazônicos, que apresentam cor e acidez muito mais expressivas do que as encontradas na área da Unidade Minerária do Projeto Salobo.

Ainda que pouco significativas, foram verificadas algumas diferenças entre as condicionantes aquáticas estudadas em corpos de água lóticos (rios) e lênticos (lagoas), que ainda não foram mencionadas, posto que deverão ser confirmadas durante o decorrer do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade das Águas Superficiais a ser proposto ao final destes estudos.

Da mesma forma, ainda é prematura uma discussão sobre os efeitos da presença de atividades humanas na área, tais como os resíduos gerados pelo Acampamento 3 Alfa e pela planta piloto operada pelo Projeto Salobo, entre 1985 e 1990, uma vez que os dados ainda são insuficientes.

A rede de amostragem e os parâmetros de análise foram reavaliados após a obtenção dos resultados da 2ª amostragem, realizada no mês de dezembro, e mediante a consolidação do arranjo geral do projeto de mineração. Os resultados dessa reavaliação estarão consolidados no Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade das Águas Superficiais supracitado.

Essa estratégia foi adotada visando ajustar a concepção e operacionalização do Programa de Monitoramento ao seu principal objetivo, qual seja, fornecer subsídios ao controle contínuo da qualidade ambiental da área a ser afetada pela implantação e operação do Projeto Salobo.

### **8.1.9 Qualidade das Águas Subterrâneas**

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas visa avaliar sua composição iônica comparativamente ao ambiente aquífero investigado e às possíveis associações mineralógicas que possam corresponder às zonas aquíferas atravessadas nos diversos poços de monitoramento amostrados, no sentido de se caracterizar os domínios aquíferos no entorno da área da mina do Salobo, quanto à composição majoritária das águas subterrâneas no local.

Visa, ainda, diagnosticar sua qualidade natural, considerando-se ainda não ter havido intervenções significativas que possam ter alterado suas características originais. Os laudos laboratoriais, apresentando os resultados das análises das amostras coletadas nas duas primeiras campanhas, estão apresentados no Anexo IX deste relatório.

### 8.1.9.1 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, foram definidos, os locais favoráveis ao estabelecimento de uma rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, selecionando-se 11 pontos de amostragem, para a realização de 4 campanhas trimestrais. Foram considerados, nessa seleção, pontos de interesse para a caracterização hidroquímica e de risco potencial à poluição dos aquíferos.

A seleção dos pontos de amostragem condicionou-se à existência de dispositivos necessários para coleta das águas subterrâneas, tais como poços piezométricos. Em vista desse fator limitante, uma vez que algumas bacias estudadas não dispunham de tais dispositivos, foram selecionados os poços de monitoramento já instalados e nascentes de fácil acesso para a equipe de coleta.

Visto que a maior concentração de dispositivos localizava-se na área da futura cava, optou-se por tentar reconhecer as possíveis variações que porventura houvesse na assinatura hidroquímicas das águas, dado o condicionamento verticalizado dos corpos de rochas na área da futura lavra.

Duas campanhas de amostragem foram realizadas até o momento de elaboração desse documento, sendo a primeira em outubro e a segunda em dezembro de 2003. A descrição dos pontos de amostragem encontra-se no Quadro 8.1.30, a seguir, e a distribuição espacial desses pontos pode ser visualizada na Figura 8.1.46.

**QUADRO 8.1.30**

#### Rede de Amostragem de Qualidade das Águas Subterrâneas

| Pontos de Amostragem | Descrição              | Nível de água (m) | Prof. (m) | Diâm. (poleg) | Bacia Hidrográfica | Coordenadas UTM |         |
|----------------------|------------------------|-------------------|-----------|---------------|--------------------|-----------------|---------|
|                      |                        |                   |           |               |                    | N               | E       |
| Ponto 1              | Nascente               | -                 | 0         | --            | Ig. Salobo         | 9.359.212       | 552.883 |
| Ponto 2              | Cabeceira              | -                 | 0         | --            | Ig. Mirim/Maura    | 9.363.372       | 553.233 |
| Ponto 3              | Nascente               | -                 | 0         | --            | Ig. Mirim          | 9.360.456       | 556.135 |
| Ponto 4              | Cabeceira              | -                 | 0         | --            | Ig. Mirim/Magali   | 9.364.273       | 554.138 |
| Ponto 5              | FM-08                  | jorrante          | 600       | 2             | Ig. Salobo         | 9.360.325       | 551.681 |
| Ponto 6              | PZ-01 B                | jorrante          | 100       | 2             | Ig. Salobo         | 9.360.499       | 551.760 |
| Ponto 7              | PZ-04 B                | 55,26             | 100       | 2             | Ig. Salobo         | 9.359.862       | 551.572 |
| Ponto 8              | PB-01                  | ~25,00            | 150       | 6             | Ig. Salobo         | 9.360.167       | 551.680 |
| Ponto 9              | PZ-07 B                | 95,65             | 100       | 2             | Ig. Salobo         | 9.359.507       | 551.498 |
| Ponto 10             | PZ-05B                 | 9,86              | 100       | 2             | Ig. Salobo         | 9.360.354       | 551.046 |
| Ponto 11             | VT-12<br>Montante 100m | --                | --        | --            | Ig. Salobo         | 9.361.215       | 549.908 |

Nascente – local onde exuda a água no terreno;

Cabeceira – local a jusante da nascente onde já há escoamento de água;

PZ – piezômetro

PB – poço de bombeamento

FM – furo de sondagem revestido para monitoramento

VT – ponto de coleta 50m a montante do vertedouro instalado para medição de vazão da drenagem

No Quadro 8.1.31, apresentado a seguir, encontram-se os parâmetros, métodos analíticos, limites de detecção e instrumentos indicados para a realização das análises laboratoriais.

INSERIR FIGURA 8.1.46 – REDE DE AMOSTRAGEM DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

**QUADRO 8.1.31****Parâmetros e Métodos de Análises Laboratoriais**

| Parâmetro                 | Método analítico              | Limite de detecção                              |
|---------------------------|-------------------------------|---|
| pH campo                  | SMEWW                         | 0,01  |
| pH laboratório            | SMEWW                         | 0,01  |
| Cor                       | SMEWW 2120                    | 1,00  |
| Condutividade elétrica    | SMEWW 2510 B                  | 0,01 $\mu\text{S}/\text{cm}$                    |
| Turbidez                  | SMEWW 2130                    | 0,01 UNT  |
| Bicarbonatos/Alcalinidade | SMEWW 2320                    | 0,5 mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$                 |
| Cálcio                    | SMEWW 2340                    | 0,20 mg/L                                       |
| Magnésio                  | SMEWW 3500 Mg                 | 0,10 mg/L                                       |
| Nitratos                  | SMEWW 4500 $\text{NO}_3^-$    | 0,01 mg N/L ou 0,05 mg $\text{NO}_3^-/\text{L}$ |
| Cloretos                  | SMEWW 4500- $\text{Cl}^-$ C   | 0,25 mg/L                                       |
| Fluoretos                 | SMEWW 4500-F D                | 0,05 mg/L                                       |
| Fosfato total             | SMEWW 4500 P                  | 0,010 mg P/L                                    |
| Ferro solúvel             | SMEWW 3500 Fe                 | 0,05 mg/L                                       |
| Manganês                  | SMEWW 3500 Mn                 | 0,05 mg/L                                       |
| Cobre                     | SMEWW 3500 Cu                 | 0,02 mg/L                                       |
| Potássio                  | SMEWW 3500 K                  | 0,10 mg/L                                       |
| Sódio                     | SMEWW 3500 Na                 | 0,10 mg/L                                       |
| Sulfatos                  | SMEWW 4500 $\text{SO}_4^{2-}$ | 1,00 mg/L                                       |

Obs: SMEWW – *Standard Methods for Examination the Water and Wastewater*, 20<sup>a</sup> Ed, 1998

Os procedimentos adotados na coleta de água nos poços piezométricos e de bombeamento seguiram as recomendações da Sanear Engenharia Sanitária, laboratório responsável pela coleta e análise das amostras, em observância à norma NBR-13.895 (ABNT, 1997).

As amostras foram analisadas em laboratório, conforme métodos da *Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater*, 20<sup>a</sup> Ed. Os limites de detecção podem variar dependendo do tipo de amostra, devido a interferências durante a coleta. Se a amostra tiver sido diluída ou concentrada, o limite é alterado, dependendo do valor da diluição ou concentração.

Por fim foi elaborada a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas, com base nos resultados das duas campanhas de amostragens realizadas.

### 8.1.9.2 A Qualidade das Águas Subterrâneas da Área de Estudo da Unidade Minerária

Em linhas gerais, os resultados encontrados para todos os pontos não diferem muito entre si, tanto espacial, como temporalmente. Os valores estatísticos máximos, médios e mínimos, apontados no Quadro 8.1.32, demonstram não haver grandes heterogeneidades.

No que se refere aos máximos valores permitidos na legislação, cabendo ressaltar a não existência de uma legislação específica que trate dos teores máximos aceitáveis para as águas subterrâneas, adotou-se, de forma comparativa, os valores citados em CONAMA 020/86, para usos da água na Classe 2.



**QUADRO 8.1.32****Resultados das Análises Laboratoriais das duas Campanhas de Amostragens**

| Parâmetro                        | Unidade | 1a. Campanha |              |              | 2a. Campanha |              |              | Padrão Classe 2<br>CONAMA 020/86 |
|----------------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|
|                                  |         | Min          | Max          | Med          | Min          | Max          | Med          |                                  |
| pH <i>in loco</i>                | - -     | <b>5,4</b>   | 7,98         | 7,10         | 5,18         | 7,99         | 7,06         | 6,0 a 9,0                        |
| Condutividade Elétrica           | µmS/cm  | 37,92        | 331,58       | 152,22       | 49,23        | 393,00       | 162,28       | -                                |
| Alcalinidade Total em            | mg/L    | 14,57        | 160,80       | 68,59        | 15,40        | 165,70       | 73,06        | -                                |
| Bicarbonatos em HCO <sub>3</sub> | mg/L    | 9,81         | 196,18       | 83,68        | 18,79        | 202,15       | 89,14        | -                                |
| Cálcio                           | mg/L    | 2,20         | 29,20        | 14,15        | 3,01         | 46,14        | 16,15        | -                                |
| Magnésio                         | mg/L    | 0,85         | 12,15        | 6,70         | 2,44         | 18,28        | 7,98         | -                                |
| Nitratos (em N)                  | mg/L    | <0,01        | 0,84         | 0,20         | <0,01        | 0,63         | 0,14         | 10,0                             |
| Cloretos                         | mg/L    | 3,76         | 13,29        | 7,50         | 3,03         | 13,13        | 7,50         | 250                              |
| Fluoretos                        | mg/L    | <0,05        | 1,19         | 0,38         | <0,05        | 1,27         | 0,47         | 1,4                              |
| Fosfato Total (em P)             | mg/L    | <0,010       | <b>0,074</b> | <b>0,030</b> | 0,024        | <b>0,217</b> | <b>0,074</b> | 0,025                            |
| Ferro Solúvel                    | mg/L    | <0,05        | <b>0,52</b>  | 0,16         | <0,05        | <b>2,55</b>  | <b>0,42</b>  | 0,3                              |
| Manganês Solúvel                 | mg/L    | <0,05        | <b>0,16</b>  | 0,07         | <0,05        | <b>0,35</b>  | <b>0,12</b>  | 0,1                              |
| Cobre Solúvel                    | mg/L    | <0,02        | <b>1,09</b>  | 0,17         | <0,02        | <b>0,62</b>  | <b>0,08</b>  | 0,02                             |
| Potássio Solúvel                 | mg/L    | 1,19         | 5,65         | 2,71         | 2,14         | 6,78         | 3,22         | -                                |
| Sódio Solúvel                    | mg/L    | 1,83         | 12,23        | 5,83         | 2,32         | 10,40        | 5,62         | -                                |
| Sulfatos                         | mg/L    | <1,00        | 2,22         | 1,16         | <1,00        | 18,62        | 5,67         | 250,0                            |

Obs: Os valores em destaque representam os que estão em inconformidade com o padrão CONAMA 020/86

Verifica-se que, apenas os elementos Fosfato, Ferro, Manganês, Cobre e pH ultrapassaram os limites apontados na legislação, o que de certa forma corrobora os indicativos de mineralização do ambiente aquífero investigado.

O parâmetro **pH** esteve fora dos limites nos pontos 7 e 9 na primeira campanha, e novamente no ponto 7 na segunda campanha, uma vez que o ponto 9 não foi amostrado na segunda campanha.

Para o **Fosfato total**, quase todos os pontos apresentaram-se acima dos limites estabelecidos, à exceção dos pontos 1, 2, 5, 6 e 7 na primeira campanha e apenas o ponto 7 na segunda campanha. Deve-se considerar, ainda, a concentração bem mais elevada que os demais nos pontos 2 e 4, que são de águas de cabeceiras de drenagem.

O elemento **Ferro solúvel** esteve acima dos limites nas duas campanhas de amostragem, sendo nos pontos 4 e 8 na primeira e nos pontos 3, 4 e 8 na segunda. Já o elemento **Manganês**, mostrou-se acima dos padrões nos pontos 5 e 10, na primeira campanha, e nos pontos 5, 7, 8 e 10, na segunda campanha.

O elemento **Cobre solúvel** também apresentou-se superior aos limites aceitáveis, tendo sido no ponto 7 para as duas campanhas, com teores cerca de até 55 vezes acima, e no ponto 9 na primeira campanha, com cerca de até 31 vezes o limite.

Os demais parâmetros analisados não mostraram evidências de alteração significativa ao longo dessas duas primeiras campanhas. A síntese dos resultados laboratoriais é apresentada nos Quadros 8.1.33 e 8.1.34, cujos teores dos elementos amostrados permitiram a elaboração dos comentários em questão. Cumpre ressaltar que a lista de parâmetros sugeridos para análise buscou apenas a conhecimento dos teores dos elementos maiores, para a identificação de alguma tendência de concentração localizada, diante da variação espacial das amostragens, tendo ficado clara uma maior concentração nos Pontos 7 e 9, para os metais, principalmente.

As Figuras 8.1.47 a 8.1.62, apresentadas em seqüência, apresentam a variação temporal encontrada nos pontos de amostragem para os parâmetros analisados. No Anexo IX encontram-se os gráficos de avaliação, segundo Schoeller e Stiff, em termos médios dos teores obtidos nas duas campanhas.

**QUADRO 8.1.33**  
**Resultados das Análises Físico-Químicas Relativas à Primeira Campanha de Amostragem - Outubro/2003**

| Parâmetro                               | Unidade | Padrão Classe 2 | Pontos de Coleta |       |              |              |             |        |             |              |              |              |              |
|---|---------|-----------------|------------------|-------|--------------|--------------|-------------|--------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   |         |                 | 01               | 02    | 03           | 04           | 05          | 06     | 07          | 08           | 09           | 10           | 11           |
| pH <i>in loco</i>                       | --      | 6,0 a 9,0       | 7,14             | 7,33  | 7,73         | 7,78         | 7,18        | 7,98   | <b>5,64</b> | 6,95         | <b>5,4</b>   | 7,57         | 7,35         |
| Condutividade Elétrica                  | µmS/cm  | -               | 106,62           | 52,80 | 134,14       | 178,17       | 225,27      | 259,92 | 80,02       | 157,99       | 37,92        | 331,58       | 109,98       |
| Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub> | mg/L    | -               | 47,24            | 20,85 | 66,33        | 79,90        | 116,58      | 130,65 | 14,57       | 71,86        | 8,04         | 160,80       | 37,69        |
| Bicarbonatos em HCO <sub>3</sub>        | mg/L    | -               | 57,63            | 25,44 | 80,92        | 97,48        | 142,23      | 159,39 | 17,78       | 87,67        | 9,81         | 196,18       | 45,98        |
| Cálcio                                  | mg/L    | -               | 4,80             | 4,00  | 12,40        | 13,60        | 25,60       | 29,20  | 4,40        | 8,80         | 2,20         | 44,00        | 6,60         |
| Magnésio                                | mg/L    | -               | 5,83             | 2,19  | 7,53         | 8,99         | 12,15       | 9,23   | 3,04        | 11,42        | 0,85         | 9,96         | 2,55         |
| Nitratos (em N)                         | mg/L    | 10,0            | 0,43             | 0,18  | 0,22         | 0,08         | 0,13        | 0,06   | 0,84        | 0,04         | 0,13         | <0,01        | 0,09         |
| Cloretos                                | mg/L    | 250             | 6,02             | 3,76  | 6,77         | 3,76         | 7,78        | 7,27   | 13,29       | 8,03         | 5,52         | 11,04        | 9,28         |
| Fluoretos                               | mg/L    | 1,4             | <0,05            | <0,05 | <0,05        | 0,17         | 1,19        | 1,15   | 0,30        | 0,37         | <0,05        | 0,79         | <0,05        |
| Fosfato Total (em P)                    | mg/L    | 0,025           | 0,019            | 0,024 | <b>0,033</b> | <b>0,029</b> | <0,010      | <0,010 | 0,015       | <b>0,040</b> | <b>0,074</b> | <b>0,035</b> | <b>0,038</b> |
| Ferro Solúvel                           | mg/L    | 0,3             | 0,20             | 0,24  | <0,05        | <b>0,52</b>  | <0,05       | <0,05  | <0,05       | <b>0,41</b>  | 0,09         | <0,05        | 0,09         |
| Manganês Solúvel                        | mg/L    | 0,1             | <0,05            | <0,05 | <0,05        | <0,05        | <b>0,11</b> | <0,05  | <0,05       | <0,05        | 0,06         | <b>0,16</b>  | <0,05        |
| Cobre Solúvel                           | mg/L    | 0,02            | <0,02            | <0,02 | <0,02        | <0,02        | <0,02       | <0,02  | <b>0,57</b> | <0,02        | <b>1,09</b>  | <0,02        | <0,02        |
| Potássio Solúvel                        | mg/L    | -               | 2,13             | 1,72  | 1,19         | 2,26         | 3,17        | 2,73   | 5,65        | 2,92         | 1,95         | 3,64         | 2,45         |
| Sódio Solúvel                           | mg/L    | -               | 7,54             | 2,69  | 4,41         | 4,71         | 8,45        | 12,23  | 3,38        | 3,42         | 1,83         | 6,77         | 8,75         |
| Sulfatos                                | mg/L    | 250,0           | <1,00            | <1,00 | <1,00        | <1,00        | 2,22        | <1,00  | 1,57        | <1,00        | <1,00        | <1,00        | <1,00        |

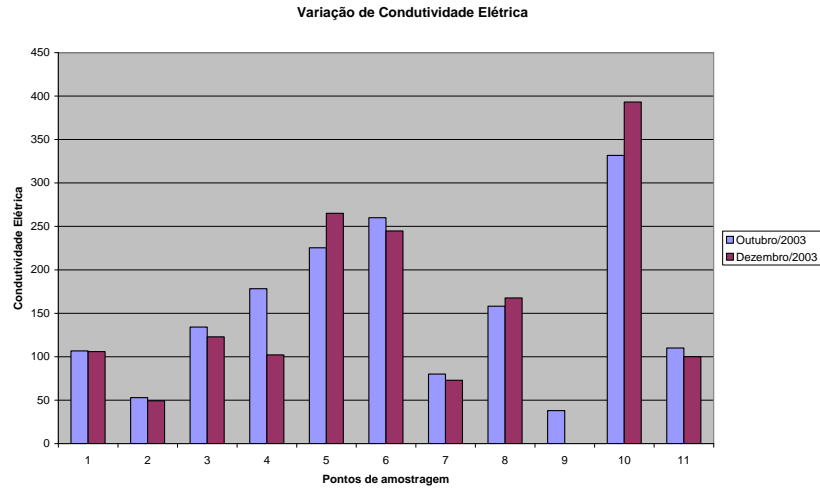
Fonte: Sanear Engenharia Ambiental, 12/2003

**QUADRO 8.1.34**  
**Resultados das Análises Físico-Químicas Relativas à Segunda Campanha de Amostragem - Dezembro/2003**

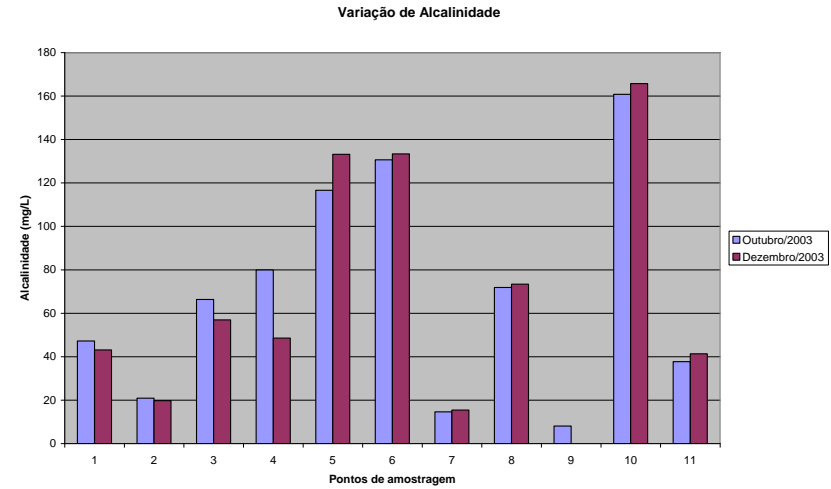
| Parâmetro                               | Unidade | Padrão Classe 2 | Pontos de Coleta |              |              |              |              |              |             |              |    |              |              |
|---|---------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----|--------------|--------------|
|   |         |                 | 01               | 02           | 03           | 04           | 05           | 06           | 07          | 08           | 09 | 10           | 11           |
| pH <i>in loco</i>                       | --      | 6,0 a 9,0       | 6,88             | 6,91         | 7,48         | 7,29         | 7,30         | 7,75         | <b>5,18</b> | 6,70         | -  | 7,99         | 7,08         |
| Condutividade Elétrica                  | µmS/cm  | -               | 105,81           | 49,23        | 122,83       | 102,02       | 265,02       | 244,63       | 72,88       | 167,49       | -  | 393,00       | 99,89        |
| Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub> | mg/L    | -               | 43,09            | 19,75        | 56,95        | 48,55        | 133,13       | 133,38       | 15,40       | 73,36        | -  | 165,70       | 41,30        |
| Bicarbonatos em HCO <sub>3</sub>        | mg/L    | -               | 52,57            | 24,10        | 69,48        | 59,23        | 162,42       | 162,72       | 18,79       | 89,50        | -  | 202,15       | 50,39        |
| Cálcio                                  | mg/L    | -               | 4,81             | 3,01         | 12,04        | 10,03        | 30,09        | 32,10        | 3,21        | 12,04        | -  | 46,14        | 8,02         |
| Magnésio                                | mg/L    | -               | 4,87             | 2,80         | 5,85         | 7,31         | 15,84        | 8,53         | 2,93        | 10,97        | -  | 18,28        | 2,44         |
| Nitratos (em N)                         | mg/L    | 10,0            | 0,63             | 0,16         | 0,16         | 0,08         | <0,01        | <0,01        | 0,24        | <0,01        | -  | <0,01        | 0,11         |
| Cloretos                                | mg/L    | 250             | 4,80             | 3,03         | 7,32         | 3,54         | 8,84         | 6,31         | 13,13       | 7,57         | -  | 10,86        | 9,59         |
| Fluoretos                               | mg/L    | 1,4             | 0,14             | <0,05        | <0,05        | 0,41         | 1,27         | 1,17         | 0,30        | 0,41         | -  | 0,82         | <0,05        |
| Fosfato Total (em P)                    | mg/L    | 0,025           | <b>0,089</b>     | <b>0,184</b> | <b>0,045</b> | <b>0,217</b> | <b>0,026</b> | <b>0,029</b> | 0,024       | <b>0,026</b> | -  | <b>0,047</b> | <b>0,057</b> |
| Ferro Solúvel                           | mg/L    | 0,3             | 0,21             | 0,16         | <b>0,36</b>  | <b>0,44</b>  | 0,18         | <0,05        | <0,05       | <b>2,55</b>  | -  | 0,08         | 0,08         |
| Manganês Solúvel                        | mg/L    | 0,1             | <0,05            | <0,05        | <0,05        | <0,05        | <b>0,13</b>  | <0,05        | <b>0,35</b> | <b>0,16</b>  | -  | <b>0,29</b>  | <0,05        |
| Cobre Solúvel                           | mg/L    | 0,02            | <0,02            | <0,02        | <0,02        | <0,02        | <0,02        | <0,02        | <b>0,62</b> | <0,02        | -  | <0,02        | <0,02        |
| Potássio Solúvel                        | mg/L    | -               | 2,56             | 2,57         | 2,56         | 2,49         | 3,42         | 2,64         | 6,78        | 3,00         | -  | 4,02         | 2,14         |
| Sódio Solúvel                           | mg/L    | -               | 8,45             | 2,32         | 4,89         | 2,94         | 4,08         | 10,40        | 3,45        | 3,82         | -  | 6,33         | 9,53         |
| Sulfatos                                | mg/L    | 250,0           | 6,90             | 2,35         | 4,39         | 9,65         | 2,35         | 3,46         | <1,00       | 6,76         | -  | 18,62        | 1,22         |

Fonte: Sanear Engenharia Ambiental, 02/2004

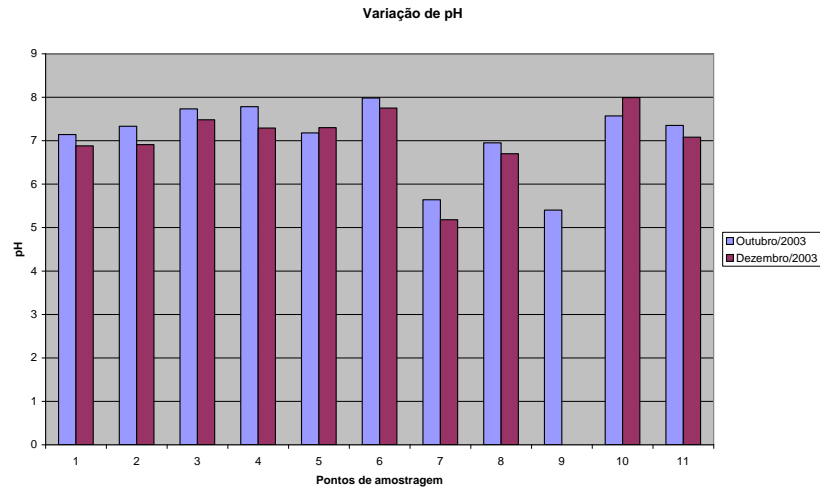
Obs: Os valores em destaque representam os que estão em inconformidade com o padrão Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA 020/86



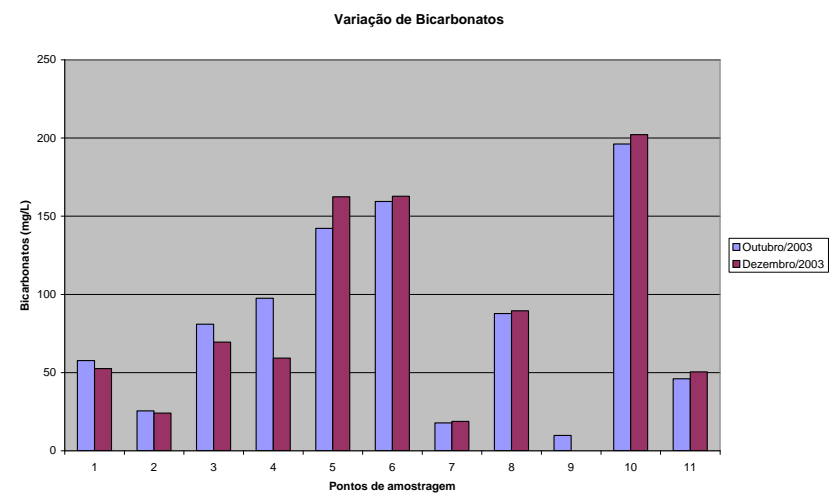
**FIGURA 8.1.47 - Variação temporal de Condutividade Elétrica**



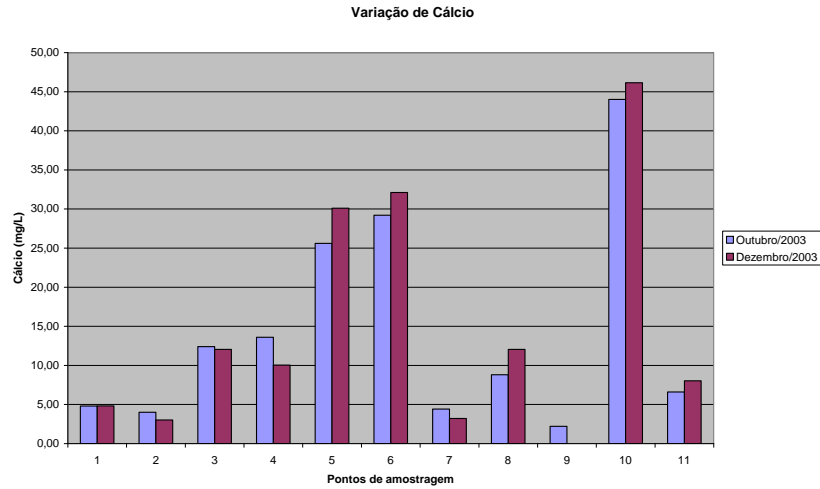
**FIGURA 8.1.49 – Variação Temporal de Alcalinidade**



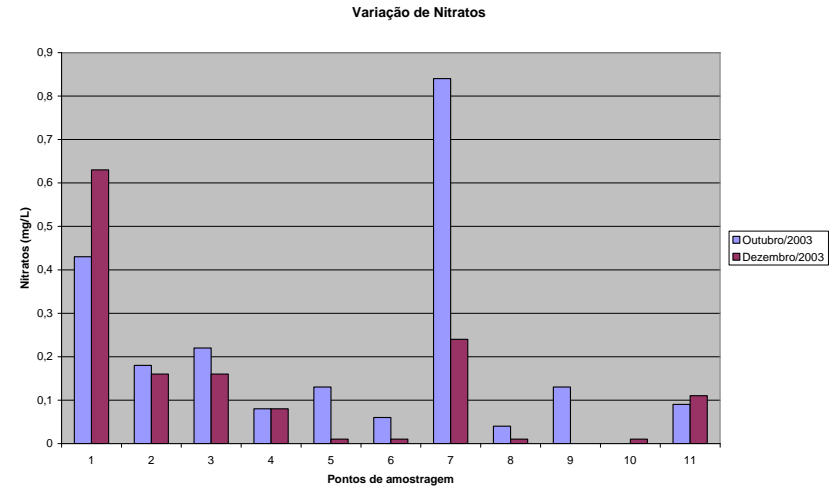
**FIGURA 8.1.48 – Variação Temporal de pH**



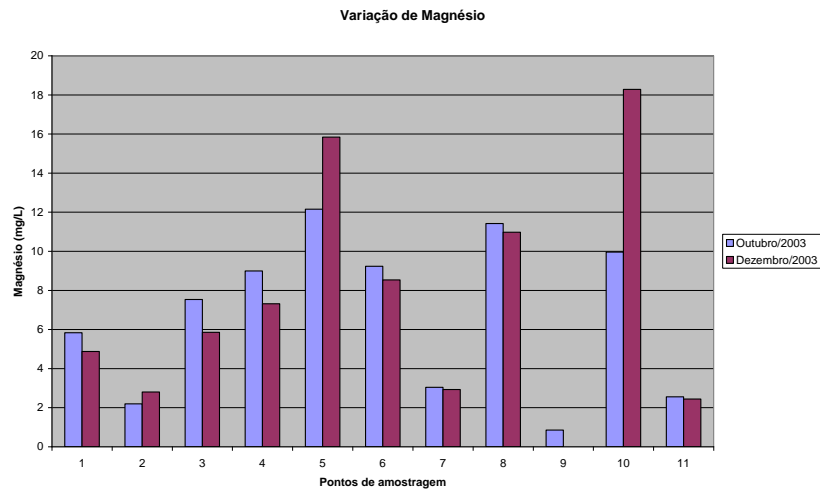
**FIGURA 8.1.50 – Variação Temporal de Bicarbonatos**



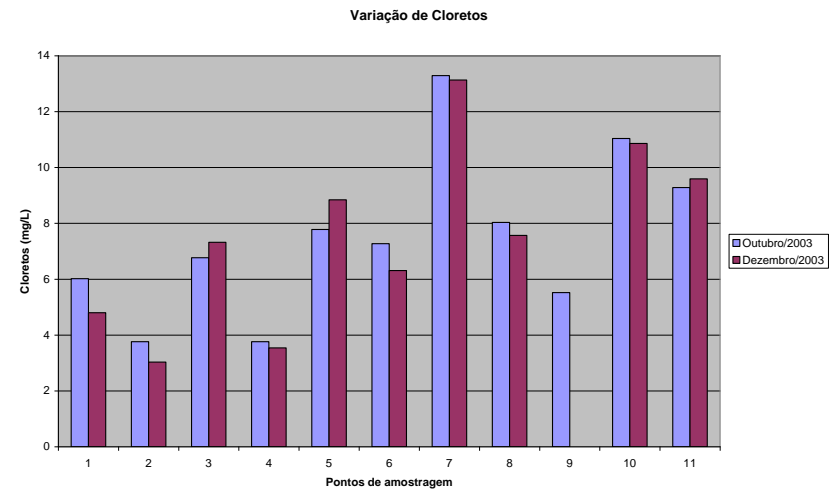
**FIGURA 8.151 – Variação temporal de Calcio**



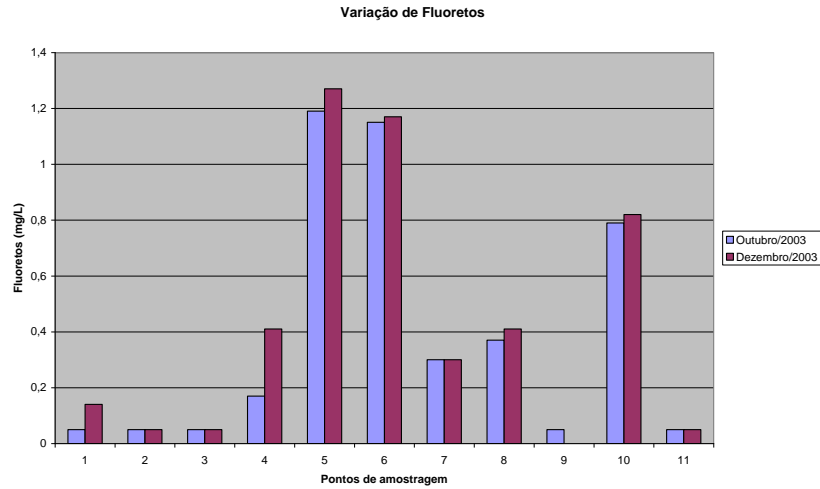
**FIGURA 8.153 – Variação Temporal de Nitrato**



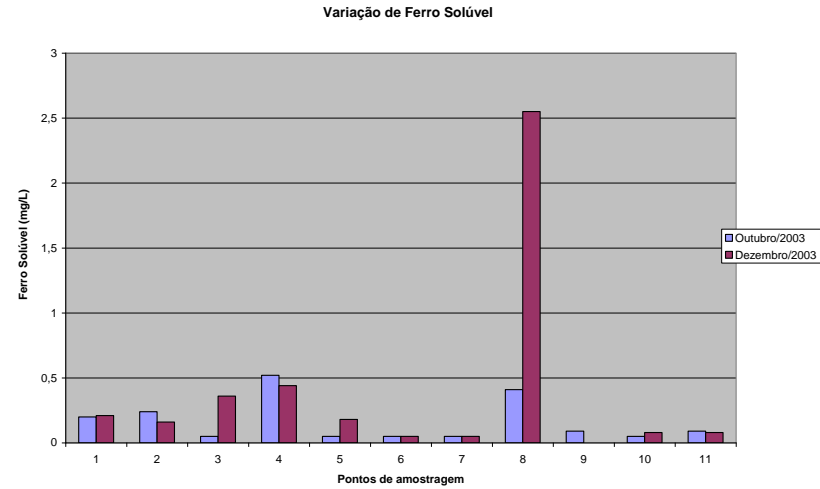
**FIGURA 8.152 – Variação Temporal de Magnésio**



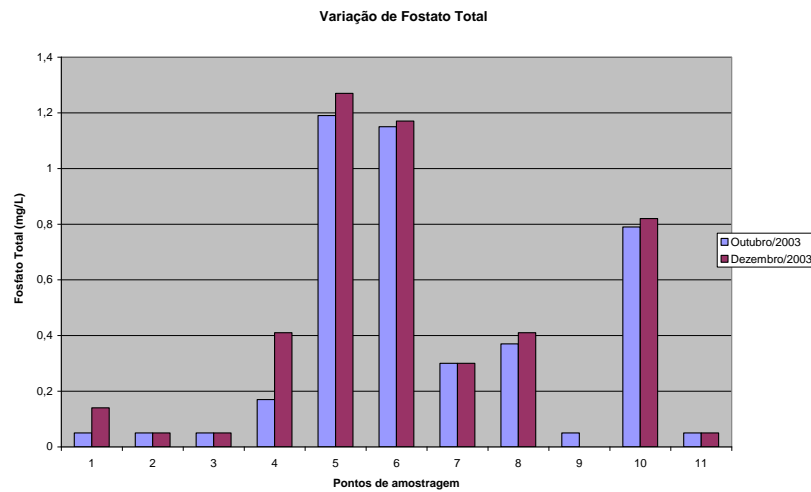
**FIGURA 8.154 – Variação Temporal de Cloretos**



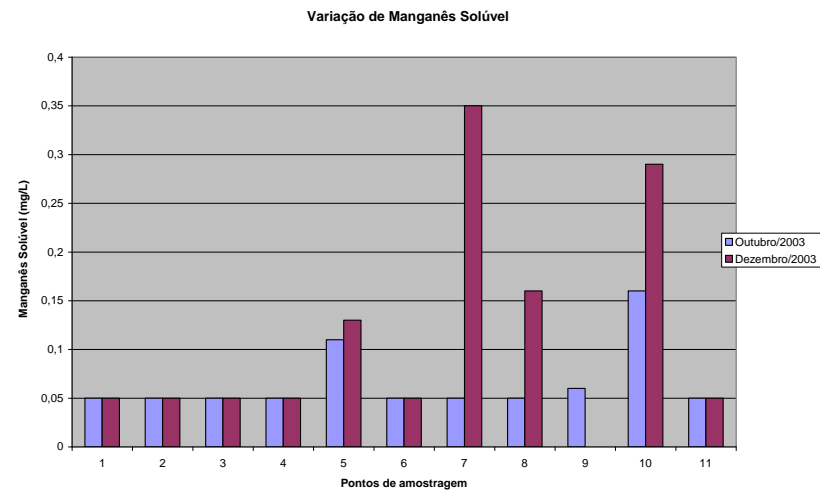
**FIGURA 8.155 – Variação Temporal de Fluoretos**



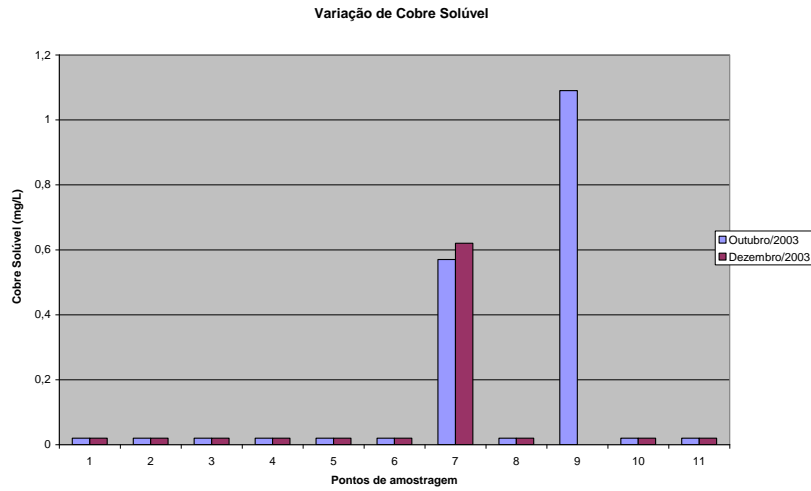
**FIGURA 8.157 – Variação Temporal de Ferro Solúvel**



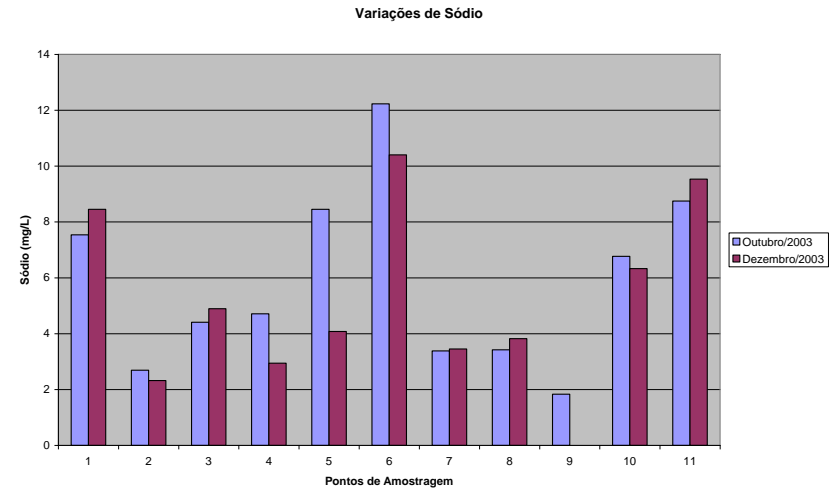
**FIGURA 8.156 – Variação Temporal de Fostato Total**



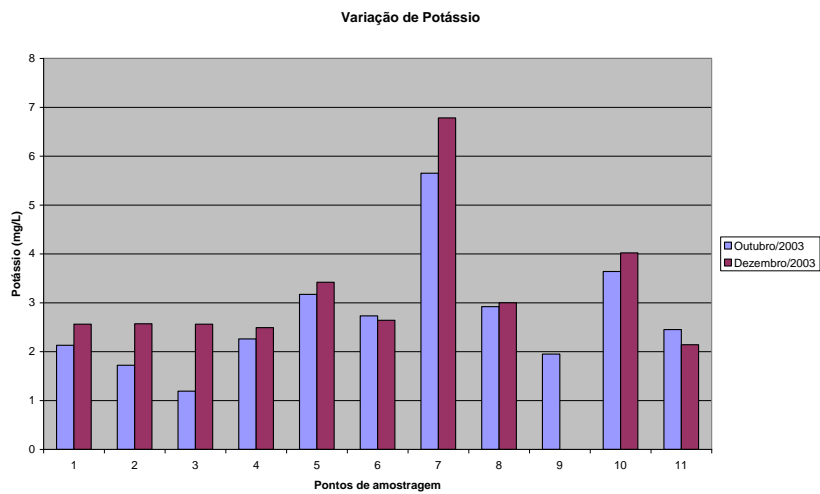
**FIGURA 8.158 – Variação Temporal de Manganês Solúvel**



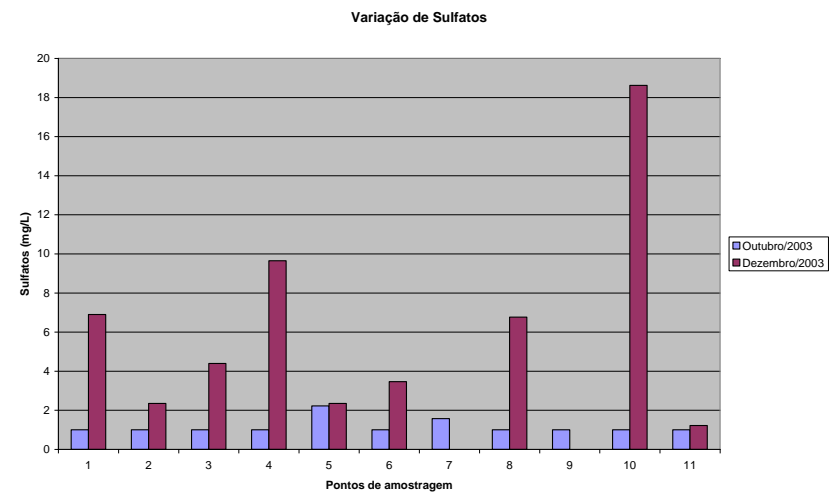
**FIGURA 8.1.59 – Variação Temporal de Cobre Solúvel**



**FIGURA 8.1.61 – Variação Temporal de Sódio**



**FIGURA 8.1.60 – Variação Temporal de Potássio**



**FIGURA 8.1.62 – Variação Temporal de Sulfatos**

### 8.1.10 Avaliação Acústica

Os estudos acústicos aqui desenvolvidos apresentam os resultados e análise do levantamento dos Níveis de Ruído de Fundo medidos na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo.

A realização desse estudo objetivou o estabelecimento do *background* da área de inserção do empreendimento no que se refere à dinâmica sonora no ambiente atualmente caracterizado, predominantemente pela manifestação de ruídos de fontes naturais.

#### 8.1.10.1 Procedimentos Metodológicos

O levantamento dos níveis de ruído foi elaborado em conformidade com as Normas Técnicas da ABNT, NBR 10151, “Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento”, publicada em Junho de 2000, e NBR-7731 “Guia Para a Execução de Serviços de Medição de Ruído Aéreo e Avaliação de Seus Efeitos Sobre o Homem”.

O trabalho foi realizado com uma leitura sistemática dos níveis de pressão sonora de *background* incidentes em seis pontos de medição, durante os períodos diurno e noturno.

Os pontos de amostragem apresentados na Figura 8.1.63 foram determinados em locais potencialmente sensíveis à ruídos, no interior da futura área de exploração, moradias e escritórios de administração, compondo uma rede de amostragem com as seguintes características:

- Ponto de Medição 1: mirante, localizado no alto do morro do Salobo;
- Ponto de Medição 2: área de localização da futura planta de beneficiamento de minério;
- Ponto de Medição 3: área destinada à construção de residências de funcionários;
- Ponto de Medição 4: área destinada à construção de alojamentos de empreiteiras;
- Ponto de Medição 5: cava, local de futura exploração de minério;
- Ponto de Medição 6: acampamento 3 Alfa.

INSERIR FIGURA 8.1.63 – REDE DE AMOSTRAGEM AVALIAÇÃO ACÚSTICA



Toda a Rede de Amostragem foi visitada durante o período diurno. Os Pontos de Medição 3, 4 e 6, localizados em áreas destinadas a Residências, Alojamento e no Acampamento 3 Alfa foram, também, visitados no período noturno.

O monitoramento sonoro ocorreu de forma contínua em cada ponto de medição, durante aproximadamente vinte minutos durante o dia e dez minutos à noite, utilizando a taxa de 2 amostras/seg.

As medições foram efetuadas, nos dias 01 e 02 de novembro de 2003, em horários de menor nível de atividades nas áreas selecionadas para medição. As condições do tempo foram consideradas boas, com pequena presença de ventos, que não interferiram nas medições, e ausência de chuva ou outras fontes externas, estranhas ao ruído ambiental.

O equipamento utilizado no levantamento foi composto por um Medidor de Nível de Som, de marca Elma, devidamente calibrado por sinal acústico de 114 dB / 1000 Hz.

Os dados mensurados pelo aparelho foram gravados em computador, pelo programa “*Sound Level Meter*” dedicado ao aparelho e devidamente configurado para a monitoração contínua.

Os Níveis de Pressão Sonora foram medidos em decibéis, dB, utilizando-se a Curva de Ponderação A, dB(A), cuja referência é : 0 dB(A) = 20  $\mu$  Pa , onde:

$$\begin{aligned} \text{dBA} &= \text{Nível de som} \\ \text{Pa} &= \text{Pressão sonora} \end{aligned}$$

Os resultados obtidos possibilitaram avaliações por intermédio dos seguintes procedimentos estatísticos:

- a) Histograma Probabilístico: apresenta a distribuição do ruído, medido em um determinado ponto, em relação ao percentual do tempo medido. Nestes histogramas são destacados a distribuição geral da ocorrência dos níveis de ruído, as classes de maior ocorrência, e o Nível Contínuo Equivalente da amostragem.

$L_{Aeq}$  - Nível Contínuo Equivalente medido em dB(A), valor único e representativo de uma amostragem sonora variável no tempo.

- b) Histograma Cumulativo: apresenta a distribuição cumulativa do ruído em relação ao nível mínimo medido. Destacam-se, nesse histograma, três parâmetros:

$L_{10}$  - Nível Estatístico Máximo, ou nível de som excedido por apenas 10% dos níveis medidos;

$L_{50}$  - Nível Estatístico Médio, ou excedido por 50% dos níveis amostrados;

$L_{90}$  - Nível Estatístico Mínimo, ou nível de som excedido por 90% dos níveis amostrados.

### 8.1.10.2 Resultados Obtidos

A área do Projeto Salobo encontra-se em fase de estudos e levantamentos preliminares, não existindo, na data do levantamento sonoro, nenhum equipamento em funcionamento que pudesse inferir ou mesmo comprometer as medições de ruído. Portanto, todo o levantamento acústico referido neste estudo é considerado como ruído ambiental ou, mais propriamente, um “ruído de fundo”.

A principal fonte de emissão identificada foi o ruído ambiental composto por cantos e pios de pássaros, ruído de pequenos animais ao longe e incidência de vento em árvores e arbustos. Durante a noite, foi notada a expressiva influência do ruído proveniente de inúmeros insetos que se constituem na maior contribuição noturna de ruídos, além das aves de hábitos noturnos.

O sinal acústico identificado no interior da área a ser ocupada pelas atividades minerárias é multifrequencial com amplitudes de baixos níveis, perturbado, ocasionalmente, pela presença e emissões sonoras de pássaros, animais e insetos.

O Quadro 8.1.35 abaixo apresenta resumidamente os parâmetros estatísticos resultantes dos diversos pontos amostrados durante o período diurno, enquanto o Quadro 8.1.36, a seguir, apresenta os resultados do período de medição noturno.

#### QUADRO 8.1.35

##### Níveis Estatísticos Resultantes da Amostragem de Ruído de Fundo Diurno na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo

| Ponto de medição            | Nível Máximo<br>L <sub>10</sub> | Nível Médio<br>L <sub>50</sub> | Nível Mínimo<br>L <sub>90</sub> | Nível Equivalente<br>L <sub>Aeq</sub> |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Mirante                     | 37,9                            | 37,1                           | 36,8                            | 36,5                                  |
| Planta de Beneficiamento    | 41,4                            | 37,9                           | 36,8                            | 38,2                                  |
| Residências de Funcionários | 39,6                            | 37,8                           | 37,2                            | 37,6                                  |
| Alojamento de Empreiteiras  | 41,0                            | 38,7                           | 37,6                            | 38,6                                  |
| Cava                        | 42,2                            | 38,0                           | 36,8                            | 40,0                                  |
| Administração               | 45,2                            | 42,2                           | 40,8                            | 42,3                                  |
| <b>Resultante</b>           | <b>41,8</b>                     | <b>38,9</b>                    | <b>37,9</b>                     | <b>39,3</b>                           |

Obs: Níveis de som em dBA (referência: 0dBA=20 µPa)

#### QUADRO 8.1.36

##### Níveis Estatísticos Resultantes da Amostragem de Ruído de Fundo Noturno na Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo

| Ponto de Medição            | Nível Máximo<br>L <sub>10</sub> | Nível Médio<br>L <sub>50</sub> | Nível Mínimo<br>L <sub>90</sub> | Nível equivalente<br>L <sub>Aeq</sub> |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Residências de Funcionários | 46,3                            | 45,5                           | 44,7                            | 44,7                                  |
| Alojamento de Empreiteiras  | 44,2                            | 43,8                           | 43,5                            | 42,8                                  |
| Administração               | 42,2                            | 41,2                           | 40,8                            | 40,4                                  |
| <b>Resultante</b>           | <b>44,5</b>                     | <b>43,8</b>                    | <b>43,3</b>                     | <b>42,9</b>                           |

Obs: Níveis de som em dBA (referência: 0dBA=20 µPa)

A organização e o tratamento desses dados, por intermédio da elaboração de histogramas e gráficos (Anexo X), possibilitaram a obtenção de parâmetros necessários à caracterização da

emissão de ruídos de fundo e permitirão a elaboração de análises comparativas diretas entre as situações de operação e paralização do futuro empreendimento.

Os resultados indicam níveis de som de pequena intensidade, praticamente inexistentes em centros ou aglomerados urbanos. Níveis de som dessa magnitude são encontrados somente em ambientes internos sob intenso controle acústico ou na ausência completa de qualquer tipo de fonte sonora em ambientes externos.

Influenciados pelo intenso ruído de insetos e aves de hábitos noturnos, o ruído medido durante a noite apresenta-se ligeiramente superior ao diurno, apesar de ter sido mantido a pequena intensidade.

### **8.1.11 Qualidade do Ar**

Os estudos temáticos realizados visam avaliar a qualidade do ar em locais representativos da Área de Estudo da Unidade Minerária do Projeto Salobo, de modo a estabelecer um cenário inicial das condições atmosféricas, relacionado à concentração de partículas totais em suspensão (PTS) na área de inserção do empreendimento, em uma fase anterior ao início das atividades de mineração.

Assim, os resultados obtidos expressam o nível de *background* da área que abrigará as estruturas de lavra e de beneficiamento de minério, os acessos internos e as edificações de apoio industrial e administrativo, passando a compor um conjunto de dados de referência para o acompanhamento da evolução do quadro ambiental, a partir do efetivo início das operações do Projeto Salobo.

#### **8.1.11.1 Procedimentos Metodológicos**

Para a avaliação da qualidade do ar, foi determinada a concentração de particulados em suspensão na atmosfera em pontos pré-selecionados, a partir de uma amostragem sistemática realizada no período de 05/12/2003 a 23/01/2004. Os resultados obtidos foram comparados aos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental vigente, ou seja, a Resolução CONAMA nº 03/90.

A referida amostragem de particulados em suspensão foi realizada com o uso de equipamento específico para medição de teores de PTS. Para tanto, foram instalados e programados dois aparelhos Hi Vol nos pontos relacionados no Quadro 8.1.37 e representados na Figura 8.1.64, a seguir.

INSERIR – Figura 8.1.64 - Localização dos Pontos de Medições de Qualidade do Ar

**QUADRO 8.1.37**  
**Localização dos Pontos de Medição de Qualidade do Ar**

| PONTO | DENOMINAÇÃO        | LOCALIZAÇÃO (UTM) |         | PARÂMETROS                           |
|-------|--------------------|-------------------|---------|--------------------------------------|
|       |                    | N                 | E       |                                      |
| 1     | Quadra de esportes | 9 358 427         | 553 756 | Partículas Totais em Suspensão (PTS) |
| 2     | Antiga Cascalheira | 9 359 498         | 553 101 | Partículas Totais em Suspensão (PTS) |

A seleção dos pontos de monitoramento levou em conta os critérios abaixo relacionados:

- concentração populacional: foi selecionado um ponto representativo da área onde serão instalados os alojamentos para os trabalhadores e empreiteiros;
- direção predominante dos ventos: o posicionamento dos pontos considerou a direção da dispersão do material particulado a ser gerado pelas operações de lavra, de modo a se estabelecer um nível de “background” para o futuro monitoramento da qualidade do ar;
- disponibilidade de energia para o funcionamento dos equipamentos de medição.

Ademais, foram utilizados, para a presente análise, os dados da estação operada pela Salobo Metais, no Acampamento 3 Alfa, nos períodos de agosto a outubro/2003 e janeiro a abril/2004. As amostras de partículas em suspensão coletadas nessa estação identificam as concentrações de ferro e de manganês no material coletado.

O método de amostragem utilizado foi o Amostrador de Grandes Volumes, conforme determinação da Resolução CONAMA 003/90. As amostras foram coletadas durante 24 horas, a cada dois dias. Os procedimentos metodológicos adotados nas atividades de campo seguiram as especificações da Norma Técnica da ABNT - NBR-9547 e recomendações da US E.P.A. – *Reference method for the determination of particulate matter in the atmosphere*.

O método com o Amostrador de Grandes Volumes é utilizado para coletar partículas com diâmetros de até 100µm. Esse amostrador consiste basicamente de um instrumento para sucção do ar até o filtro, um filtro para coleta das PTS e de um aparelho para medição da vazão.

O equipamento coleta amostras de ar entre 1,133m<sup>3</sup>/min e 1,699m<sup>3</sup>/min, com a vazão sendo mantida constante durante toda a amostragem. O formato do amostrador de grandes volumes faz com que as PTS sejam depositadas uniformemente ao longo da superfície do filtro, localizado a jusante da entrada do amostrador. O filtro utilizado apresenta eficiência mínima de 99% de retenção para partículas de diâmetro até 0,03µm.

O equipamento usado para determinar a concentração ambiental média de PTS durante o tempo de amostragem, possibilita, também, que o material depositado no filtro seja subsequentemente analisado, para determinação da quantidade e tipo de metais inorgânicos presentes nas amostras. Os filtros com as amostras serão armazenados por um período de 12 meses, com o intuito de possibilitar uma verificação futura dos resultados.

Foram realizadas 20 coletas de filtros a cada dois dias, em um período total de dois meses.

Os certificados de calibração dos equipamentos, os laudos analíticos e os boletins contendo os resultados são apresentados no Anexo XI deste documento.

### 8.1.11.2 Resultados Obtidos

No Quadro 8.1.38, apresentado a seguir, é mostrada a consolidação dos resultados obtidos durante a campanha de medição de PTS realizada pela Golder para o Projeto Salobo.

**QUADRO 8.1.38**

**Compilação dos Resultados de Medição de PTS – Amostragem Golder Associates**

| Data                    | Concentração de PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )* |             |
|-------------------------|---|-------------|
|                         | Ponto 1   | Ponto 2     |
| 05/12/03                | 50  | 51          |
| 07/12/03                | 31  | 28          |
| 09/12/03                | 34  | 36          |
| 11/12/03                | 39  | 47          |
| 13/12/03                | 44  | 30          |
| 15/12/03                | 19  | 25          |
| 17/12/03                | 27  | 27          |
| 19/12/03                | 28  | 26          |
| 21/12/03                | 22  | 22          |
| 23/12/03                | 25  | 20          |
| 25/12/03                | 30  | 23          |
| 27/12/03                | 16  | 17          |
| 29/12/03                | 10  | 17          |
| 31/12/03                | 18  | 17          |
| 02/01/04                | -**   | 16          |
| 04/01/04                | -**   | 17          |
| 06/01/04                | -**   | 22          |
| 08/01/04                | 14  | 22          |
| 10/01/04                | 12  | 21          |
| 12/01/04                | -**   | 15          |
| 23/01/04                | 15  | -**         |
| <b>Média Geométrica</b> | <b>23,1</b>                                       | <b>23,5</b> |

\* CPTP: Condição padrão de temperatura (25°) e pressão (760 mmHg)

\*\* Falha no equipamento amostrador

Os resultados encontrados foram comparados aos valores estabelecidos pela legislação específica para padrão de qualidade do ar, definidos na Resolução do CONAMA nº 03/90. Existem dois padrões estabelecidos por essa Resolução, quais sejam: padrão primário e padrão secundário. Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

Os Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

O padrão primário de PTS para concentração média de 24 horas é de 240 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. A concentração média geométrica anual é de 80 microgramas por metro cúbico de ar, para o padrão primário.

O padrão secundário de PTS para concentração média de 24 horas é de 150 microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano. A concentração média geométrica anual é de 60 microgramas por metro cúbico de ar, para o padrão secundário.

O Quadro 8.1.39 indica os resultados do equipamento da SMSA instalado no Acampamento 3 Alfa.

### QUADRO 8.1.39

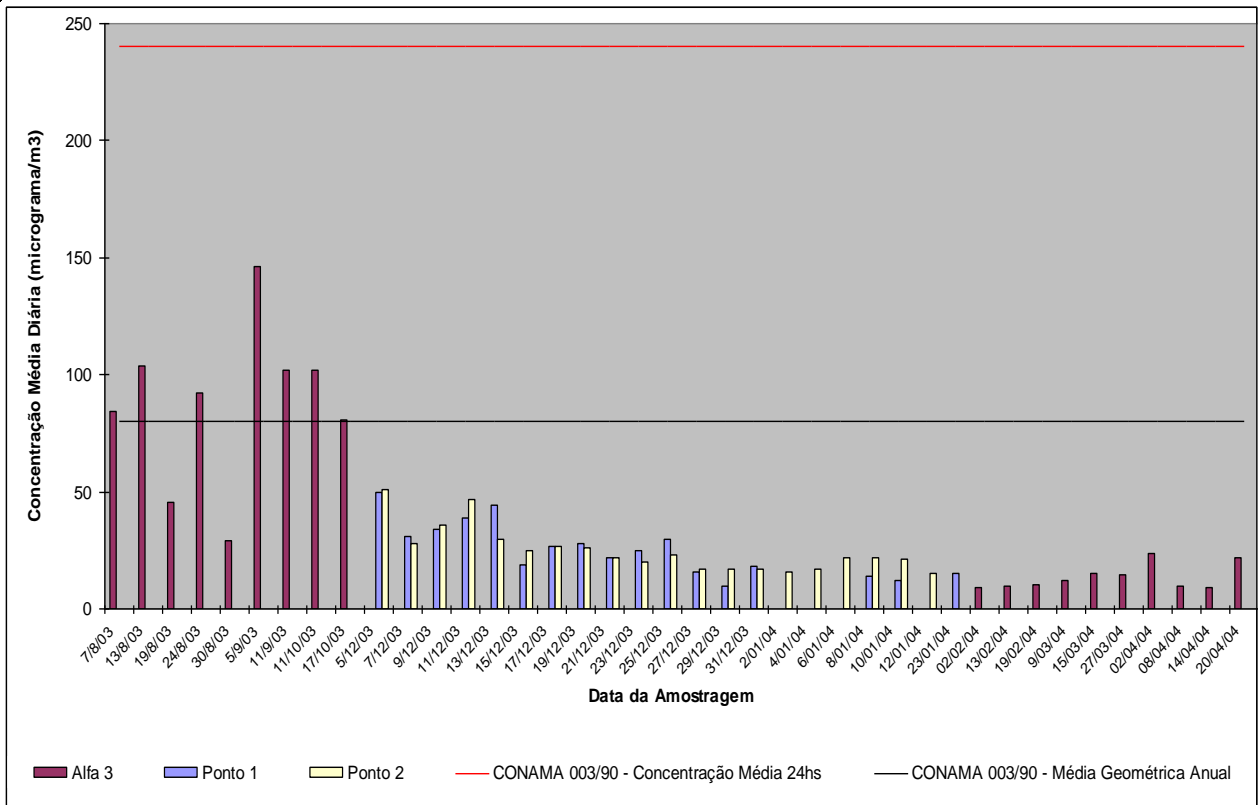
#### Compilação dos Resultados de Medição de PTS – Amostragem SMSA

| Data                    | Concentração de PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )* |
|-------------------------|---|
|                         | Ponto Acampamento 3 Alfa                          |
| 07/08/03                | 84,57   |
| 13/08/03                | 103,52  |
| 19/08/03                | 45,60   |
| 24/08/03                | 92,11   |
| 30/08/03                | 29,03   |
| 05/09/03                | 146,42  |
| 11/09/03                | 101,92  |
| 11/10/03                | 101,66  |
| 17/10/03                | 80,94   |
| 02/02/04                | 8,91  |
| 13/02/04                | 9,63  |
| 19/02/04                | 10,14   |
| 09/03/04                | 12,01   |
| 15/03/04                | 15,21   |
| 27/03/04                | 14,80   |
| 02/04/04                | 23,54   |
| 08/04/04                | 9,45  |
| 14/04/04                | 9,12  |
| 20/04/04                | 21,72   |
| <b>Média Geométrica</b> | <b>30,25</b>                                      |

Fonte: CVRD, 12/05/2004

Conforme a Resolução CONAMA 003/90, até que os Estados classifiquem as áreas de seus territórios nas Classes 1, 2 e 3, estabelecidas pela Resolução CONAMA 005/89, a qualidade do ar deve ser mantida dentro do padrão primário. Portanto, a análise dos resultados obtidos nessa campanha teve como base o Padrão Primário de PTS, cujo limite médio diário é  $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Com base nos resultados apresentados e no Padrão Primário para PTS, foi elaborado o gráfico apresentado na Figura 8.1.65, apresentada em seqüência.



**FIGURA 8.1.65 – Comparação dos Resultados de PTS com o Padrão Legal**

A partir do gráfico apresentado, pode-se observar que a concentração de PTS, esteve, ao longo de todo o período de amostragem, consideravelmente abaixo do Padrão Primário.

Essa baixa concentração de PTS pode ser explicada pelo fato de que as condições ambientais do entorno, marcada por um domínio florestal preservado de dimensões expressivas, aliado à dominância de um clima com índice pluviométrico significativo que, apesar da relativa concentração sazonal, apresenta precipitações regulares por todo o ano.

Além disso, cabe comparar os dados referentes às amostragens do período seco (de 08/03 a 10/2003), realizadas na estação do Acampamento 3 Alfa, com aquelas realizadas no período chuvoso, quando se observam os menores valores de PTS.