



Relatório Ambiental Simplificado

Capítulo 4 – Diagnóstico Ambiental

Meio Físico

Brasília/DF

Setembro de 2020

SUMÁRIO

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	9
4.1 MEIO FÍSICO.....	9
4.1.1. <i>Meteorologia e Climatologia</i>	9
4.1.1.1. Metodologia.....	9
4.1.1.2. Classificações Climáticas Regionais.....	10
4.1.1.3. Principais Sistemas Meteorológicos Atuantes.....	13
4.1.1.4. Análise dos Parâmetros Climatológicos.....	14
4.1.1.5. Conclusões.....	23
4.1.2. <i>Recursos Hídricos</i>	24
4.1.2.1. Metodologia.....	24
4.1.2.2. Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (RHTA).....	25
4.1.2.3. Caracterização Hidrográfica das Áreas de Estudo.....	26
4.1.2.4. Análise dos Fenômenos de Cheias e Vazantes.....	34
4.1.2.5. Conclusões.....	39
4.1.3. <i>Geologia</i>	40
4.1.3.1. Metodologia.....	40
4.1.3.2. Geologia Regional e Arcabouço Geotectônico.....	42
4.1.3.3. Geologia das Áreas de Estudo (ADA, AID E All).....	45
4.1.3.4. Sondagens de percussão na ADA.....	50
4.1.3.5. Conclusões.....	53
4.1.4. <i>Geomorfologia</i>	54
4.1.4.1. Metodologia.....	54
4.1.4.2. Contexto Geomorfológico Regional.....	54
4.1.4.3. Geomorfologia das Áreas de Estudo.....	55
4.1.4.4. Conclusões.....	61
4.1.5. <i>Pedologia</i>	61
4.1.5.1. Metodologia.....	61
4.1.5.2. Contexto Pedológico Regional.....	62
4.1.5.3. Pedologia das Áreas de Estudo.....	64
4.1.5.4. Erodibilidade dos Solos.....	66
4.1.5.5. Conclusões.....	67
4.1.6. <i>Suscetibilidade a Fenômenos Geológicos e Morfodinâmicos</i>	67
4.1.6.1. Metodologia.....	67
4.1.6.2. Avaliação da Suscetibilidade a Fenômenos Morfodinâmicos nas Áreas de Estudo.....	69
4.1.6.3. Ponderação das Classes de Suscetibilidade.....	70
4.1.6.4. Levantamento de Fenômenos Morfodinâmicos na Áreas de Estudo.....	79
4.1.6.5. Considerações sobre os Aspectos Geotécnicos nas Áreas de Estudo.....	85
4.1.6.6. Conclusões.....	85
4.1.7. <i>Processos Minerários</i>	85
4.1.7.1. Metodologia.....	85
4.1.7.2. Exploração Mineral na Região.....	85
4.1.7.3. Títulos Minerários Colidentes com as Áreas de Influência.....	87
4.1.7.4. Conclusões.....	88
4.1.8. <i>Conclusão</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO. FONTE: INMET/BDMEP (2018).	10
FIGURA 2. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DAS ÁREAS DE ESTUDO SEGUNDO IBGE (2002).	12
FIGURA 3. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DAS ÁREAS DE ESTUDO SEGUNDO KÖPPEN-GEIGER. FONTE: ALVARES ET AL. (2014).	13
FIGURA 4. TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA REPRESENTATIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).	15
FIGURA 5. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MEDIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL TATIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).	16
FIGURA 6. NEBULOSIDADE E INSOLAÇÃO MÉDIA DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).	17
FIGURA 7. UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).	18
FIGURA 8. MAPA DE CURVAS ISOCERÁUNICAS DO BRASIL COM INDICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO (EM VERMELHO). FONTE: ABNT NBR Nº 5419:2001 (ADAPTADO POR AMBIENTARE, 2018).	22
FIGURA 9. MAPA DE DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL COM INDICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO (EM VERMELHO). FONTE: ABNT NBR Nº 5419:2015 (ADAPTADOR POR AMBIENTARE, 2018).	23
FIGURA 10. DELIMITAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA TOCANTINS – ARAGUAIA E DE SUAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS. FONTE: ANA (2015).	26
FIGURA 11. VISTA A PARTIR DA MARGEM ESQUERDA DO RIO ARAGUAIA ONDE A LDT IRÁ INTERSECCIONA O RIO (COORDENADAS UTM 612598 E/ 8982010 N).	30
FIGURA 12. PONTO DE INTERSECÇÃO ENTRE O RIO ARAGUAIA E A LDT (COORDENADAS UTM 612598 E/ 8982010 N).	30
FIGURA 13. TRAVESSIA DO CÓRREGO PISCINÃO (COORDENADAS UTM 569830 E/ 8971066 N).	31
FIGURA 14. PONTE SOBRE O CÓRREGO PISCINÃO PRÓXIMO AO TRECHO DE INTERSECÇÃO COM A ADA (COORDENADAS UTM 569830 E/ 8971066 N).	31
FIGURA 15. VISTA PARCIAL DO RIBEIRÃO TAQUARI (COORDENADAS UTM 603990 E/ 8973682 N).	31
FIGURA 16. RIBEIRÃO TAQUARI COM VISADO NOROESTE (COORDENADAS UTM 603990 E/ 8973682 N).	31
FIGURA 17. ÁREA SUJEITA A INUNDAÇÕES NO PERÍODO CHUVOSO – RIO CAMPO ALEGRE PRÓXIMO A CONFLUÊNCIA DO RIBEIRÃO PANTERA (COORDENADAS UTM 568085 E/ 8964641 N).	35
FIGURA 18. VISTA DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO CAMPO ALEGRE (COORDENADAS UTM 568085 E/ 8964641 N).	35
FIGURA 19. CONFLUÊNCIA DO RIO COCO COM O ARAGUAIA. ÁREA DE POTENCIAL ALAGAMENTO NOS PERÍODOS CHUVOSOS (COORDENADAS UTM 613580 E/ 8979174 N).	35
FIGURA 20. VISTA PARCIAL DO RIO DO COCO PRÓXIMA A SUA CONFLUÊNCIA COM O RIO ARAGUAIA. (COORDENADAS UTM 613987 E/ 8977780N).	35
FIGURA 21: ASPECTO GERAL DO RIO CAMPO GRANDE E COTA DE N.A (153M) VERIFICADA EM CAMPO (COORDENADAS UTM 568085 E/ 8964641 N).	36
FIGURA 22: DETALHE DA ENCOSTA DO RIO CAMPO GRANDE ONDE VERIFICOU-SE VESTÍGIOS DE SOLAPAMENTO NO RELEVO ORIGINADOS PELO AUMENTO DA QUANTIDADE E VELOCIDADE DAS ÁGUAS DESTE RIO, A CERCA DE 3,0M DE ALTITUDE DA COTA VERIFICADA EM CAMPO.	36
FIGURA 23: ASPECTO GERAL DO RIBEIRÃO PANTEIRA E COTA DE N.A (154M) VERIFICADA EM CAMPO (COORDENADAS UTM 571646 E/ 8969188 N).	36
FIGURA 24: ASPECTO GERAL DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO SITUADA A MONTANTE DA COTA DE N.A DO RIBEIRÃO PANTERA A CERCA DE 2,0 M DE ALTITUDE DESTE PONTO (COORDENADAS UTM 571439 E/ 8969127 N).	36
FIGURA 25: DETALHE DA ENCOSTA DO RIO ARAGUAIA ONDE VERIFICOU-SE VESTÍGIOS DE SOLAPAMENTO NO RELEVO ORIGINADOS PELO AUMENTO DA QUANTIDADE E VELOCIDADE DAS ÁGUAS DESTE RIO, A CERCA DE 4,5M DE ALTITUDE DA COTA VERIFICADA EM CAMPO (141 M - COORDENADAS UTM 612657 E/ 8982059 N).	37
FIGURA 26: DETALHE DA ENCOSTA DO RIO ARAGUAIA ONDE VERIFICOU-SE VESTÍGIOS DE EROSIÃO DE MARGEM NO RELEVO ORIGINADOS PELO AUMENTO DA QUANTIDADE E VELOCIDADE DAS ÁGUAS DESTE RIO, A CERCA DE 5,0 M DE ALTITUDE DA COTA VERIFICADA EM CAMPO (141 M - COORDENADAS UTM 609864 E/ 8979559 N).	37
FIGURA 27: ASPECTO GERAL DA RODOVIA PA-411 A MARGEM ESQUERDA DO RIO ARAGUAIA ONDE FOI IDENTIFICADO VESTÍGIOS DE INUNDAÇÃO EM MARCAS NO POSTE PARALELO A VIA, COTA 149M (COORDENADAS UTM 612657 E/ 8982059 N).	37
FIGURA 28: DETALHE DA MARCA EM POSTE PARALELO NA RODOVIA PA-411 A CERCA DE 2,0 M DA SUPERFÍCIE (COORDENADAS UTM 612657 E/ 8982059 N).	37
FIGURA 29: MAPA DE VULNERABILIDADE A INUNDAÇÃO, PONTOS DE CONTROLE DE N.A E COTAS COM CAPACIDADE DE INUNDAÇÃO EXTRAÍDAS DE IMAGEM ALOS. FONTE: ANA (2014) E AMBIENTARE, 2018.	38

FIGURA 30: MAPA DE VULNERABILIDADE A INUNDAÇÃO COM A LDAT SOBREPOSTA A IMAGEM DE SATÉLITE. FONTE: ANA (2014) E AMBIENTARE, 2018.....	39
FIGURA 31: MAPA DE HIPSOMETRIA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	41
FIGURA 32: MAPA DE DECLIVIDADE DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	41
FIGURA 33: CONFIGURAÇÃO GEOLÓGICA MACRORREGIONAL DO SETOR RIO MARIA SIMPLIFICADA (VELASQUEZ ET AL. 2008).....	43
FIGURA 34: CONFIGURAÇÃO MACRORREGIONAL DO CINTURÃO ARAGUAIA SIMPLIFICADA (FARACO ET AL 2004, LACERDA ET AL 2004, VALENTE ET AL 2004 E VELASQUEZ ET AL 2008).....	44
FIGURA 35: MAPA GEOLÓGICO DAS ÁREAS DE ESTUDO. FONTE: IBGE (2008; 2018).....	46
FIGURA 36: ASPECTO GERAL DO RELEVO PLANO (PRIMEIRO PLANO) OBSERVADO NA FORMAÇÃO QUIXADÁ, VISADA PARA NORDESTE (COORDENADAS UTM 580941 E/ 8972129 N).....	47
FIGURA 37: ASPECTO GERAL DE EXPOSIÇÃO DE SOLO SOBRE ROCHA GRANITOIDE COM TONALIDADES ESBRANQUIÇADAS DA FORMAÇÃO SUÍTE ARCO VERDE (COORDENADAS UTM 568220 E/ 8969471 N).....	48
FIGURA 38: DETALHE DA CAMADA ARGILO-SILTOSA ESBRANQUIÇADA DA FORMAÇÃO SUÍTE ARCO VERDE (COORDENADAS UTM 568220 E/ 8969471 N).....	48
FIGURA 39: ASPECTO GERAL DE EXPOSIÇÃO DE SOLO SOBRE ROCHA GRANITOIDE COM TONALIDADES VERMELHAS E ESBRANQUIÇADAS DA FORMAÇÃO SUÍTE ARCO VERDE (COORDENADAS UTM 567745 E/ 8964744 N).....	48
FIGURA 40: DETALHE DA CAMADA ARGILO-ARENOSA ESBRANQUIÇADA DA FORMAÇÃO SUÍTE ARCO VERDE (COORDENADAS UTM 567745 E/ 8964744 N).....	48
FIGURA 41: ASPECTO GERAL DO RELEVO PLANO (PRIMEIRO PLANO) OBSERVADO NA FORMAÇÃO COUTO MAGALHÃES, VISADA PARA NORTE ONDE SERÁ O PONTO DE CHEGADA DA LDT 138 KV NO MUNICÍPIO DE CASEARA-TO (COORDENADAS UTM 614670 E / 8975821 N).....	49
FIGURA 42: PERFIL DA CAMADA CONCRECIONAMENTADA OBSERVADA NA FORMAÇÃO COUTO MAGALHÃES (COORDENADAS UTM 615258 E/ 8973532 N).....	49
FIGURA 43: DETALHE DA CAMADA CONCRECIONAMENTADA OBSERVADA NA FORMAÇÃO COUTO MAGALHÃES (COORDENADAS UTM 615258 E/ 8973532 N).....	49
FIGURA 44: ASPECTO GERAL DO RELEVO INSERIDO NA PLANÍCIE ALUVIONAR RECENTE PRÓXIMO AO RIO ARAGUAIA, VISADA PARA NORDESTE (COORDENADAS UTM 612657 E/ 8982059 N).....	50
FIGURA 45: PERFIL DA CAMADA ARENOSA-ARGILOSA OBSERVADA NOS DEPÓSITOS ALUVIONÁRES (COORDENADAS UTM 612644 E/ 8982054 N).....	50
FIGURA 46: DETALHE DA CAMADA ARENOSA-ARGILOSA OBSERVADA NO DEPÓSITOS ALUVIONÁRES (COORDENADAS UTM 612620 E/ 8982043 N).....	50
FIGURA 47: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS FUROS DE SONDAGENS A PERCUSSÃO NA ADA E AID. FONTE: GEOTÉCNICA RM ENGENHARIA E GEOTECNIA, 2018.....	51
FIGURA 48: PERFIL DO SUBSTRATO IMPENETRÁVEL BASEADO NOS DADOS DE PROFUNDIDADE.....	52
FIGURA 49: DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA (NA) POR SONDAGENS.....	53
FIGURA 50. UNIDADES MORFOESTRUTURAIS DO BRASIL (ROSS, 1990).....	55
FIGURA 51: ASPECTOS DO RELEVO PRESENTE NA ÁREA DE ESTUDO.....	56
FIGURA 52: RELEVO PLANO (0 A 3%) EM VALE ABERTO NA PORÇÃO OESTE DA ÁREA DE ESTUDO INSERIDA NA UNIDADE “PLANÍCIES FLUVIAIS OU FLUVIOLACUSTRES”; VISADA PARA NORDESTE (COORDENADAS UTM 612657 E/ 8982059 N).....	58
FIGURA 53: RELEVO PLANO (0 A 3%) NO VALE ABERTO ONDE CORRE O RIO ARAGUAIA NA UNIDADE “PLANÍCIES FLUVIAIS OU FLUVIOLACUSTRES”; COM EXPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS GROSSEIROS DE TEXTURA ARENOSA, VISADA PARA LESTE (COORDENADAS UTM 613580 E/ 8979174 N).....	58
FIGURA 54: RELEVO PLANO A SUAVE ONDULADO (0 A 8%) SITUADO NA EXTREMIDADE LESTE DA ÁREA DE ESTUDO INSERIDO NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS CONSERVADAS”; VISADA PARA OESTE (COORDENADAS UTM 614670 E/ 8975821 N).....	59
FIGURA 55: RELEVO PLANO A SUAVE ONDULADO (0 A 8%) SITUADO NA EXTREMIDADE LESTE DA ÁREA DE ESTUDO INSERIDO NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS CONSERVADAS; VISADA PARA SUDOESTE (COORDENADAS UTM 614670 E/ 8975821 N).....	59
FIGURA 56. RELEVO PLANO NA EXTREMIDADE LESTE DA ÁREA DE ESTUDO (ONDE SERÁ IMPLANTADA A LDT) INSERIDA NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS RETOCADAS OU DEGRADADAS”; VISADA PARA NOROESTE. (COORDENADAS UTM 566719 E / 8969073 N).....	60
FIGURA 57. RELEVO PLANO NA PORÇÃO LESTE DA ÁREA DE ESTUDO, INSERIDO NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS RETOCADAS OU DEGRADADAS”; VISADA PARA NORTE. (COORDENADAS UTM 568874E / 8970476 N).....	60
FIGURA 58. RELEVO PLANO NA PORÇÃO LESTE DA ÁREA DE ESTUDO (ONDE SERÁ IMPLANTADA A LDT) INSERIDA NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS RETOCADAS OU DEGRADADAS”; VISADA PARA LESTE. (COORDENADAS UTM 571141E / 8971360 N).....	61
FIGURA 59. RELEVO PLANO NA PORÇÃO CENTRAL DA ÁREA DE ESTUDO, INSERIDO NA UNIDADE “SUPERFÍCIES APLAINADAS RETOCADAS OU DEGRADADAS”; VISADA PARA LESTE. (COORDENADAS UTM 588073E / 8977384 N).....	61

FIGURA 60. PERFIL DE ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO (COORDENADAS UTM 568220 E/ 8969471 N).....	64
FIGURA 61. DETALHE DO HORIZONTE B DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTRÓFICO (COORDENADAS UTM 568220 E/ 8969471 N).....	64
FIGURA 62. PERFIL DE PLINTOSSOLO (COORDENADAS UTM 568904 E/ 8970432 N).....	65
FIGURA 63. DETALHE DE CONCRECIONAMENTOS NO PERFIL PLINTOSSÓLICO (COORDENADAS UTM 568904 E/ 8970432 N).....	65
FIGURA 64. DETALHE DE ÁREA DE OCORRÊNCIA DE SOLOS GLEI (COORDENADAS UTM 569817 E / 8971075 N).....	66
FIGURA 65. ÁREA DE OCORRÊNCIA DE SOLO GLEI COM EXPOSIÇÃO NO NÍVEL FREÁTICO (COORDENADAS UTM 569817 E / 8971075 N).....	66
FIGURA 66: ETAPAS METODOLÓGICAS PARA AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE AOS FENÔMENOS MORFODINÂMICOS. FONTE: AMBIENTARE, 2018.	68
FIGURA 67: ASPECTO GERAL DE ÁREA DE EMPRÉSTIMO (PRIMEIRO PLANO) ONDE VERIFICOU-SE SULCO EROSIVO EM DRENAGEM EFÊMERA (COORDENADAS UTM 615258 E/ 8973532 N).....	81
FIGURA 68: DETALHE DE DRENAGEM EFÊMERA ONDE OCORRE EROSÃO EM SULCO (COORDENADAS UTM 615258 E/ 8973532 N).....	81
FIGURA 69: SULCO EROSIVO EM DRENAGEM EFÊMERA COM DECLIVIDADE SUAVE (COORDENADAS UTM 567745E/ 8964742 N).....	82
FIGURA 70: VISTA PARCIAL DA BACIA DE DETENÇÃO SITUADA A JUSANTE DO SULCO EROSIVO EM DRENAGEM EFÊMERA (567745 E/ 8964744 N)....	82
FIGURA 71: ASPECTO GERAL DE SULCOS EROSIVOS ORIUNDOS DE ESCOAMENTOS DE ÁGUA DIRECIONADOS AO RIO ARAGUAIA (COORDENADAS UTM 609864 E/ 8979559 N).....	82
FIGURA 72: DETALHE DO PONTO QUE RECEBE O ESCOAMENTO DIRECIONADO DOS SULCOS EROSIVOS AS MARGENS DO RIO ARAGUAIA (COORDENADAS UTM 609864 E/ 8979559 N).....	82
FIGURA 73: ASPECTO GERAL DA MARGEM ESQUERDA DO RIO CAMPO ALEGRE ONDE FOI VERIFICADO SOLAPAMENTO E/OU EROSÃO DE MARGEM (COORDENADAS UTM 568145 E/ 8964627 N).....	83
FIGURA 74: DETALHE DO SOLAPAMENTO DO SOLO A MARGEM ESQUERDA DO RIO CAMPO ALEGRE INSTALADO EM SOLO ARENOSO (COORDENADAS UTM 568145 E/ 8964627 N).....	83
FIGURA 75: ASPECTO GERAL DA MARGEM ESQUERDA DO RIO ARAGUAIA ONDE FOI VERIFICADO SOLAPAMENTO E/OU EROSÃO DE MARGEM (COORDENADAS UTM 612644 E/ 8982054 N).....	84
FIGURA 76: DETALHE DO SOLAPAMENTO DO SOLO A MARGEM ESQUERDA DO RIO ARAGUAIA INSTALADO EM SOLO ARENOSO (COORDENADAS UTM 612644 E/ 8982054 N).....	84
FIGURA 77: ASPECTO GERAL DO RIO CAMPO ALEGRE E INDICAÇÃO DE DRAGA PARA EXTRAÇÃO DE AREIA, COM VISADA PARA NORDESTE (COORDENADAS UTM 568145 E/8964627 N).....	86
FIGURA 78: ÁREA COM EXTRAÇÃO DE AREIA DESATIVADA, COM VISADA PARA SUDOESTE (COORDENADAS UTM 568142 E/8964623 N).....	86
FIGURA 79: DISTRIBUIÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS INTERFERENTES COM A AII EM RELAÇÃO À FASE DE LICENCIAMENTO.	87
FIGURA 80: DISTRIBUIÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS INTERFERENTES COM A AII EM RELAÇÃO ÀS SUBSTÂNCIAS DECLARADAS.....	87
FIGURA 81: DISTRIBUIÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS INTERFERENTES COM A AII EM RELAÇÃO AOS USOS DECLARADOS.	87
FIGURA 82: PRINCIPAIS REQUERENTES/DETENTORES DE TÍTULOS MINERÁRIOS INTERFERENTES COM A AII.....	87

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS REPRESENTATIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	9
TABELA 2. PRINCIPAIS CURSOS HÍDRICOS DA SUB-BACIA DO RIO ARAGUAIA INTERCEPTADOS PELO EMPREENDIMENTO.....	30
TABELA 3. PONTOS DE VISTORIA DE CAMPO E COTAS DE N.AS.....	36
TABELA 4: FUROS DE SONDAGENS, MORFOLOGIAS E MATERIAL SONDADO.....	51
TABELA 5. CLASSES DE VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS NATURAIS.....	71
TABELA 6. PONDERAÇÃO DA VULNERABILIDADE DAS UNIDADES GEOLÓGICAS.....	72
TABELA 7. CLASSES MORFOMÉTRICAS, DE DECLIVIDADE E RESPECTIVOS VALORES DE VULNERABILIDADE.....	73
TABELA 8. PONDERAÇÃO DA VULNERABILIDADE DAS UNIDADES PEDOLÓGICAS.....	74
TABELA 9. PONDERAÇÃO DA VULNERABILIDADE DAS TIPOLOGIAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	75
TABELA 10. DADOS DE PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA, QUANTIDADE DE DIAS COM CHUVA, QUANTIDADE DE DIAS COM CHUVA DIVIDIDO POR 30 E INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA POR ESTAÇÃO METEOROLÓGICA BDMET/INMET (1988-2017).....	76
TABELA 11. CLASSES DE INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA E RESPECTIVOS VALORES DE VULNERABILIDADE.....	76
TABELA 12. CLASSES DE VULNERABILIDADE GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA PARA A ÁREA DE ESTUDO ESPECÍFICA (AID).....	77
TABELA 13. PROCESSOS MINERÁRIOS COLIDENTES COM O EMPREENDIMENTO.....	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. MÉDIA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).....	19
GRÁFICO 2. DIREÇÃO PREFERENCIAL DOS VENTOS REPRESENTATIVA DAS ÁREAS DE ESTUDO (SÉRIE TEMPORAL 1987-2017). FONTE: INMET (2018).	20

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS NÍVEL 5.....	32
MAPA 2. RECURSOS HÍDRICOS.....	33
MAPA 3. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PRESENTES NAS ÁREAS DE ESTUDO.....	57
MAPA 4. UNIDADES PEDOLÓGICAS PRESENTES NAS ÁREAS DE ESTUDO.....	63
MAPA 5. VULNERABILIDADE FENÔMENOS GEOLÓGICOS E MORFODINÂMICOS DA ÁREA DE ESTUDO LOCAL (AID).....	77
MAPA 6. TÍTULOS MINERÁRIOS COLIDENTES COM O EMPREENDIMENTO. FONTE: SIGMINE (DNPM/ANM,2018).....	88

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1 MEIO FÍSICO

4.1.1. Meteorologia e Climatologia

4.1.1.1. Metodologia

A abordagem dos aspectos climáticos de uma região permite a adoção de medidas adequadas no que tange ao conforto térmico, à segurança, a avaliação de riscos ambientais dentre outros. Daí a necessidade de se identificar o comportamento padrão dos parâmetros atmosféricos, bem como de seus episódios extremos.

Nesse contexto, vale destacar que a climatologia estuda os padrões de comportamento da atmosfera e suas interações com as atividades humanas e a superfície do planeta, enquanto a meteorologia trata, de maneira individualizada, fenômenos meteorológicos, como raios, trovões, descargas elétricas, nuvens, composição físico-química do ar, previsão do tempo, dentre outros (MENDONÇA, 2007).

Para uma caracterização de meio físico de qualquer que seja a área de estudo, faz-se necessário o levantamento das informações climatológicas locais, isso devido às atividades humanas e diversas interações com outros meios que o clima possui. Para isso, é necessário o conhecimento de parâmetros físico-químicos relacionados ao clima dados de maneira espaço-temporal. Só assim será possível a instalação e gestão de empreendimentos que visem o uso ou preservação dos recursos naturais.

Afim de se ter uma caracterização climatológica e meteorológica da AID e da AII da LD 138 KV Santana – Caseara buscou-se o levantamento de informações na literatura técnico-científica, levando em conta a caracterização dos principais sistemas meteorológicos atuantes e classificações climáticas das áreas de influência.

Os parâmetros analisados foram: temperatura, pluviosidade, evapotranspiração, nebulosidade, insolação, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção preferencial dos ventos. As estações meteorológicas foram escolhidas, dentre as existentes, de acordo com a proximidade com a AID e a frequência com que os parâmetros foram registrados. Assim, as estações selecionadas foram as de São Félix do Xingu, Palmas, Pedro Afonso e Conceição do Araguaia. A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam as características de cada estação e suas respectivas distâncias em relação ao traçado da LD.

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas representativas das áreas de estudo.

Código OMM	Nome	Estado	Coordenadas UTM (SIRGAS 2000)			Altitude (m)	Distância da LD (Km)
			E	N	Zona		
81941	Pedro Afonso	TO	810405,65	9007418.07	22	190	300
86607	Palmas	TO	795638.45	8872265.77	22	292	258
81940	Conceição do Araguaia	PA	689122.03	9081727.97	22	176	230
81858	São Félix do Xingu	PA	394218.29	9265987.22	22	211	500

Fonte: INMET/BDMEP (2018).

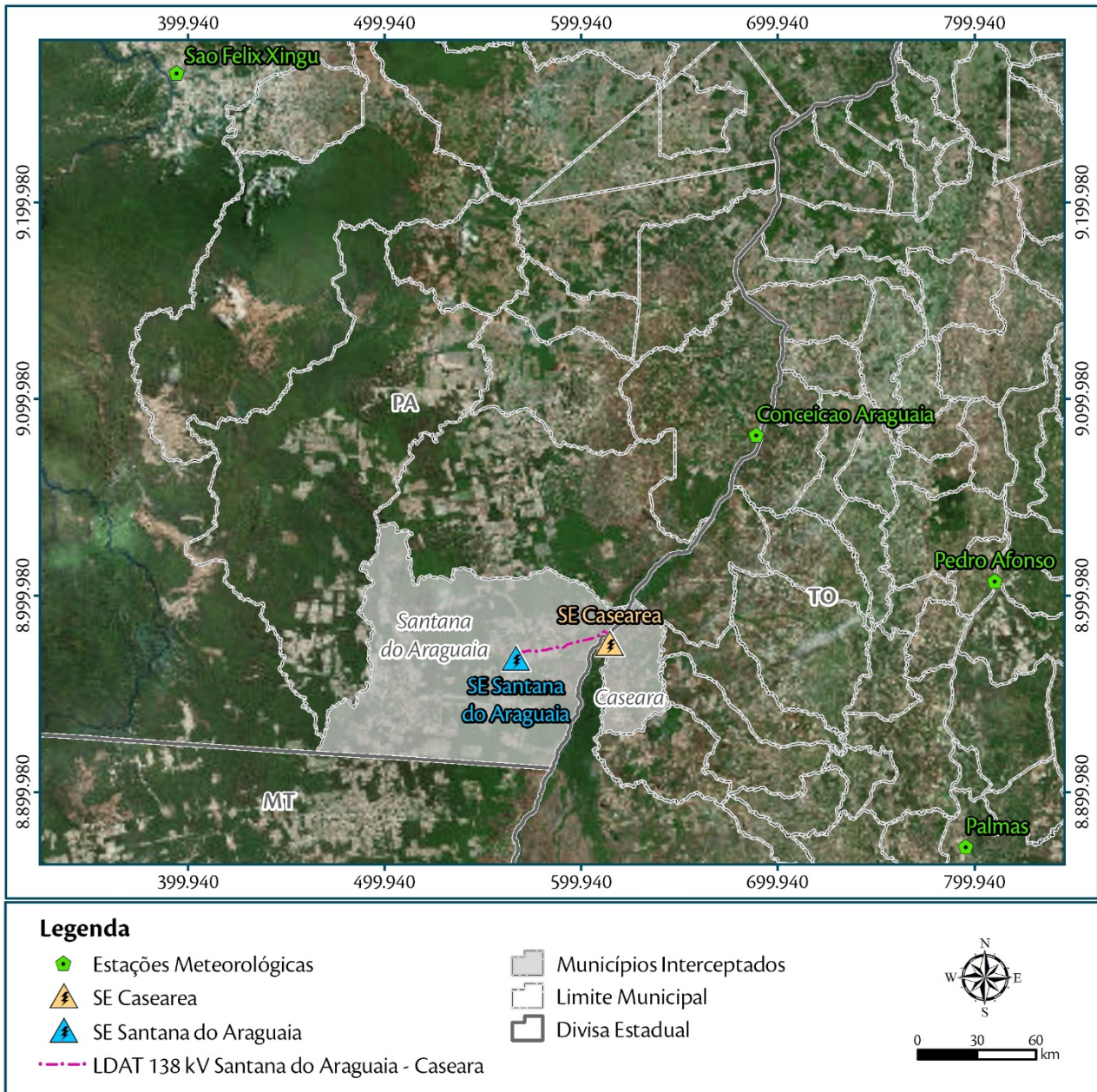


Figura 1. Localização das estações meteorológicas representativas das áreas de estudo. Fonte: INMET/BDMEP (2018).

4.1.1.2. Classificações Climáticas Regionais

As classificações climáticas apresentadas neste item consistem na Classificação Climática do Brasil, proposta pelo IBGE (2002), e a de Köppen-Geiger, revisada por ALVARES et al. (2013). A primeira é baseada em três sistemas de classificação que integram métodos quantitativos e de dinâmica atmosférica: considerando a gênese climática, as regiões térmicas e padrões de umidade. Observa-se que a AID é situada entre duas tipologias diferentes dentro da classificação, Equatorial e Tropical Brasil Central, ambas quentes, porém a primeira de caráter mais úmido dentro do ano e a segunda com característica de inverno seco caracterizando uma zona de transição.

De acordo com NIEMER (1989), a climatologia da Região Norte é diretamente influenciada pelos anticiclones subtropicais do Atlântico Sul e de Açores, gerando tempo estável; assim como a invasão da ZCIT trazendo tempo instável. Por fim, com mais atividade no sudoeste da região, afetando grande parte da totalidade da área, tem-se a influência das massas polares advindas de anticiclone ou frente polares.

Característica determinante da Região Norte em se tratando da tipologia climática elaborada por Niemer, é que a tipologia é de caráter Equatorial e de altas temperaturas, com médias maiores que 18° C em toda a região, sempre úmida e com raros meses secos, no máximo 3, no corredor entre Roraima e o sul do Pará.

Dentro dessa classificação, há uma região que, ao sul, pode apresentar temperaturas médias baixas, enquanto ao norte, ou à área de interesse, possui temperaturas médias elevadas, semiúmidas e com secas de 4 a 5 meses. Essa tipologia, na qual a área de interesse se enquadra, tem uma notável homogeneidade por conta da uniformidade de seu sistema geral de circulação atmosférica, de caráter tropical, que resulta numa quase uniforme marcha estacional, tanto de temperatura, quanto de precipitação, com a primeira tendo seus máximos na primavera e mínimos no inverno e a segunda tendo seus máximos no verão e mínimos no inverno.

Deve-se lembrar que essa classificação se baseia na vegetação natural como uma expressão do clima, ou seja, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas de modo a corresponder com áreas de predominância de tipologias vegetacionais, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresenta elevada correlação.

Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger, são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e de precipitação.

Como a área a ser estudada apresenta-se no limite entre os estados do Pará e Tocantins, faz-se necessária a elucidação dos tipos climáticos definidos nesses dois territórios.

O Pará é subdividido, dentro da classificação de Köppen-Geiger revisada por Alvares et al (2013), em três tipologias: Af (28,4% do território), Am (66,6%) e Aw (4,9%). Já em Tocantins, a única tipologia presente é a Aw, que atua em 100% de seu território.

De acordo com DUBREUIL (2015), todas essas tipologias têm em comum o caráter de clima quente com temperaturas mínimas maiores que 18° C. O que as diferem é seu caráter pluviométrico, sendo Af a tipologia sem estação seca, ou seja, todos os meses do ano recebem ao menos 60 mm de chuva. Am é a tipologia de clima de monção, que tem como característica os meses mais secos receberem totais pluviométricos menores que 60 mm. Já Aw é a tipologia que se caracteriza por ter o inverno bem definido com estações secas, tendo seus totais pluviométricos nos meses mais secos ficando entre 60 mm.

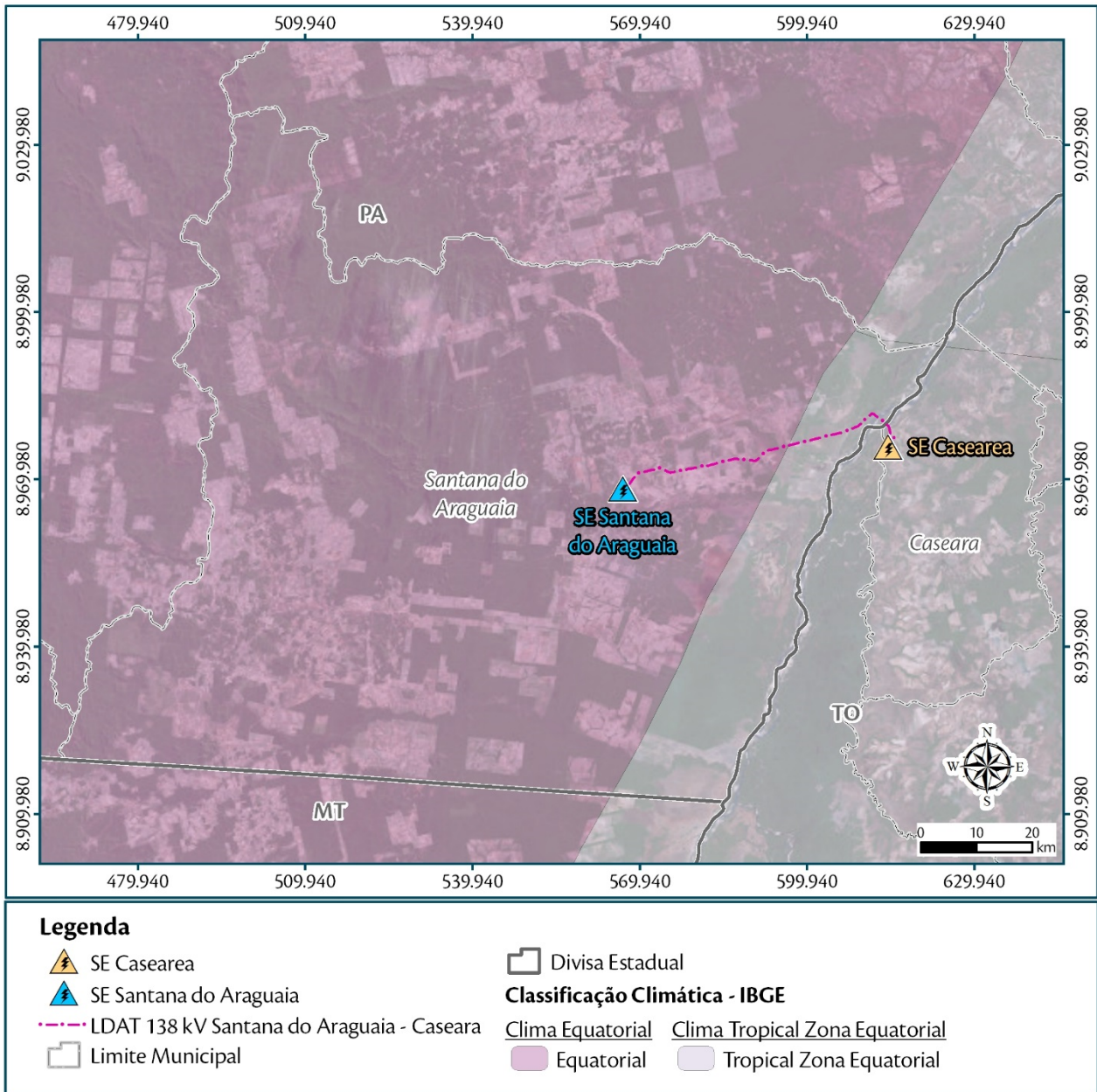


Figura 2. Classificação climática das áreas de estudo segundo IBGE (2002).

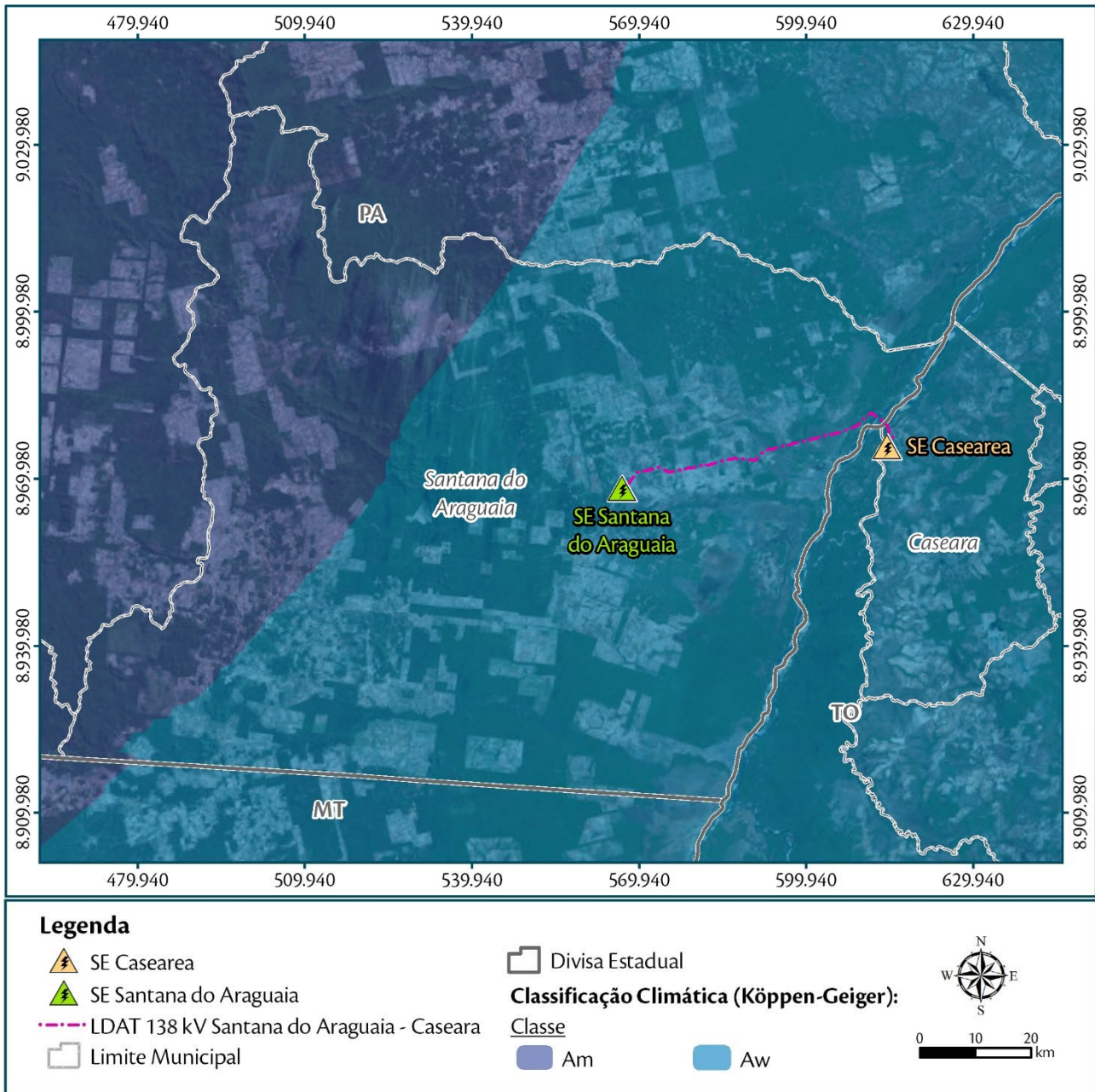


Figura 3. Classificação climática das áreas de estudo segundo Köppen-Geiger. Fonte: Alvares et al. (2014).

A All está em uma região que, de acordo com a tipologia do IBGE se divide entre os climas Equatorial, quente - média > 18° C em todos os meses úmido e 3 meses secos e Tropical Brasil Central, quente - média > 18° C em todos os meses semiúmido e 4 a 5 meses secos. Isso se sobrepõe à tipologia de Köppen-Geiger revisada por Alvares que situa toda a área em tipologia Aw. Nota-se que dentre essas três classificações indicam um inverno seco bem definido.

4.1.1.3. Principais Sistemas Meteorológicos Atuantes

Uma das características da região Norte é a sua extensão. Dessa forma, há diversos sistemas que afetam a região, desde sistemas atlânticos tropicais a equatoriais até massas polares antárticas. Os sistemas de maior influência na região são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Sistemas de massas de ar e Centros de ações positivas.

A ZCIT tem por característica se formar em áreas de baixas latitudes, na qual há encontros de ventos alíseos provenientes do Sudeste com os do norte. Isso cria uma ascendência das massas de ar que são normalmente úmidas. É um sistema móvel, uma vez que se desloca durante o ano sob a ação do movimento aparente do Sol. Seus máximos, em relação a posição, são em março para o Sul e setembro para o Norte. É um sistema de zonas de convergência em uma camada inferior úmida, espessa e baroclínica.

Outro grande fator de influência no clima da região Norte é a influência dos sistemas de ventos que levam diversos tipos de massas de ar para essa localidade, dentre elas, as mais importantes são as Massas Equatoriais do Atlântico Norte (MEAN), Massa Equatorial Continental (MEC), Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Polar Atlântica (MPA). Pode-se dizer que os sistemas equatoriais e tropicais são, em sua essência, quentes e com a influência do atlântico passam a ganhar umidade, contribuindo para os totais pluviométricos da região. Interessante notar que normalmente uma massa de ar continental tem por característica ser seca, porém, como a MEC é formada na região da Amazônia, a evapotranspiração surte grande efeito e torna essa massa de ar úmida. Outra massa que influencia a região é a MPA, porém essa tem influência no inverno quando ganha força para chegar até a região e contribui para a diminuição da temperatura.

Os Centros de Ações Positivas são sistemas anticiclônicos que interferem no clima da região norte. Notavelmente temos os Anticiclone do Açores (ou Santa Helena), Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul e Anticiclone da Amazônia (ou Doldrums). Esses sistemas são grandes formadores e exportadores das massas de ar já citadas, contribuindo para um aumento nas temperaturas e totais pluviométricos da região.

4.1.1.4. Análise dos Parâmetros Climatológicos

➤ Temperatura do Ar, Pluviosidade e Evapotranspiração

A temperatura é um termo que se refere à quantidade de calor existente em determinada parte da atmosfera, sendo assim, representa a frequência que moléculas de ar se agitam.

Já o termo pluviosidade ou precipitação pluvial é referente, de acordo com Ayoade (1996) à deposição, nos trópicos, em forma líquida derivada da atmosfera (chuva). Em contrapartida, a evapotranspiração se refere à transferência, para a atmosfera, de vapor d'água advindo da evaporação da água na superfície e da respiração de seres vivos.

Por conta do distanciamento das estações em relação ao empreendimento, serão consideradas as séries históricas de 1988 a 2017 (2018 no caso de São Félix do Xingu) da AII. Com base nesses dados, a temperatura média anual é superior a 25° C. A temperatura média mínima foi de 23,3 ° C observada na estação de Palmas (em julho de 1996), enquanto que a temperatura média máxima superou os 31° C na mesma estação, em setembro de 2017.

Percebe-se uma tendência muito clara das maiores temperaturas se darem em setembro, enquanto as menores ocorrerem nos meses de janeiro e fevereiro, assim como, em alguns casos, em junho e julho.

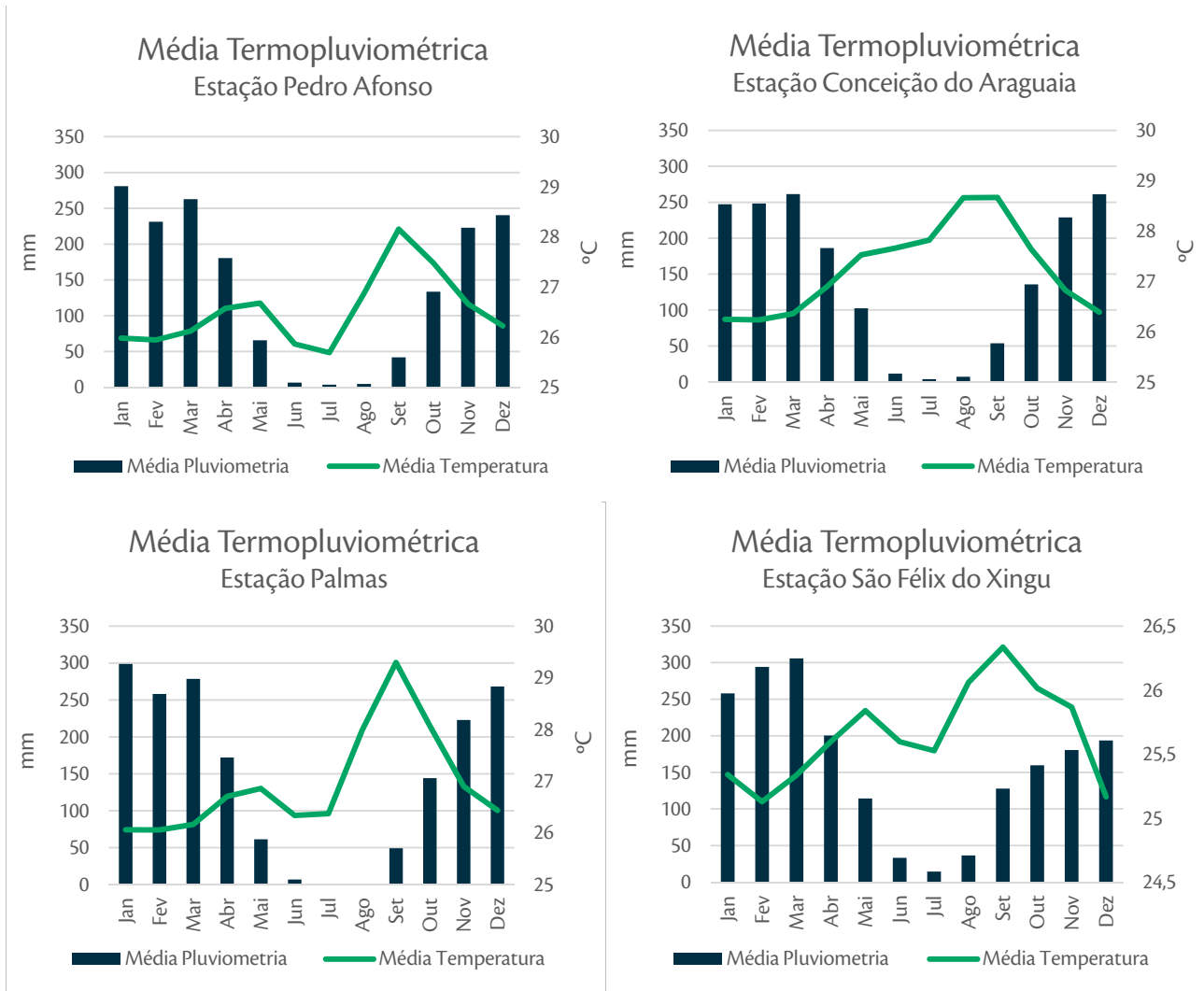


Figura 4. Temperaturas máxima, média e mínima representativas das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

Em se tratando dos totais pluviométricos, os maiores totais observados na série histórica foram: 881, 2 mm em setembro de 1991 na estação de São Félix do Xingu; 594,7 mm em dezembro de 1999 na estação de Palmas; 585,8 mm em janeiro de 2016 na estação de Pedro Afonso; 637 em dezembro de 1989 na estação de Conceição do Araguaia.

Os maiores totais pluviométricos são observados no primeiro semestre, nos meses de janeiro, fevereiro e março; coincidindo com as menores temperaturas. Por outro lado, há um período de seca muito bem definido de junho a agosto.

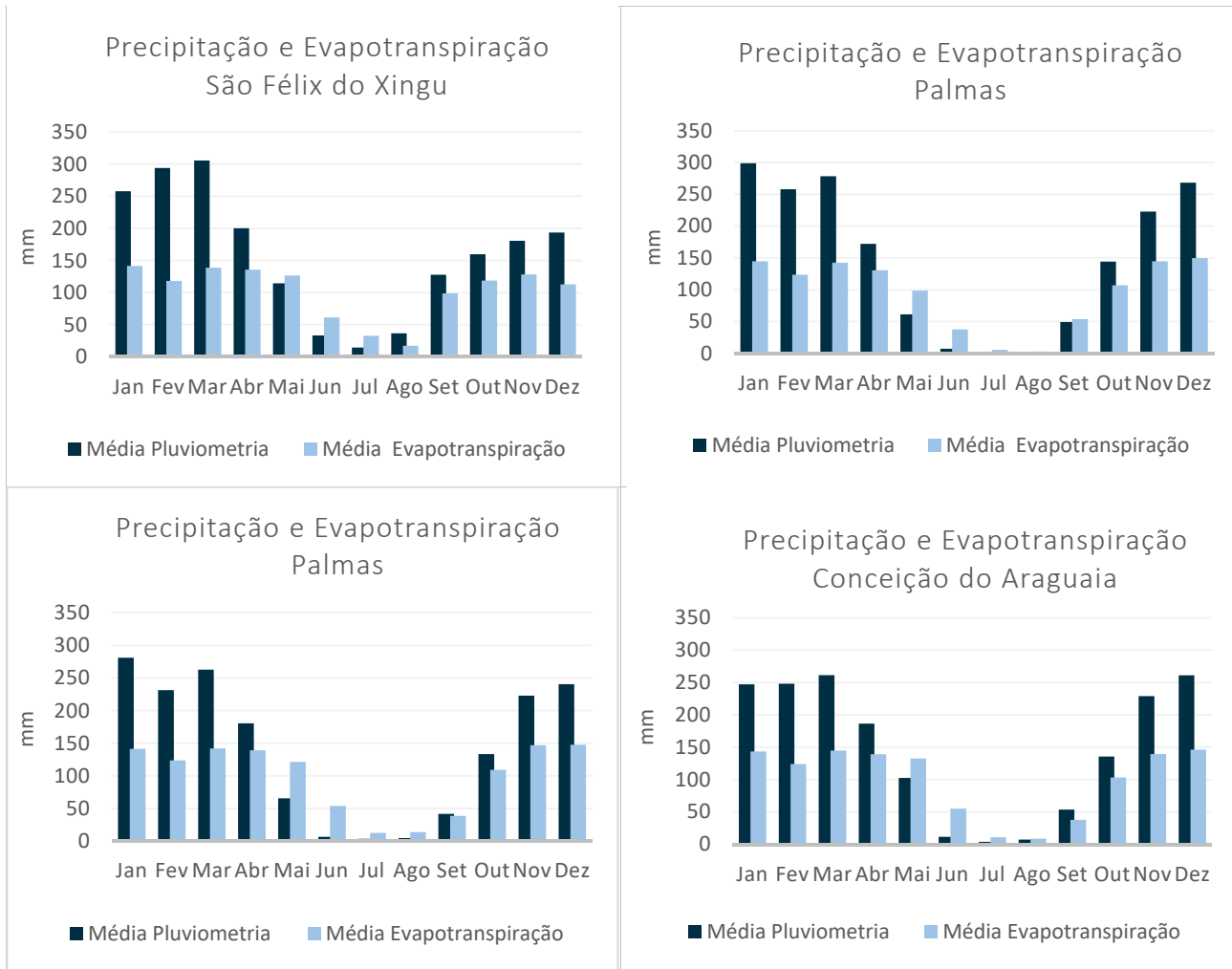


Figura 5. Precipitação pluvial média e evapotranspiração real tativas das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

➤ Nebulosidade e Insolação

A nebulosidade se dá pela fração da abóbada celeste que, em dado momento, encontra-se coberta por nuvens. É uma estimativa visual, na qual se separam as nuvens numa fração do céu e calcula-se uma área, em décimos, de ocupação dessas nuvens. Já a Insolação é a medida da irradiação solar em uma superfície por unidade de tempo.

Nota-se que há uma relação inversamente proporcional entre a nebulosidade e a insolação: enquanto os meses com maior cobertura do céu pelas nuvens se dá pelo primeiro trimestre do ano, a insolação tem sua mínima justamente nesse período.

Existe um período de baixa nebulosidade e grande período de insolação congruente também com os totais pluviométricos citados acima. Isso se dá pela característica de inverno mais seco e bem definido, ou seja, um período (de junho a agosto) onde há menor nebulosidade, portanto, menor precipitação. A consequência é um período maior de horas de insolação e maior a temperatura.

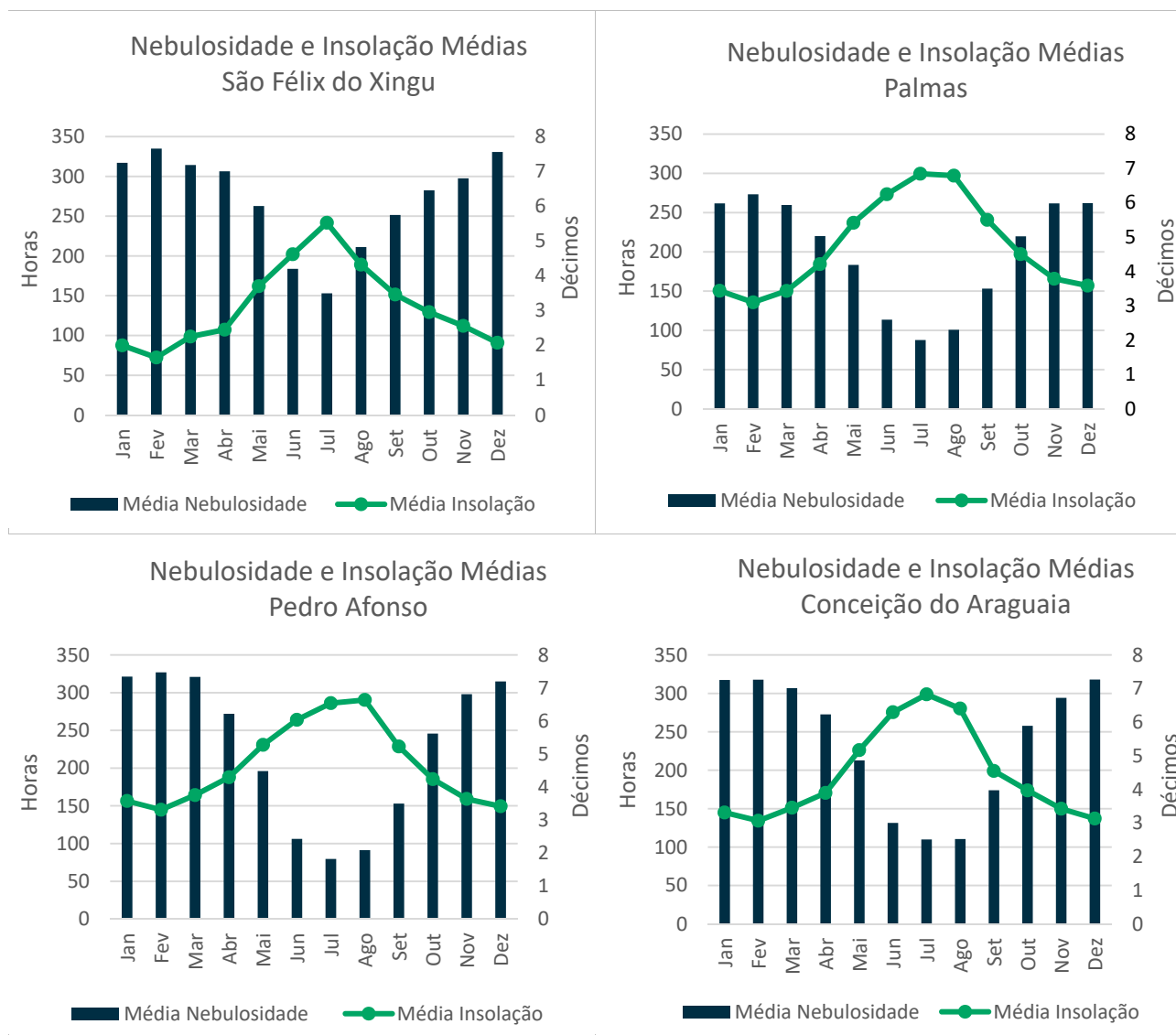


Figura 6. Nebulosidade e Insolação Média das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

➤ Umidade Relativa do Ar

De acordo com Ayoade (2002), o vapor d'água, mesmo representando só 2% da massa total da atmosfera, tem no seu potencial de distribuição vertical e horizontal um potencial de produzir precipitação, já que libera calor latente quando condensado.

Os menores valores de umidade relativa média foram observados na estação de Palmas, com 43%; os maiores foram registrados na estação de Conceição do Araguaia com 88%. Podemos ver também que o maior gradiente se encontra na própria estação de Palmas, indo de 43% a 81%.

A média entre as estações é de 75%, enquanto o mês considerado mais úmido é março, seguido por fevereiro e janeiro, formando, assim, o trimestre mais úmido do ano. Por outro lado, temos o mês mais seco em agosto, seguido por setembro e julho.

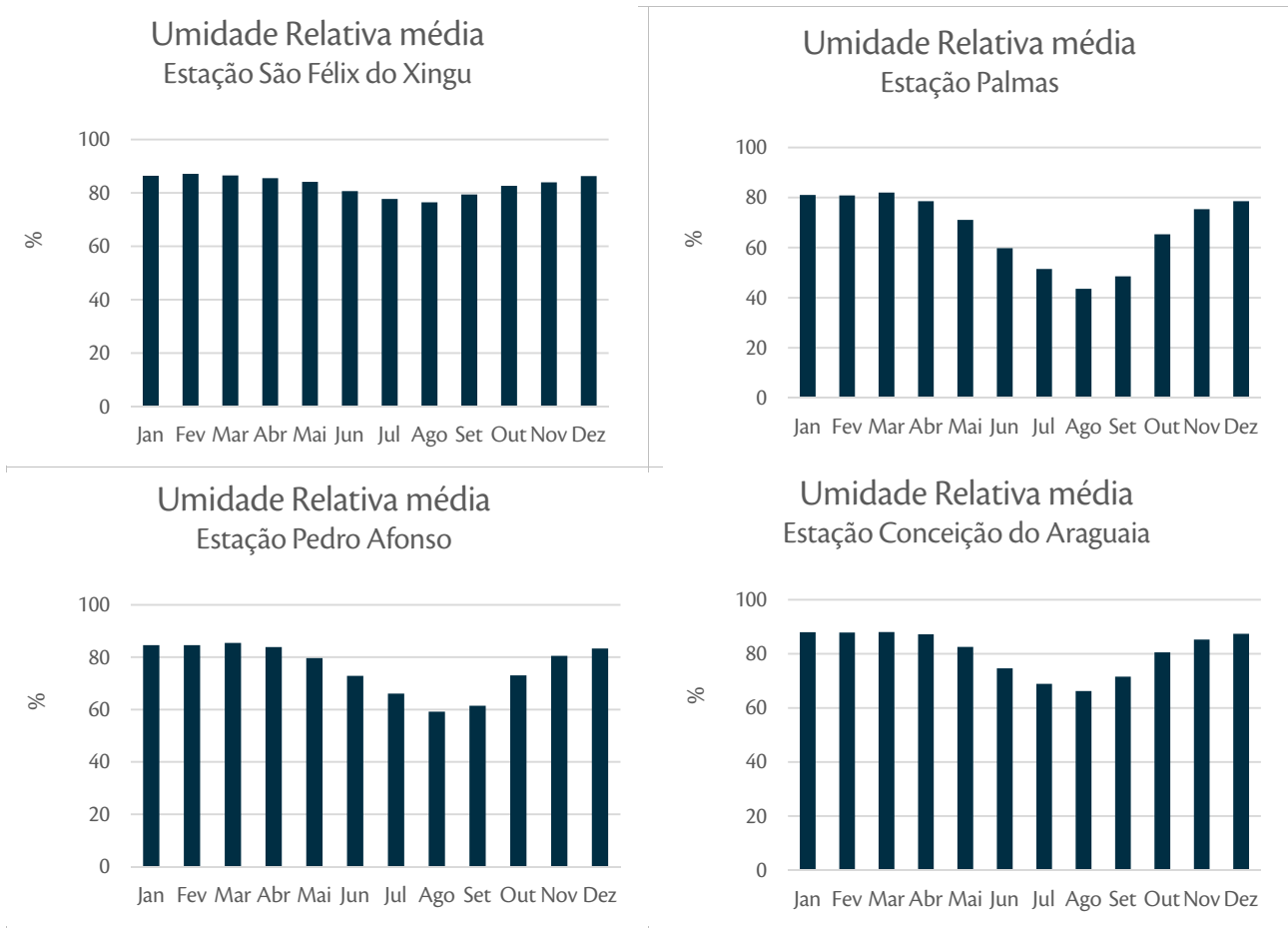


Figura 7. Umidade Relativa do Ar Média das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

➤ Pressão Atmosférica

Pressão atmosférica pode ser definida como uma pressão que é exercida pela coluna de ar que se situa em alguma superfície em virtude de seu peso. Tem relação direta com altitude e temperatura, funcionando como força motriz para a movimentação de ar de altas para baixas pressões.

Temos nossos pontos com pressões similares, por volta de 990 mbar. A única dissidência é a estação de Palmas, que se encontra a 277 m em se comparado com a estação de Pedro Afonso, que possui pressão por volta de 980 mbar e está situada em altitude de 190 m.

A média de pressão das estações é de 987 mbar, enquanto temos no mês de julho a maior pressão, de 989 mbar, seguida por junho e agosto caracterizando o trimestre de maiores pressões. O mês de menor pressão é o de novembro, com 986 mbar seguido por outubro e dezembro, caracterizando o trimestre de menor pressão.

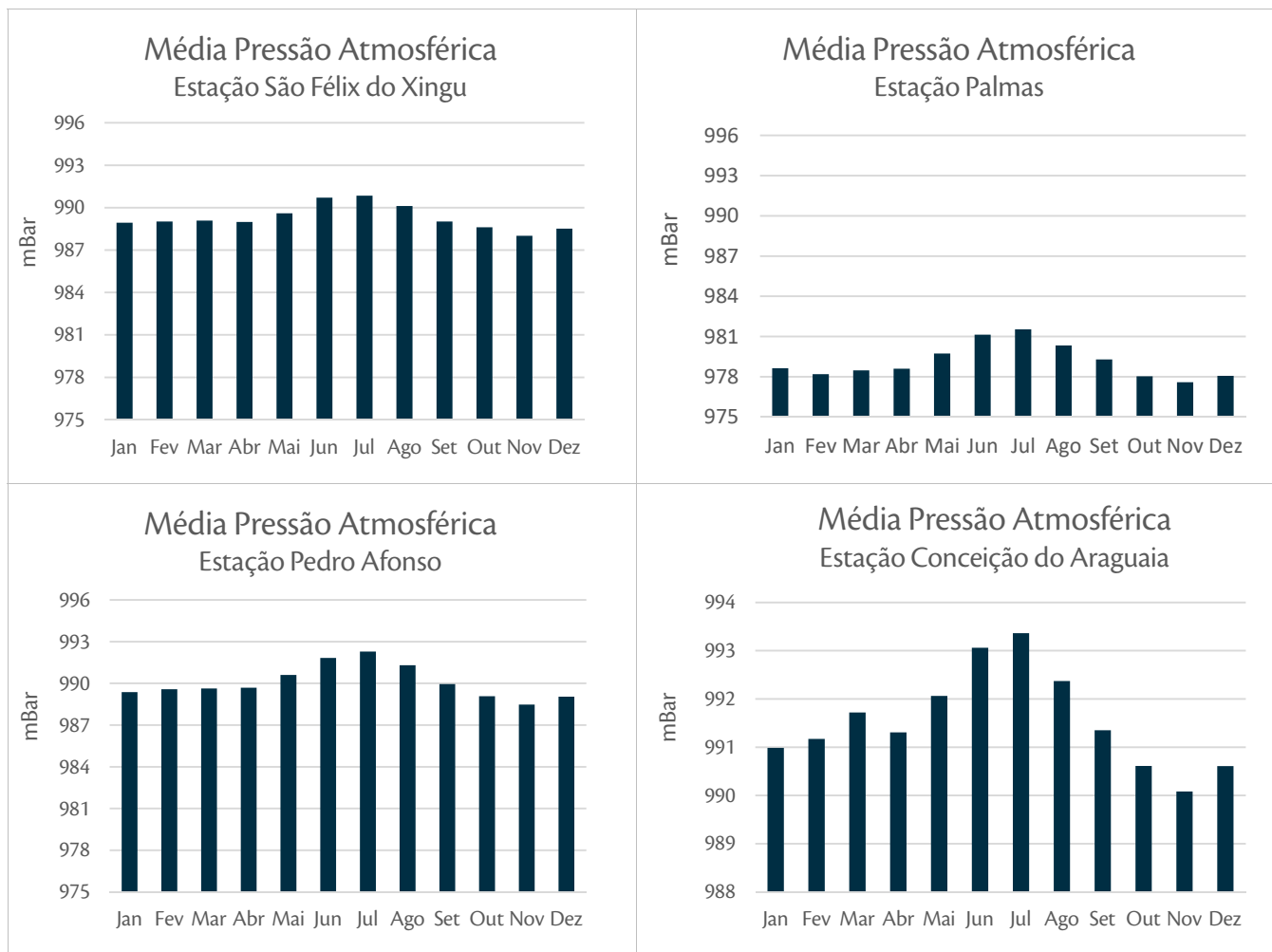


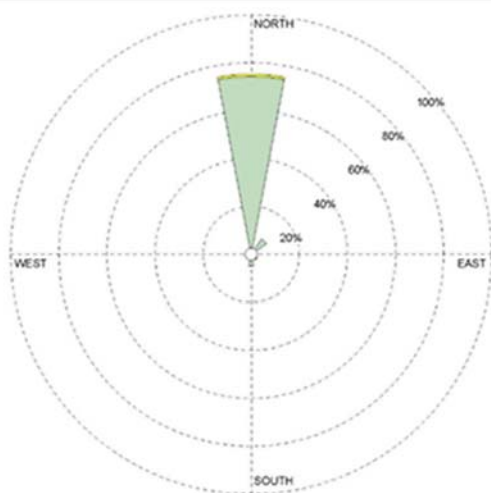
Gráfico 1. Média de Pressão Atmosférica das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

➤ Velocidade e Direção dos Ventos

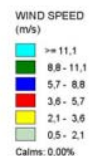
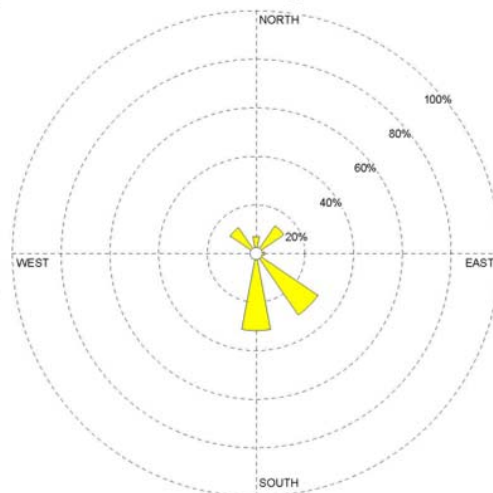
Chama-se vento a componente horizontal do vetor velocidade do ar. A caracterização do vento, em qualquer ponto da atmosfera, requer dois parâmetros: a direção e a velocidade.

Para essa análise foram usados dados de três estações, ao invés das quatro utilizadas para as outras componentes, ficando de fora a estação de São Félix do Xingu.

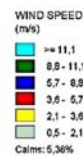
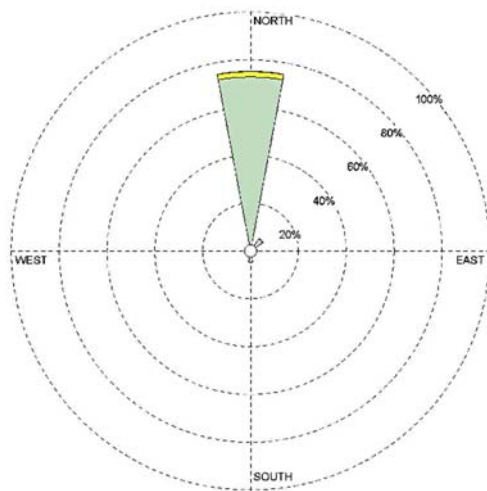
Nota-se, dentre essas estações, que a característica marcante é a de ventos vindos do norte, com velocidade média entre 0,5 e 2,1 m/s, porém, em dissidência, temos a estação de Conceição do Araguaia, que possui ventos com velocidades entre 2,1 e 3,6 m/s e predominantes de sul e sudeste.



Estação: Pedro Afonso
 População total: Frequência máxima: 3,6 m/s



Estação: Conceição do Araguaia
 População: Frequência máxima: 3,6 m/s



Estação: Palmas
 População: Frequência máxima: 3,6 m/s

Gráfico 2. Direção preferencial dos ventos representativa das áreas de estudo (série temporal 1987-2017). Fonte: INMET (2018).

➤ **Nível Cerâmico**

Os dados apresentados neste tópico baseiam-se essencialmente na ABNT NBR 5419:2005, norma que fixa as condições de projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas para proteger as edificações e estruturas contra a incidência direta dos raios. Esta norma se aplica a estruturas comuns, utilizadas para fins comerciais, industriais, agrícolas, administrativos ou residenciais. Não se aplica, portanto, a sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica externas às estruturas.

Para as estruturas abrangidas nessa normativa, os métodos de seleção do nível de proteção indicam, entre outros, a avaliação do risco de exposição. Esta avaliação considera que a probabilidade de uma estrutura ser atingida por um raio em um ano é o produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra pela área de exposição equivalente da estrutura.

De acordo com o item B.2.2 da ABNT (2005), a densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano. Conforme verificado no mapa de curvas isoceraúnicas do Brasil, o valor para a região, que abrange a All em questão, é da ordem de 9 raios por quilômetro quadrado ao ano (9 ng), sendo uma taxa média quando comparamos outras densidades existentes ao longo do território brasileiro.

Segundo a ABNT NBR nº 5419:2015, as descargas atmosféricas podem causar o desligamento dos sistemas de transmissão de energia elétrica em função da interrupção no isolamento da rede, ocasionando um curto circuito. Assim, são utilizados os níveis isoceraúnicos e a densidade de descargas atmosférica (km^2/ano) para determinar o risco de desligamento dos sistemas de transmissão de energia elétrica.

O índice ceráunico indica o número de dias com trovoadas durante o ano numa dada região. De acordo com Oliveira (1986), a atividade de descargas elétricas diminui com o aumento da latitude. Isto se deve à diminuição da altitude da isoterma $-10\text{ }^\circ\text{C}$, que corresponde à altitude do centro de cargas negativas da nuvem. Ainda segundo o autor, em toda a extensão territorial brasileira, a maior incidência de raios ocorre entre os meses de janeiro e março, que corresponde ao período sazonal de verão no Hemisfério Sul.

O território nacional foi mapeado pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), levando em consideração o cruzamento de dados de ocorrência dos parâmetros meteorológicos e fenômenos climatológicos, buscando a classificação das áreas geográficas de ocorrência de descargas elétricas e seu respectivo nível ceráunico (SHIGA, 2007).

O resultado deste cruzamento é o mapa de nível ceráunico do Brasil, apresentado na Figura 8, onde consta, ainda, a posição georreferenciada da área em estudo. Esta sobreposição indica que a área do empreendimento, está localizada mais próxima a curva isoceraúnica de 60, podendo apresentar de 60 a 100 dias por ano com ocorrência de descargas elétricas (Td - Nível Ceráunico). Desta forma, de acordo com SHIGA (2007), estes valores são considerados elevados. A norma ABNT NBR 5419:2001 estabelece que riscos diretos e indiretos para transmissão de energia são registrados quando o nível ceráunico chega a apresentar valores acima de 25 dias de ocorrência das descargas elétricas.

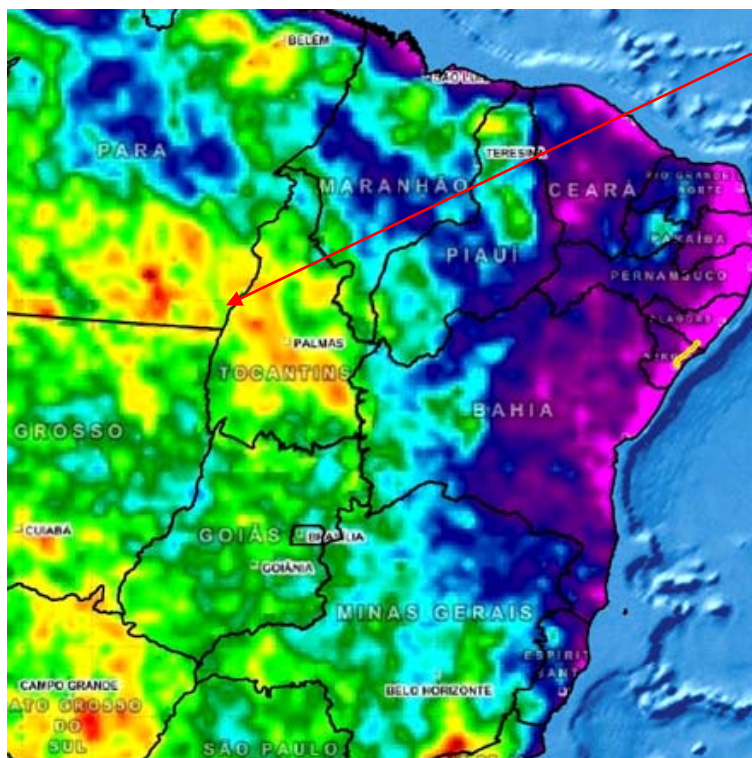
No entanto, para estudos de proteção contra desligamentos de linhas de transmissão causados por descargas atmosféricas, mais importante que o índice ceráunico é conhecer a densidade de descargas por quilômetro quadrado por ano. A norma ABNT NBR 5419:2015 define que o número das descargas atmosféricas que

influenciam a estrutura depende das dimensões e das características das estruturas e das linhas conectadas, das características do ambiente, assim como da densidade de descargas atmosféricas para a terra na região onde estão localizadas a estrutura e as linhas. Apenas quando não há dados de densidade de descargas para a região, a norma indica a utilização do índice cerâmico para análise do risco de desligamento do sistema.

Dessa maneira, a densidade de descargas por quilômetro quadrado por ano (N_g) para área do empreendimento é de 9,7. Conforme se avança tanto para leste e oeste há progressivo aumento do N_g , de modo que em um raio de 50 km a partir do centroide do polígono do empreendimento os valores máximos observados são 11,6 descargas/ km^2 /ano. A Figura 9 exibe o mapa com a densidade de descargas atmosféricas registrada nos municípios interceptados pela área em estudo.



Figura 8. Mapa de curvas isocerâmicas do Brasil com indicação da área de estudo (em vermelho). Fonte: ABNT NBR nº 5419:2001 (adaptado por AMBIENTARE, 2018).



Localização da
LDAT 138 kV

DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (DESCARGA/KM²/ANO)



Figura 9. Mapa de densidade de descargas atmosféricas no Brasil com indicação da área de estudo (em vermelho). Fonte: ABNT NBR nº 5419:2015 (adaptador por AMBIENTARE, 2018).

4.1.1.5. Conclusões

O conhecimento de fatores meteorológicos deverá ser considerado nos períodos de planejamento e implantação do empreendimento, visando otimizar recursos e ações necessárias para a implantação pretendida. Neste sentido, especial atenção é despendida para a caracterização da direção dos ventos dominantes, níveis cerânicos, valores médios mensais de temperatura e índices pluviométricos na região.

A caracterização do clima e meteorologia da área de influência do empreendimento, mostra-se relevante para avaliação de potenciais impactos, relacionados à dispersão de poluentes atmosféricos na AID, dispersão de ruídos, eventos de inundações e cheias, processos erosivos e assoreamento de cursos d'água, principalmente em períodos de maiores índices pluviométricos.

O clima é classificado como úmido a semiúmido pelo IBGE, caracterizado pela ocorrência de três a cinco meses secos temperatura média superior a 18°C, em todos os meses do ano.

Os dados das estações climáticas indicaram a existência de um período chuvoso, entre novembro e maio (7 meses), e um período seco, entre junho e outubro (5 meses). Todavia, pode-se notar um período de seca muito bem definido de junho a agosto, enquanto isso, temos os maiores totais pluviométricos no primeiro semestre do ano, janeiro, fevereiro e março, coincidindo com as menores temperaturas.

No período chuvoso deverão ser previstas ações que protejam o solo da influência erosiva das chuvas com formação e manutenção de bacias de contenção de sedimentos. Durante o período seco é recomendada a aplicação de ações de umectação de vias, de modo a evitar a dispersão de poluentes atmosféricos.

Vale ressaltar ainda que, os níveis cerânicos registrados na área de estudo apresentaram níveis consideráveis. Conforme verificado no mapa de nível cerâmico do Brasil o empreendimento está próximo à curva isocerâmica de 60, podendo apresentar de 60 a 100 dias por ano com ocorrência de descargas elétricas (Td - Nível Cerâmico). Além disso, observou-se que a densidade de descargas por quilômetro quadrado por ano (Ng) para área do empreendimento é de 9,7.

Considerando esses dados, é recomendável aos projetistas da LD em tela, se atentem para a busca de soluções que amenizem possíveis riscos sobre a linha de transmissão por descargas elétricas, tais como perda de vida humana e de serviço público. Assim, sugere-se uma avaliação dos métodos previstos no Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA indicados na nova norma ABNT NBR nº 5419:2015.

Caso ocorra construção de bases no período chuvoso deverão ser previstas ações que protejam o solo da influência erosiva das chuvas com formação e manutenção de bacias de contenção de sedimentos. Durante o período seco são recomendadas a aplicação de ações de umectação de vias, orientar movimentação em baixa velocidade, mediante treinamento e sinalização das vias, de modo a evitar a dispersão de poluentes atmosféricos.

4.1.2. Recursos Hídricos

4.1.2.1. Metodologia

A caracterização dos recursos hídricos na Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento pode ser dividida em quatro etapas metodológicas que ocorreram de forma sequencial. A primeira etapa consistiu no levantamento de base de dados secundários acerca dos recursos hídricos da região, a segunda etapa, executada com auxílio de softwares de GIS (*Geographic Information System*), consistiu em uma análise pré-campo dos dados geográficos disponíveis para definição de pontos de interesse para verificação em campo, na terceira etapa foi realizado o trabalho de campo, do dia 12 ao dia 14 de outubro de 2018, afim de validar as informações levantadas preteritamente, por fim na quarta etapa executou-se a integração dos dados primários e secundários.

A delimitação das microbacias afetadas pelo empreendimento foi realizada por meio da base ortocodificada disponibilizada pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2018), assim como a base hidrográfica utilizada para conferência das intersecções entre a LD e os cursos d'água da região.

Para análise da vulnerabilidade à ocorrência de inundações nas bacias interseccionadas pelo empreendimento, foi utilizado o Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA 2014) e respectivo arquivo vetorial correspondente aos estados do Pará e do Tocantins.

4.1.2.2. Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (RHTA)

A Região Hidrográfica (RH) do Tocantins-Araguaia localiza-se em cinco estados brasileiros e no Distrito federal. Além de ocupar porções de três regiões do país (Centro-Oeste, Nordeste e Norte), faz divisa com a RH do Atlântico Nordeste, RH do Parnaíba, RH do São Francisco, RH do Paraná, RH do Paraguai e a RH Amazônica.

A área aproximada da RH do Tocantins-Araguaia é de 920 mil km² (cerca de 10,8% do território brasileiro) (ANA, 2015), que se distribuem ao longo dos estados de Goiás (21% da área do total da bacia), Mato Grosso (15%), Tocantins (30%), Maranhão (4%), Pará (30%) e do Distrito Federal (0,1%) (Figura 10).

De acordo com dados da ANA (2015) a RH do Tocantins-Araguaia possui 409 municípios, dos quais 384 tem suas sedes municipais na área drenada pela RH. Segundo dados do censo do IBGE (2010), vivem dentro dos limites da RH, cerca de 8,6 milhões de pessoas, sendo que 76% desta população encontra-se nos centros urbanos de cidades como Belém (PA), Imperatriz (MA) e Palmas (TO). Ainda de acordo com os dados do censo do IBGE (2010) a densidade demográfica da RH é de 9,3 habitantes por km², o que é 2,5 vezes menor do que a média brasileira, que é de 22,4 habitantes por km².

A RHTA é uma área de grande relevância para o país, atualmente a região apresenta um grande potencial hídrico que atende as mais diversas atividades, como a irrigação, o abastecimento público, produção de energia, a mineração e a indústria. Em termos de geração de energia, tem potencial hidrelétrico de 27.033 MW, considerando somente o rio Tocantins (ANEEL, 2016). A região destaca-se no processamento de produtos agropecuários como a soja, o arroz, o milho e a carne bovina.

A RH é dividida em duas grandes Unidades Hidrográficas (UH), a UH do Tocantins, maior e mais expressiva em termos de área, ocupando aproximadamente 533 km², ou seja 57% do total da RH Tocantins-Araguaia e a UH Araguaia, onde insere-se o empreendimento alvo deste estudo, que ocupa os 387 km² restantes da área da RH.

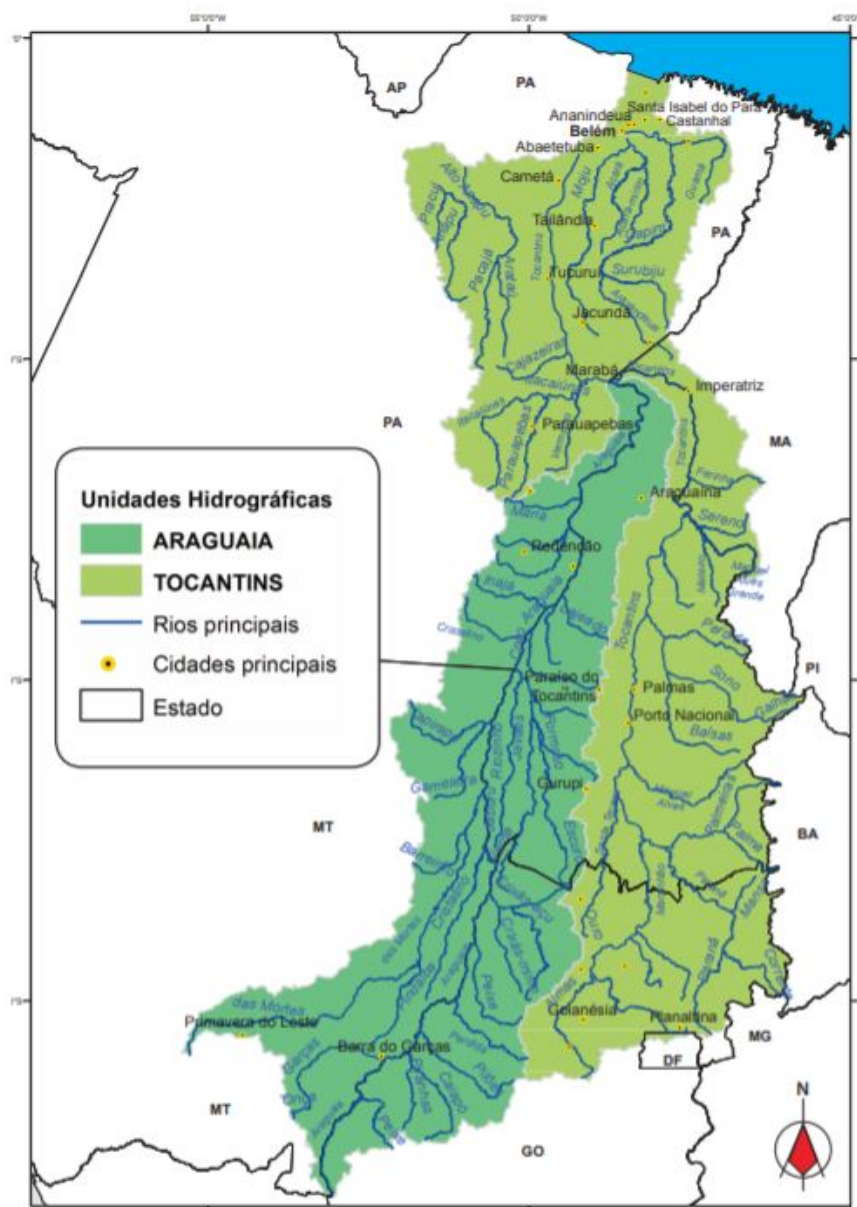


Figura 10. Delimitação da Região Hidrográfica Tocantins – Araguaia e de suas Unidades Hidrográficas. Fonte: ANA (2015).

4.1.2.3. Caracterização Hidrográfica das Áreas de Estudo

As AIs, AIDs e ADAs do empreendimento alvo encontram-se totalmente inseridas dentro dos limites da Sub-bacia Hidrográfica (SBH) do rio Araguaia (Mapa 1), sendo que a LD proposta por este estudo cruza o rio Araguaia na altura dos municípios de Santana do Araguaia (PA) e Caseara (TO), no médio curso do rio.

➤ **Bacia Hidrográfica do rio Araguaia**

O rio Araguaia tem as suas nascentes na Serra dos Caiapós, próximo à divisa entre os estados de Goiás e Mato Grosso, onde corre preferencialmente no sentido S – N e quase em paralelo com o rio Tocantins, do qual é o

principal afluente. Os principais tributários do rio Araguaia são o rio das Mortes em sua margem esquerda e o rio Javés pela direita.

Com cerca de 2.120 km de extensão, drenando uma área de aproximadamente 365 mil km² e com vazão média de 6.420 m³/s, o rio Araguaia pode ser subdividido em três grandes trechos de acordo com MATTA (2000):

1. **Alto Araguaia** – corresponde ao trecho que se situa das nascentes até a cidade de Registro do Araguaia, numa extensão de cerca de 450 km e desnível de 570m. Esse trecho é caracterizado pelo maior gradiente médio de todo Araguaia (1,2 m/km) e a menor profundidade (0,30 m), o que o torna desfavorável à navegação;
2. **Médio Araguaia** – corresponde ao trecho que vai de Registro do Araguaia até a cidade de Santa Isabel do Araguaia, com uma extensão de 1.505 km e desnível de 185 m. Esse trecho corresponde a uma vasta planície sedimentar, com reduzida declividade do terreno, inundável nos períodos de enchentes;
3. **Baixo Araguaia** – corresponde ao trecho entre Santa Isabel do Araguaia até a foz, cobrindo uma extensão de 160 km e desnível de 11 m.

A SBH do Araguaia se estende por 4 estados brasileiros, sendo eles Goiás e Mato Grosso no Centro-Oeste e Tocantins e Pará no Norte; e abrange dois importantes biomas, sendo que 77% de sua área total encontra-se no Cerrado e 23% na Amazônia de acordo com a delimitação de biomas do IBGE.

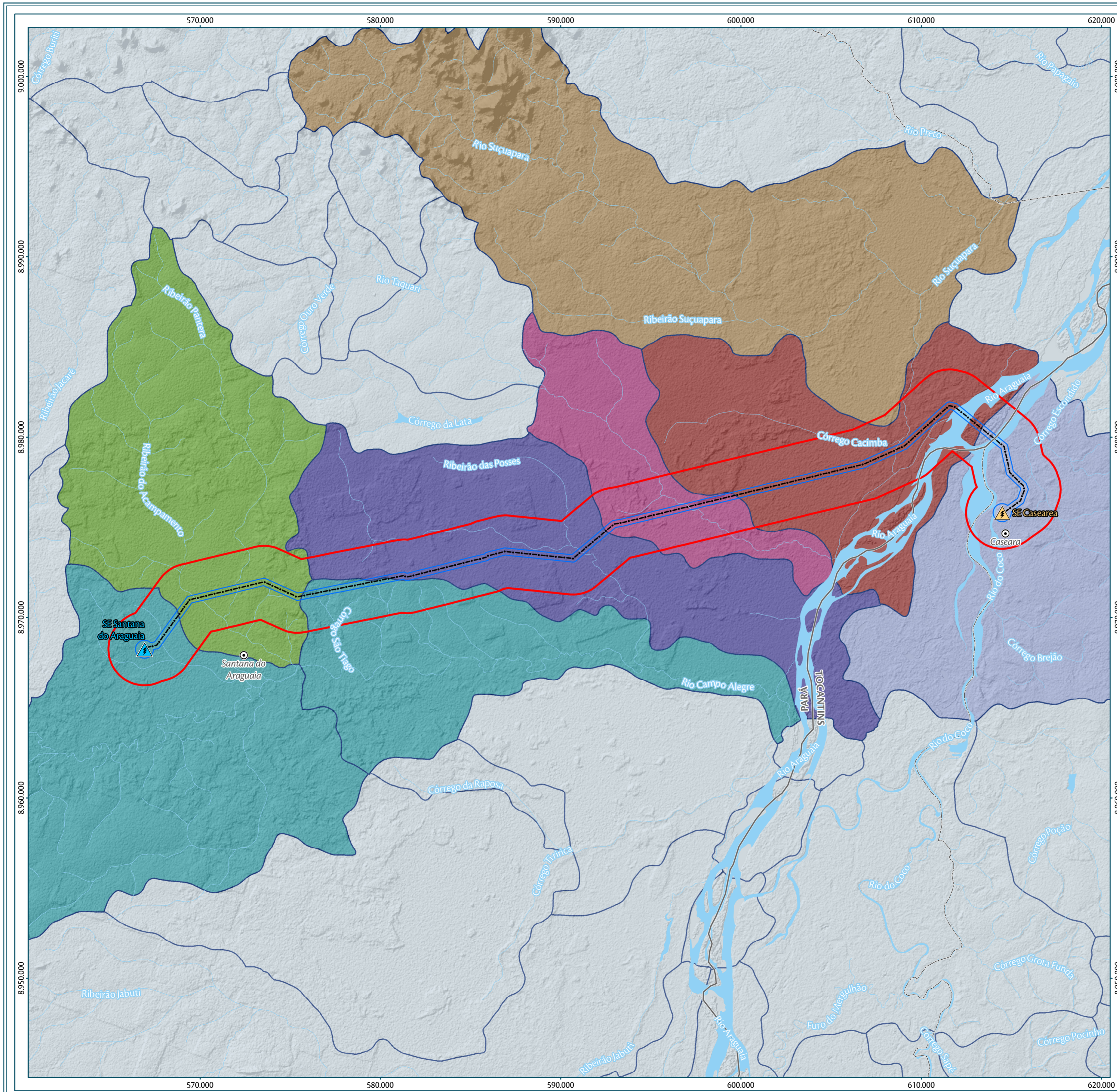
De acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), a população que reside na área da SBH do Araguaia e de aproximadamente 1,96 milhões de pessoas, com a maior concentração populacional no município de Axixá do Tocantins (TO) (92,2 habitantes por km²) e a menor no município de Santa Rita do Tocantins (TO) (0,2 habitantes por km²). O município mais populoso da SBH é Araguaína (TO) com cerca de 105 mil habitantes e o menos populoso é Oliveira de Fátima (TO) com 754 habitantes.

O rio Araguaia vem sendo alvo de elevada degradação ambiental. Dentre os principais impactos destacam-se a pesca predatória, a presença de pequenas cidades ribeirinhas na planície, grandes fazendas, atividades agropecuárias, algumas atividades de mineração, projetos de irrigação e o intenso turismo na estação da seca (Castro, 1995, Pinheiro, 2004).

De acordo com diagnóstico de qualidade da água do Rio Araguaia e tributários, realizados entre os anos de 2004 e 2007, as águas do rio Araguaia e tributários encontram-se num razoável padrão de qualidade (Pinheiro et. Al, 2006), sendo classificadas do ponto de vista sanitário como de Classe 2 conforme preconizado na legislação vigente (Resolução CONAMA, nº 357/2005). No estudo, ressalta-se a ausência de dados históricos acerca da qualidade ambiental deste curso hídrico. Recentemente, entre os anos de 2017 a 2019 a Secretária de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins divulgou boletim trimestral de análise de qualidade da água que faz parte do Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA de iniciativa da Agência Nacional de Águas (ANA). As coletas são realizadas ao longo das bacias hidrográficas prioritárias do TO. Com base nesses dados, o Ponto de amostragem localizado no rio do Coco em Caseara-TO apresentou alta variação dos parâmetros, com concentrações de OD abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 Classe 2 (6,0 mg/l) no período chuvoso.

Desta forma, no contexto geral da SBH do Araguaia e de acordo com a base hidrográfica disponibilizada pela ANA (2018), as áreas de influência do empreendimento localizam-se no médio curso do rio Araguaia, ocupando trechos em suas duas margens e cortando alguns afluentes diretos (rio Campo Alegre, rio Taquari, rio do Coco e córrego Escondido) e indiretos (ribeirão do Acampamento, ribeirão Pantera, ribeirão das Posses, córrego São Tiago e córrego Cacimba) assim como o próprio Araguaia (Tabela 2).

Alguns outros cursos d'água também foram observados dentro das áreas de estudo, porém não constam na base de drenagem utilizada (base ottocodificada, ANA, 2018), tal como o córrego Piscinão que é interceptado pelo projeto da LD na porção sudoeste da ADA (Figura 13 e Figura 14). O Mapa 1. Sub-bacias hidrográficas Nível 5.



Parâmetros Cartográficos

0 3 6 9 km

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Meridiano Central: -51°
Fuso: 22 Sul

Legenda

- ⊙ Sede Municipal
- ⚡ SE Caseara
- ⚡ SE Santana do Araguaia
- LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara
- ~ Curso D'Água
- ~ Corpo D'Água
- Área de Influência Direta - AID
- Área de Influência Indireta - AI
- Limite Municipal
- Divisa Estadual

Sub-bacias Hidrográficas Nível 5:

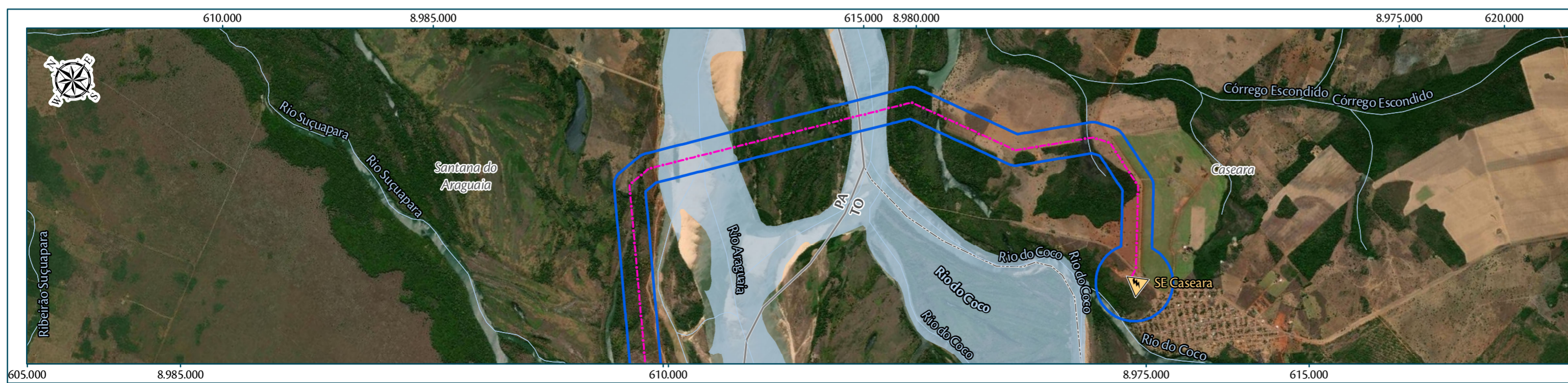
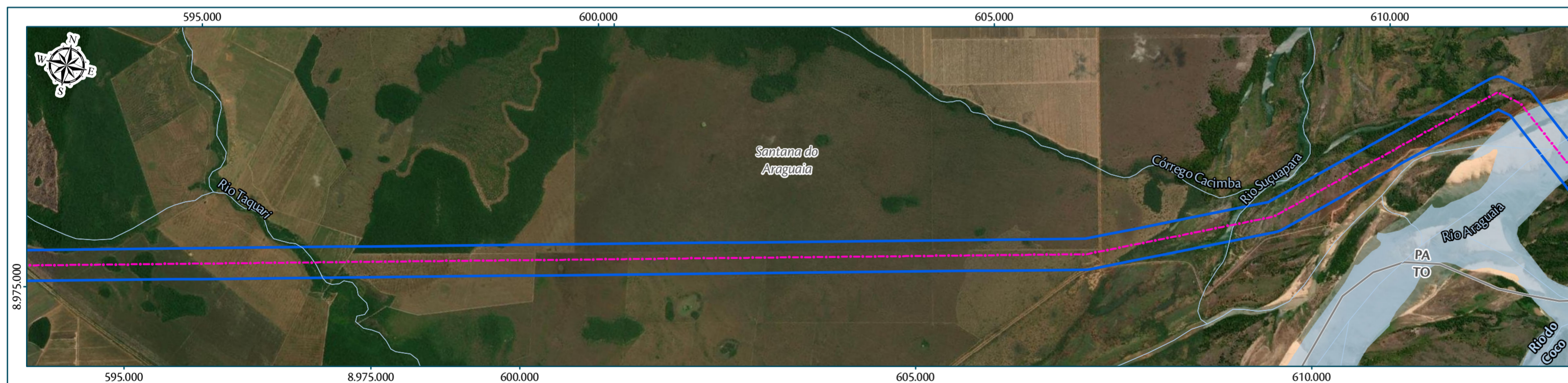
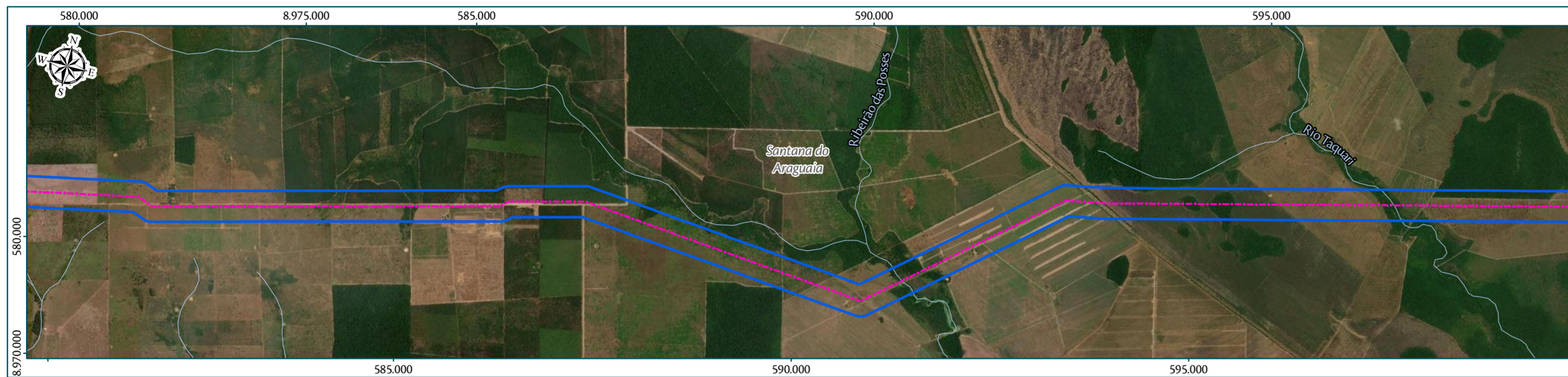
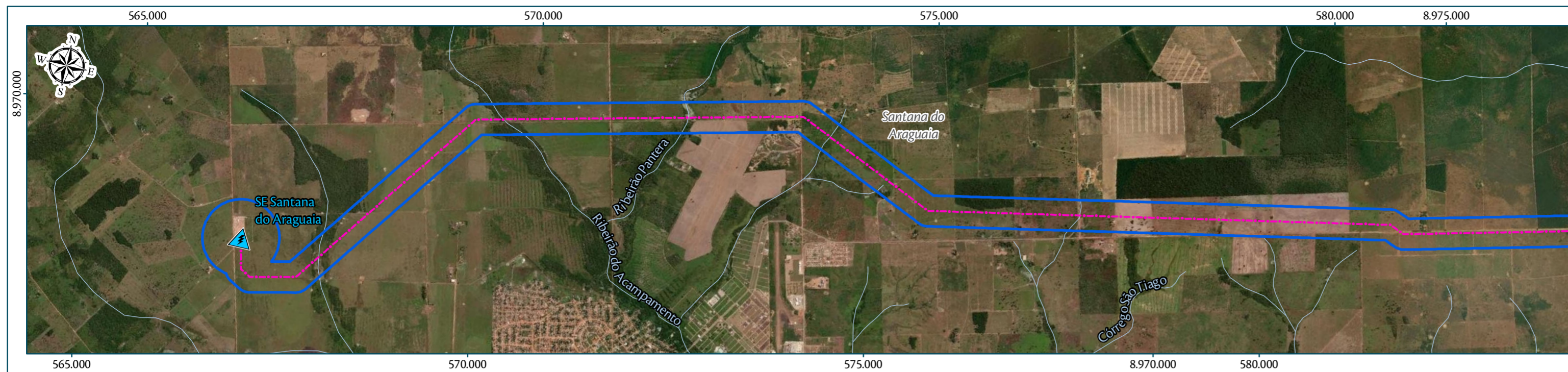
- Ribeirão das Posses
- Ribeirão do Acampamento
- Rio Araguaia
- Rio Campo Alegre
- Rio Suçuapara
- Rio Taquari
- Rio do Coco
- Não Interceptadas



Fonte

Base Cartográfica Contínua do Brasil (1:250.000); IBGE Geociências, 2017; Sub-bacias Nível 5: Plano Nacional de Recursos Hídricos (1:1.000.000), ANA - Agência Nacional de Águas, 2006.

Empreendedor/Cliente		Execução
Projeto		
Licenciamento Ambiental da LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara		
Tema		
Recursos Hídricos Sub-bacias Hidrográficas		
Escala	Responsável Técnico	Produto
1:150.000	Isadora Coppetti Alvarez Engenheira Florestal CREA: 20.919/D-DF	MAPA-01/A2
Data		
Março/2019		



Parâmetros Cartográficos

0 1 2 3 km

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Meridiano Central: -51°
Fuso: 22 Sul

Legenda

- SE Caseara
- SE Santana do Araguaia
- LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara
- Curso D'água
- Massa D'água
- Área de Influência Direta - AID
- Limite Municipal
- Divisa Estadual



Fonte

Base Cartográfica Contínua do Brasil (1:250.000): IBGE Geociências, 2017; Imagens: World Imagery fornecida pela galeria Basemap do ArcGis 10 (ESRI).

Empreendedor/Cliente		Execução
Projeto		
Licenciamento Ambiental da LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara		
Tema		
Recursos Hídricos		
Escala	Responsável Técnico	Produto
1:50.000	Raiane Machado Geóloga	MAPA-01/A2
Data	CREA: 29.176/D-DF	
Agosto/2020		

Tabela 2. Principais cursos hídricos da Sub-bacia do rio Araguaia interceptados pelo empreendimento.

IDENTIFICAÇÃO
Rio Araguaia
Rio Taquari
Rio Coco
Rio Campo Alegre
Ribeirão Acampamento
Ribeirão Pantera
Ribeirão Posses
Córrego Cacimba
Córrego Escondido
Córrego São Tiago
Córrego Piscinão



Figura 11. Vista a partir da margem esquerda do rio Araguaia onde a LDT irá intersecciona o rio (Coordenadas UTM 612598 E/ 8982010 N).



Figura 12. Ponto de intersecção entre o rio Araguaia e a LDT (Coordenadas UTM 612598 E/ 8982010 N).



Figura 13. Travessia do córrego Piscinão (Coordenadas UTM 569830 E/ 8971066 N).

Figura 14. Ponte sobre o córrego Piscinão próximo ao trecho de intersecção com a ADA (Coordenadas UTM 569830 E/ 8971066 N).



Figura 15. Vista parcial do Ribeirão Taquari (Coordenadas UTM 603990 E/ 8973682 N).



Figura 16. Ribeirão Taquari com visado noroeste (Coordenadas UTM 603990 E/ 8973682 N).

4.1.2.4. Análise dos Fenômenos de Cheias e Vazantes

A região do médio curso do rio Araguaia, onde está localizada a LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara, é naturalmente uma área bastante afetada pelos fenômenos sazonais de cheia e vazante, pois o médio curso do Araguaia é a porção com menores gradientes de declive (12, 29 %) dentro de toda a SBH do Araguaia e a vazão do seu canal principal é aproximadamente 2.493,56 m³/s (CARVALHO, 2009)

Dessa forma, pequenas elevações na precipitação acarretam em grandes efeitos no regime hídrico da região, da mesma forma que no período seco, a baixa quantidade de chuvas na bacia faz com que o rio recue em sentido de seu talvegue exercendo menos influência na planície fluvial.

As cheias do médio curso do rio Araguaia, na região de Santana do Araguaia e Caseara, ocorrem geralmente entre os meses de janeiro e abril (AQUINO et. Al, 2006), período em que, tanto o rio Araguaia quanto seus tributários menores tendem a avançar distâncias da ordem de dezenas de metro em suas planícies de inundação.

De acordo com os dados do Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA 2014) e seu respectivo arquivo vetorial correspondente aos Estados do Pará e Tocantins, na área de influência verifica-se a ocorrência de quatro trechos de drenagem com vulnerabilidade a inundação. Dois desses quatros trechos apresentam interseção com o traçado da LD nas porções oeste e leste da ADA. Na porção oeste, verifica-se a drenagem denominada de Ribeirão Pantera, que apresenta uma vulnerabilidade baixa para ocorrência de inundações. Já a leste, verifica-se uma vulnerabilidade Alta para ocorrência de inundações representada pela confluência do rio Araguaia com rio do Coco (Figura 17 até a Figura 20).



Figura 17. Área sujeita a inundações no período chuvoso – Rio Campo Alegre próximo a confluência do Ribeirão Pantera (Coordenadas UTM 568085 E/ 8964641 N).



Figura 18. Vista da planície de inundação do rio Campo Alegre (Coordenadas UTM 568085 E/ 8964641 N).



Figura 19. Confluência do rio Coco com o Araguaia. Área de potencial alagamento nos períodos chuvosos (Coordenadas UTM 613580 E/ 8979174 N).

Figura 20. Vista parcial do rio do Coco próxima a sua confluência com o rio Araguaia. (Coordenadas UTM 613987 E/ 8977780N).

Durante os trabalhos campo foram registrados cinco pontos de controle que demonstram vestígios no relevo sobre o alcance do N.A em períodos chuvosos nesses trechos indicados pela ANA (2014). Todavia, vale ressaltar que a campanha de campo, foi realizada de 12 a 14 de outubro, período este considerado o início do período chuvoso na região. Assim, em todos os pontos, verificou-se que as drenagens exibiam cotas de N.A baixos, típicos do período seco.

Assim, na Figura 21 até a Figura 28, são apresentadas as cotas de N.A que cada drenagem pode alcançar em períodos de cheias, levando em conta os vestígios no relevo identificados em campo e também relatos de um morador residente na região a mais de 20 anos, que conhece e convive com o regime hídrico do local. Conforme observado nessas figuras, os N.As nos pontos estudados podem alcançar de 2 a 5 metros de altitude, em períodos chuvosos de acordo com os resultados de campo.

Dessa maneira, em complemento aos dados de inundação coletados na ANA (2014), utilizou-se ferramentas de SIG, para simular as cotas de cheias, considerando os dados primários coletados em campo e a imagem Alos com resolução de 10 metros para toda o empreendimento. Para não haver distorções no método, optou-se em utilizar as cotas altimétricas da imagem Alos em cada ponto vistoriado, visto que o GPS de navegação pode sofrer interferências de sinais nos pontos de coleta.

Nesse sentido, a Tabela 3, resume a altimetria do N.A verificado in loco, os metros de capacidade de cheias a partir de cada ponto crítico, considerando os vestígios do relevo, e a altimetria correspondente a capacidade de cheias adquirida pela imagem Alos. Depois disso, realizou-se a reclassificação da imagem de acordo as cotas levantadas.

Tabela 3. Pontos de vistoria de campo e cotas de N.As.

Ponto de campo	Cota do N.A vistoriado na imagem Alos (m)	Capacidade de inundação por altura (m)	Altimetria correspondente a capacidade de inundação (m)
Ponto 48	141	4,5	145,50
Ponto 50	141	5,0	146,00
Ponto 52	149	2,0	151,00
Ponto 10	153	3,5	156,50
Ponto 33	154	2,0	156,00

Fonte: Ambientare, 2018.



Figura 21: Aspecto geral do Rio Campo Grande e cota de N.A (153m) verificada em campo (Coordenadas UTM 568085 E/ 8964641 N)



Figura 22: Detalhe da encosta do Rio Campo Grande onde verificou-se vestígios de solapamento no relevo originados pelo aumento da quantidade e velocidade das águas deste rio, a cerca de 3,0m de altitude da cota verificada em campo.



Figura 23: Aspecto geral do Ribeirão Panteira e cota de N.A (154m) verificada em campo (coordenadas UTM 571646 E/ 8969188 N)



Figura 24: Aspecto geral da planície de inundação situada a montante da cota de N.A do Ribeirão Pantera a cerca de 2,0 m de altitude deste ponto (coordenadas UTM 571439 E/ 8969127 N).



Figura 25: Detalhe da encosta do Rio Araguaia onde verificou-se vestígios de solapamento no relevo originados pelo aumento da quantidade e velocidade das águas deste rio, a cerca de 4,5m de altitude da cota verificada em campo (141 m - coordenadas UTM 612657 E/ 8982059 N)



Figura 26: Detalhe da encosta do Rio Araguaia onde verificou-se vestígios de erosão de margem no relevo originados pelo aumento da quantidade e velocidade das águas deste rio, a cerca de 5,0 m de altitude da cota verificada em campo (141 m - coordenadas UTM 609864 E/ 8979559 N)



Figura 27: Aspecto geral da rodovia PA-411 a margem esquerda do Rio Araguaia onde foi identificado vestígios de inundação em marcas no poste paralelo a via, cota 149m (coordenadas UTM 612657 E/ 8982059 N)



Figura 28: Detalhe da marca em poste paralelo na rodovia PA-411 a cerca de 2,0 m da superfície (coordenadas UTM 612657 E/ 8982059 N)

A Figura 29 e Figura 30 apresentam os dados de risco de inundação da ANA (2014) e os dados da interpolação das cotas de capacidade de cheias verificados in loco, com sobreposição em imagem de satélite. Os resultados indicaram um baixo risco de inundação na confluência entre o rio Campo Alegre e o Ribeirão da Pantera (porções sudoeste da AE), e um alto risco nas proximidades do rio Coco com rio Araguaia (porção leste da AE). De forma semelhante, nas mesmas regiões com riscos de inundação indicados pela ANA (2014), foram verificadas cotas altimétricas com capacidade de cheias em períodos chuvosos. Na região de alto risco, os resultados avaliados por cotas altimétricas, sinalizaram em um período crítico possíveis influências de inundações na porção oeste até o sentido central da AID e AII baseado nos pontos amostrais (Figura 29).

De acordo com a ANA (2014), nas proximidades do trecho do Ribeirão Pantera, que intercepta com a LD, a classificação de risco baixo significa que na região há mais de 10 anos não são observados eventos de inundação. Caso ocorra a inundação, os impactos também são classificados como baixos, podendo existir danos localizados (ANA,2014). Entretanto, nas proximidades dos trechos do Rio Araguaia e Rio Coco, que também interceptam

com a LD, verificam-se um risco alto as inundações. De acordo com a ANA (2014) esse risco significa que na região há eventos de inundações graduais observados em um período inferior a cinco anos.

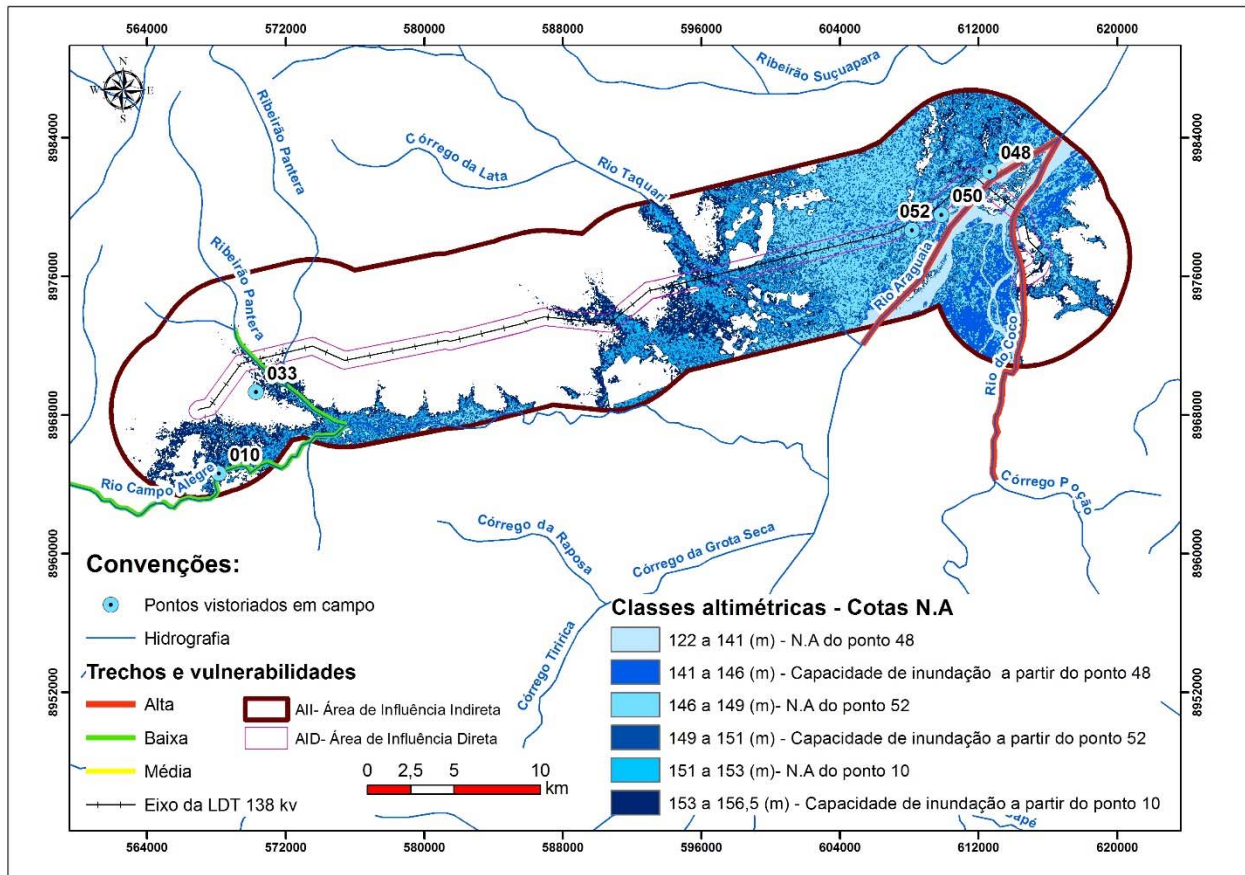


Figura 29: Mapa de vulnerabilidade a inundações, pontos de controle de N.A e cotas com capacidade de inundações extraídas de imagem Alos. Fonte: ANA (2014) e Ambientare, 2018.

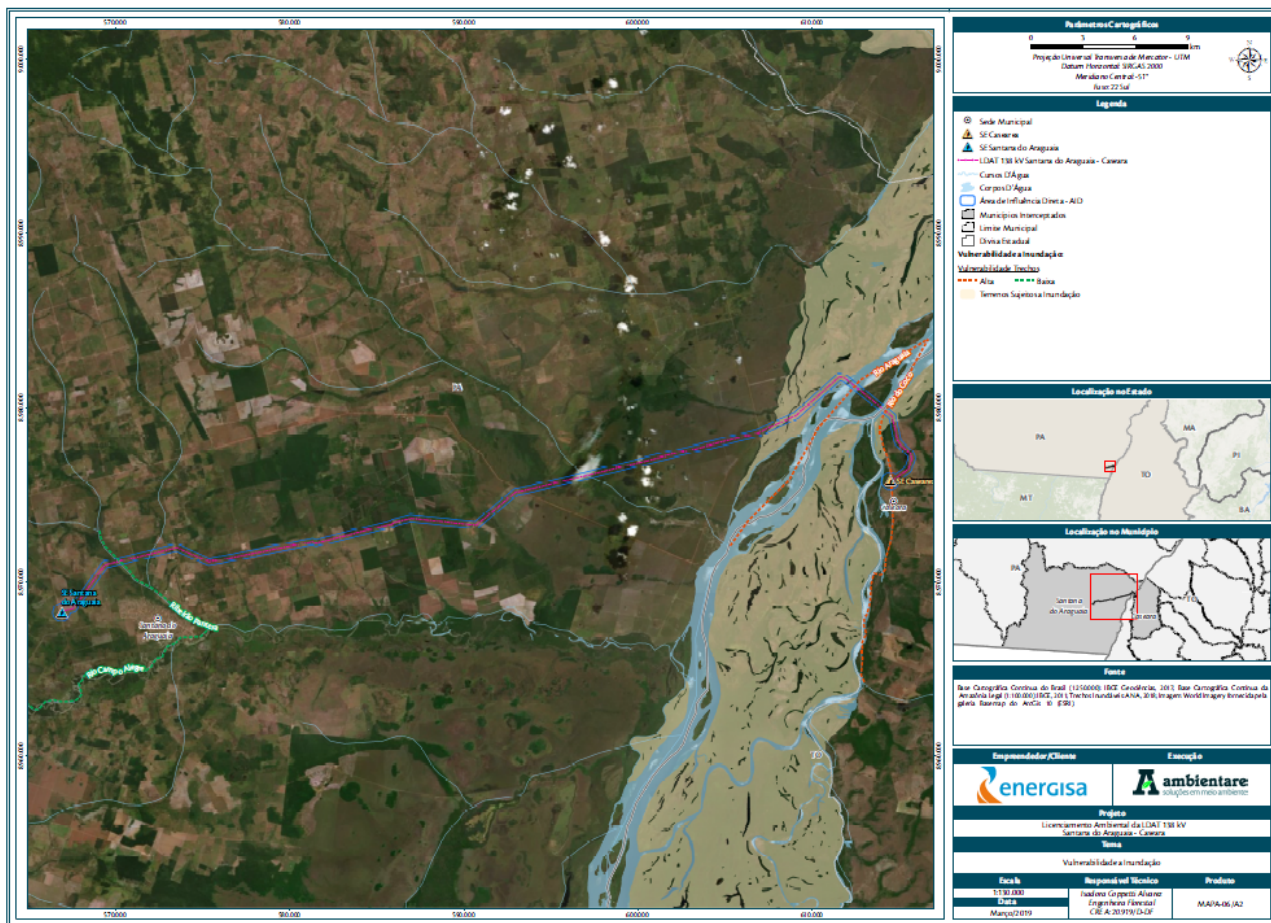


Figura 30: Mapa de vulnerabilidade a inundação com a LDAT sobreposta a imagem de satélite. Fonte: ANA (2014) e Ambientare, 2018.

4.1.2.5. Conclusões

A região onde será construída a LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Casarea é sujeita a períodos sazonais de cheia, porém não se diagnosticou influência direta destes períodos, estando apenas as porções mais próximas ao rio Araguaia e sua confluência com o rio Coco, além de áreas às margens do rio Campo alegre sujeitas a grandes avanços dos cursos d'água durante os períodos chuvosos.

Considerando a presença da drenagem perene na ADA, ressalta-se a necessária conservação do ribeirão Pantera, rio Taquari, rio Araguaia e rio do Coco. A fase de obras, não tem previsto a realização de terraplenagem, porém irá realizar a instalação de estruturas fixas, e infraestrutura temporária, que considerarão a proteção desse recurso hídrico.

Como forma de minimizar os possíveis impactos na drenagem local, recomenda-se ao empreendedor executar na fase de obras um programa ambiental que vise o controle dos processos erosivos, incluindo o monitoramento na etapa de execução das obras de instalação e a proteção do curso de água, tais como, bacias de retenção, drenagens provisórias e demais dispositivos de drenagem.

4.1.3. Geologia

4.1.3.1. Metodologia

A metodologia de pesquisa aplicada para o levantamento da configuração do arcabouço geológico da AII e AID pode ser dividida em três grandes eixos, sendo eles o levantamento bibliográfico, o trabalho de campo e a compilação de dados e confecção de relatório técnico. As três etapas aconteceram em sequência, sendo a anterior sempre base para a posterior.

O Levantamento bibliográfico acerca da área foi realizado preteritamente ao trabalho de campo, de forma que foram compilados dados bibliográficos que possibilitaram a construção de um embasamento teórico que fundamentou e estruturou o levantamento na AID.

Assim como a bibliografia, também foram levantadas as bases cartográficas geológicas da região por meio do Geobank (<http://geobank.cprm.gov.br/>) da CPRM. Os mapas utilizados como base para a caracterização das áreas estudadas são integrantes da série de mapeamentos da geodiversidade da CPRM, tendo sido utilizado o mapa de geodiversidade do Pará em escala de 1:2.000.000 (CPRM, 2010) e para o Tocantins o mapa da mesma série na escala de 1:1.100.000 (CPRM, 2016).

As informações sobre a geologia local foram avaliadas em conjunto com os temas de pedologia e geomorfologia, em especial devido ao fato de serem raros os afloramentos rochosos existentes na região. Além disso, foi feita análise integrada com o tema geomorfologia em decorrência da elaboração do mapa de risco geotécnicos nas áreas de influência, para elaborar um diagnóstico ambiental mais focado nos processos geológico-geotécnicos, necessários para orientar de forma sinérgica as obras de engenharia pretendidas. Juntamente com esses dados, foram analisados e incorporados ao capítulo uma análise sobre sondagens de percussão elaboradas pela empresa GEOTÉCNICA RM ENGENHARIA E GEOTECNIA na ADA e AID.

Dessa forma, a caracterização geomorfológica da Área Diretamente Afetada pelo empreendimento foi concluída mediante levantamento de dados primários – campo realizado nos dias 12 a 14 de outubro, e com auxílio de mapas de hipsometria e de declividade cuja compreensão foi voltada para a morfologia do relevo, de modo a subsidiar a construção do mapa de risco que será detalhado no tópico afeto a Suscetibilidade a fenômenos morfodinâmicos. Os métodos utilizados para elaboração desses mapas serão apresentados no tópico afeto a Geomorfologia. O mapa de hipsometria foi elaborado na escala 1:250.000, sendo detalhado em 10 classes, com a cota mínima de 122 m e a máxima de 204 m (Figura 31). Para a identificação do grau de declividade das áreas em estudo foi elaborado o mapa de declividade na escala 1:250.000, no qual adotou-se as seguintes classes de declive: 0 – 3%, 3 – 8%, 8 – 20%, 20 – 45%, 45 - 75% e superior a 75% (Figura 32).

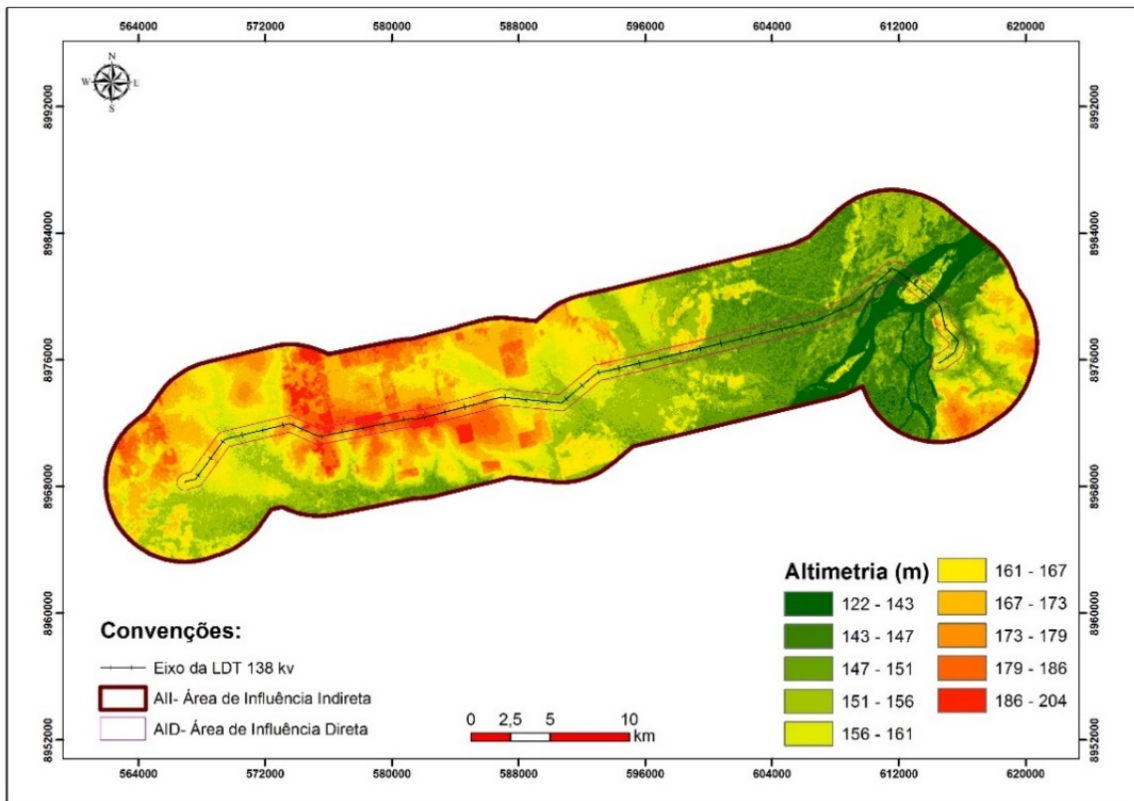


Figura 31: Mapa de hipsometria das áreas de influência.



Figura 32: Mapa de declividade das áreas de influência.

Por fim, após as análises bibliográficas, cartográficas e de campo, os dados foram compilados e o relatório técnico elaborado.

4.1.3.2. Geologia Regional e Arcabouço Geotectônico

O empreendimento está localizado na fronteira entre dois domínios geológicos distintos, a porção sudeste do Cráton Amazônico, no estado do Pará, e o Cinturão Orogênico Araguaia, em Tocantins.

O Cráton Amazônico tem área de aproximadamente 4,4 milhões de quilômetros quadrados e está situado na parte norte do continente Sul-Americano. Tem seus limites leste, sul e sudoeste definido por faixas móveis neoproterozóicas.

Segundo o modelo mais atual, proposto por Santos et al. (2008) a partir de dados e interpretações geocronológicas, o cráton foi subdividido em oito províncias: Amazônia Central (Arqueano), Carajás (3,01-2,5 Ga), Transamazonas (2,26-2,01 Ga), Tapajós-Parima (2,03-1,88 Ga), Rondônia-Juruena (1,84-1,54 Ga), Rio Negro (1,82-1,52 Ga), Sunsás (1,46-1,10 Ga) e K'mudku (1,45-1,10 Ga).

A porção da área estudada pertence parte a província Carajás e parte a Província Amazônia Central, sendo definida como setor Rio Maria, localizado no sudeste do estado do Pará. Em termos gerais, esse setor é representado por um terreno granito-greenstone.

A estruturação do setor Rio Maria apresenta padrões de domos e quilhas compostos por granitos-gnaisses e greenstone belts respectivamente. Falhas transcorrentes posteriores com direção preferencial WNW a NW e N-S a NNE, seccionam o setor.

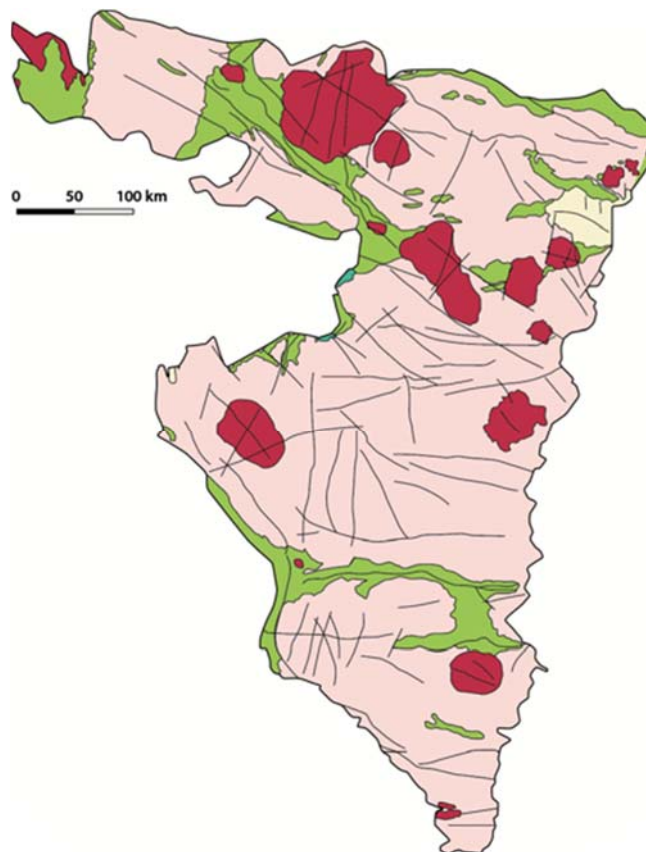
Como resumo evolucionar, pode-se distinguir quatro fases. A primeira é caracterizada pela formação do terreno granito-greenstone Rio Maria (3,0-2,8 Ga), com greenstone belts afetados por metamorfismo de baixo a médio grau, deformação e intrusões granitoides e máfico-ultramáficas. Nessa fase ocorreu a estabilização do setor por volta de 2,8 Ga. O magmatismo granitoide TTG desenvolve-se em três estágios entre 2,96 Ga e 2,86 Ga.

A segunda fase é caracterizada como período estável, propiciando a deposição da cobertura sedimentar Rio Fresco.

Na terceira fase, a condição intraplaca persistiu e no Paleoproterozóico, pós evento Transamazônico, ocorreram intrusões granitoides (1,9 Ga), bem como a formação de coberturas sedimentares.

Por fim, na última fase, em decorrência ao Evento Brasileiro, foram incorporadas lascas de metassedimentos provenientes do Cinturão Orogênico Araguaia sobre o Cráton Amazônico.

As unidades litológicas que compõem o setor Rio Maria podem ser distinguidas conforme exposto na figura a seguir.



NEOPROTEROZOICO

- Unidade sedimentar | Formação Couto Magalhães formando lascas empurradas sob a borda do Cráton Amazônico a partir do Cinturão Araguaia.

PALEOPROTEROZOICO

- Unidade granitoide anarogênica | Suite Jamon
Corpos Banach, Cachoeirinha, Gradaús, Jamon, Manda Saia, Musa, Redenção, São João, Seringa - (1.890-1.870 Ma). Também se formaram diques de diabásio.
- Unidades sedimentares | Formação Gorotire (2.030 - 1.600 Ma), Grupo Gemaque com as Formações Cachoeirinha e Fazenda São Roque, Grupo Rio Fresco com as Formações Naja e Tocandera.

ARQUEANO

- Unidades máfico-ultramáficas | Suites Serra Azul (2.970 Ma) e Guará-Pará.
- Granitoides e ortognaisses TTG | Suites Arco Verde (2.990-2.940 Ma), Mata Surrão (2.970-2.880 Ma), Caracol (2.940-2.920 Ma), Garantã (2.930 Ma), Rio Maria (2.870 Ma), Mogno (2.870 Ma), Cumarú (2.860 Ma), Água Fria (2.800 Ma), Rancho de Deus.
- Unidades metavulcano-sedimentares e de *greenstone belts* | Grupo Gradaús (3.000 Ma), Serra de Inajá, com as formações Morada da Prata (2.960 Ma) e Quixadá (2.990 Ma), Lagoa Seca (2.980-2.900 Ma), Babaçu, Tucumã (2.810 Ma), Sapucaia.

Figura 33. Configuração geológica macrorregional do setor Rio Maria simplificada (Velasquez et al. 2008)

Já a porção da área localizada no oeste do estado do Tocantins, está inserida no contexto geotectônico definido como Cinturão Orogênico Araguaia. Tal cinturão orogênico faz parte do Sistema Orogrênico Tocantins, situado entre os Crátons Amazônico e São Francisco. A constituição litológica do Cinturão Araguaia está exposta de forma resumida na figura a seguir.

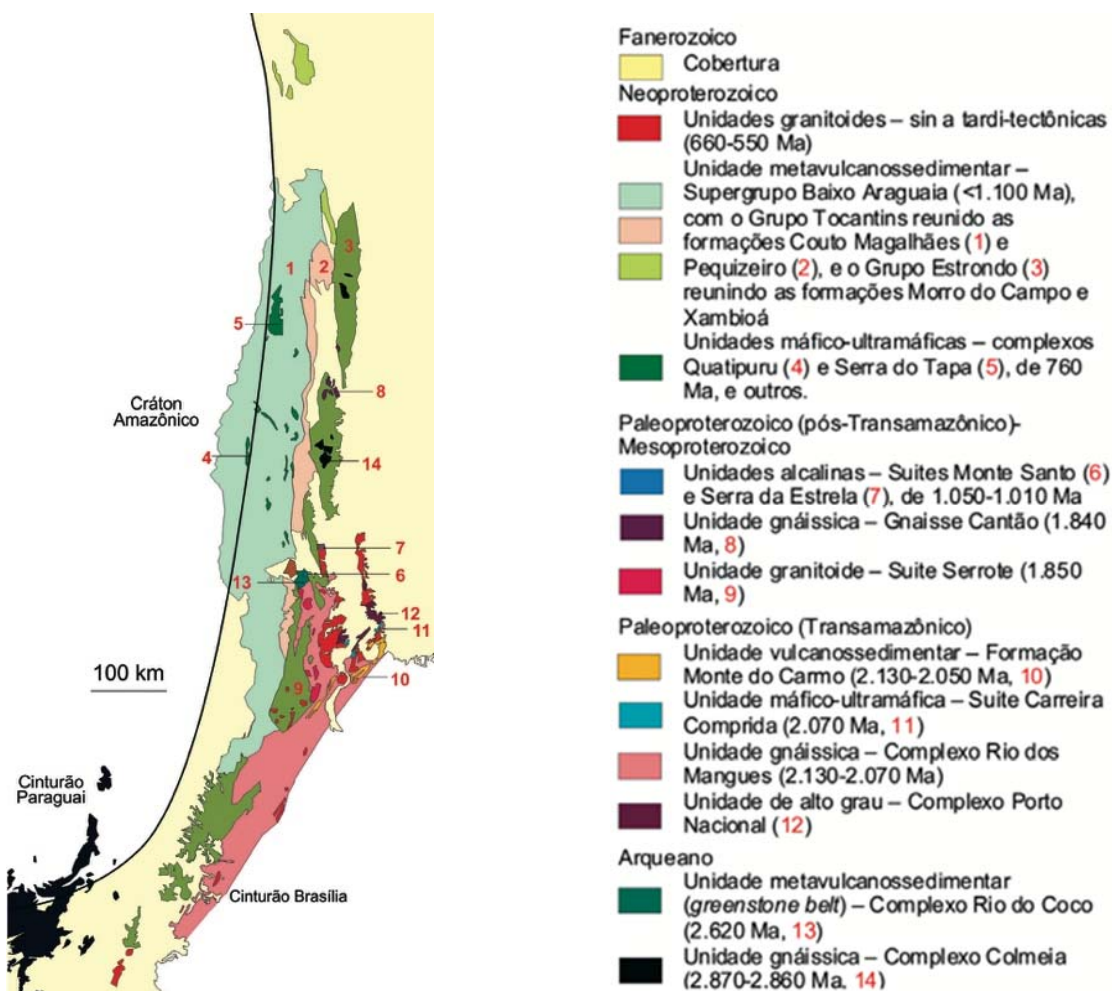


Figura 34. Configuração macrorregional do Cinturão Araguaia simplificada (Faraco et al 2004, Lacerda et al 2004, Valente et al 2004 e Velasquez et al 2008)

O Cinturão Araguaia tem direção geral submeridiana, sendo expressiva a geometria alongada das unidades litoestratigráficas, zonas de empurrão e foliações metamórficas. A foliação e zonas de empurrão são inclinadas para leste com mergulhos baixos a médios e vergência para NW a WNW, ao Cráton Amazônico.

A partir das falhas de empurrão, deu-se o empilhamento de nappes com inversão metamórfica e estratigráfica. Tal deformação também gerou estruturas em domos alinhados na direção submeridiana onde, em seus núcleos, expõem rochas do Complexo Colméia ou do Gnaiss Cantão.

O modelo evolutivo do Cinturão Araguaia indica registros que remontam ao Arqueano, como o Complexo Colmeia e o Greenstone Belt Rio do Coco, considerados extensões dos domínios Santana do Araguaia, Rio Maria e Carajás, do Cráton Amazônico.

O Domínio Rio dos Mangues foi formado no Ciclo Transamazônico, que originou o complexo gnáissico Rio dos Mangues e os enclaves do Complexo Porto Nacional, bem como a sequência vulcanossedimentar Monte do Carmo e as intrusões Carreira Comprida. Além disso, ocorreram as rochas piroclásticas da Suíte Santa Rosa, sendo esse conjunto, definido como parte de um orógeno e manifestação da etapa de colapso.

A massa continental gerada fez parte do Colúmbia ou do Atlântica onde, em seguida, devido aos esforços distensionais, ocorreram mais algumas manifestações magmáticas formando unidades granito-gnáissicas, bem como intrusões alcalinas pós evento Transamazônico.

No início do Neoproterozóico, deu-se início ao rifteamento na borda leste do Cráton Amazônico, que evoluiu para bacia com abertura oceânica, onde acumulou-se o pacote Baixo Araguaia.

O metamorfismo incidiu entre 560 e 520 Ma, nesse intervalo também ocorreu a deformação tangencial, onde formaram-se zonas transcorrentes de direção preferencial NW que empurraram lascas da Fm. Couto Magalhães sobre o Cráton Amazônico.

Ao final desses processos do Evento Brasileiro, o Cinturão Araguaia em conjunto com o Cinturão Brasília, integrou os Crátons Amazônico e São Francisco ao Megacontinente Gondwana.

4.1.3.3. Geologia das Áreas de Estudo (ADA, AID E AII)

As unidades litoestratigráficas que serão descritas a seguir são pertencentes aos domínios citados acima e foram identificadas no mapa geológico local (Figura 35)

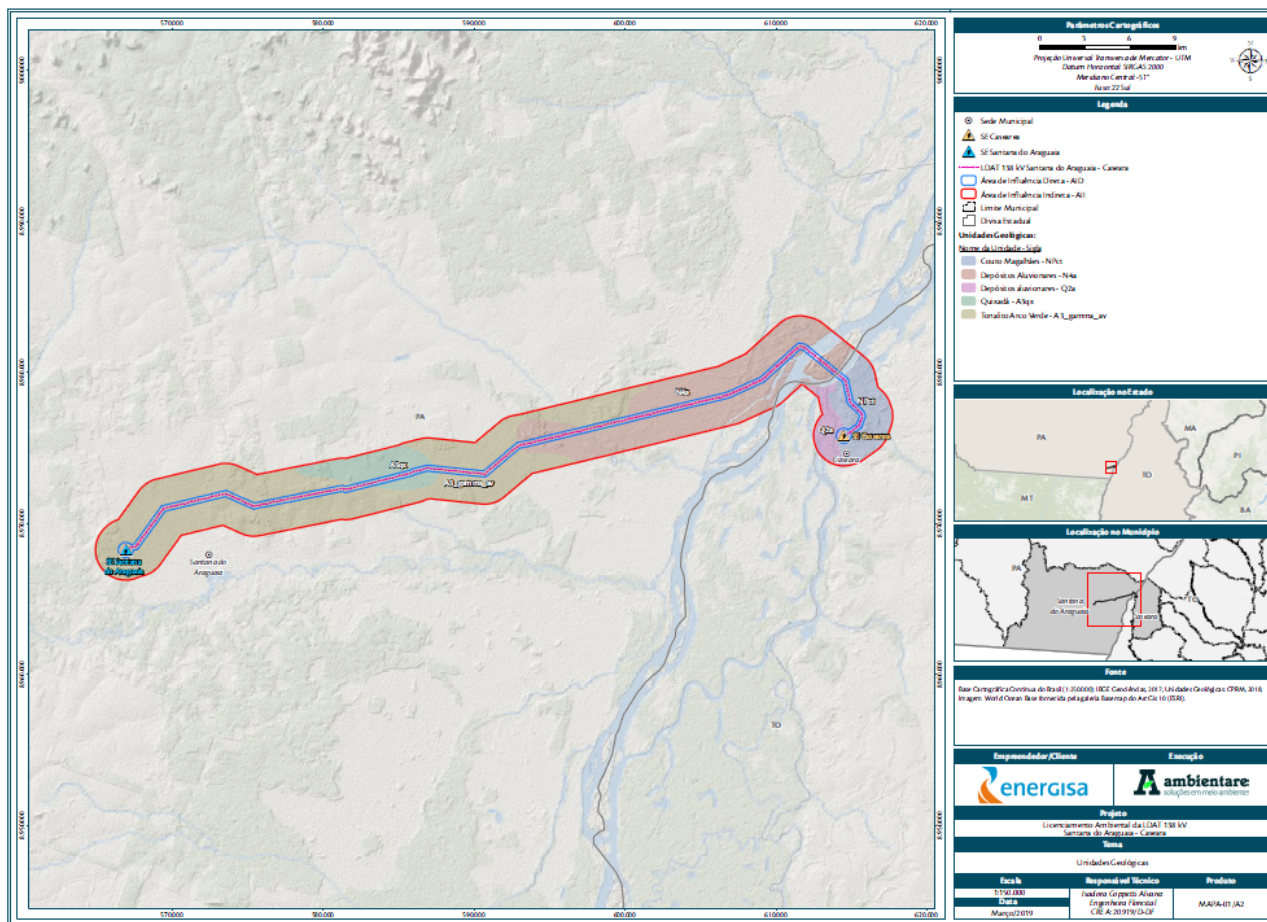


Figura 35: Mapa geológico das áreas de estudo. Fonte: IBGE (2008; 2018).

➤ Greenstone Belts Arqueanos

- Formação Quixadá (A3qx)

Encontra-se distribuída ao longo de 38,11 km² da AI e ocupa cerca de 6,08% deste território. A Formação Quixadá representa a porção basal do Grupo Serra do Inajá, e é composta por rochas metamáficas (actinolita xistos, actinolita-tremolita xistos, hornblenda xistos e ortoanfíbolitos) e metaultramáficas (talco-sericita xistos, tremolita-talco xistos, talco-serpentina xistos, metaperidotitos e metapiroxenitos), com subordinadas intercalações de formações ferríferas bandadas. Em geral, possuem pico metamórfico em facies xisto verde.

Nessa formação não verificou-se afloramentos de rocha, todavia observou-se um predomínio de relevo plano, conforme observado na Figura 36. Esse tipo de relevo, favorece o intemperismo do solo, e consequentemente, a presença de solos espessos nessa região.



Figura 36: Aspecto geral do relevo plano (primeiro plano) observado na formação Quixadá, visada para nordeste (coordenadas UTM 580941 E/ 8972129 N).

➤ Granitóides e Ortognaisses TTG

- Suíte Arco Verde (A3 gamma av)

Encontra-se distribuída ao longo de 345,96 km² da AII e ocupa cerca de 55,23% deste território. De acordo com as descrições propostas pela CPRM (2000), o Tonalito Arco Verde tem caráter intrusivo nas sequências supracrustais e é intrudido pelos demais granitoides arqueanos e paleoproterozóicos, sendo comumente cortados por veios leucograníticos. Em geral a unidade apresenta-se com alto grau de deformação apresentando foliações com direção preferencial E-W a WNW. Ocorrem afloramentos em lajedos ou como matacões.

De maneira resumida, são granitoides que variam de coloração desde cinza (tonalitos) a esbranquiçadas (trondhjemitos). Sob o ponto de vista textural, as rochas são majoritariamente equigranulares, de granulação média a grossa e subordinadamente fina.

Sua estruturação é marcada por expressivo bandamento composicional, alternando bandas compostas por minerais félsicos (plagioclásio e quartzo) e bandas enriquecidas em biotita e acessórios. Nessa unidade, também não foram observados afloramentos rochosos, no entanto na Figura 37 até a Figura 40 são apresentadas as características do solo sobreposto as rochas granitoides.



Figura 37: Aspecto geral de exposição de solo sobre rocha granitoide com tonalidades esbranquiçadas da Formação Suíte Arco Verde (coordenadas UTM 568220 E/ 8969471 N).



Figura 38: Detalhe da camada argilo-siltosa esbranquiçada da Formação Suíte Arco Verde (Coordenadas UTM 568220 E/ 8969471 N).



Figura 39: Aspecto geral de exposição de solo sobre rocha granitoide com tonalidades vermelhas e esbranquiçadas da Formação Suíte Arco Verde (coordenadas UTM 567745 E/ 8964744 N).



Figura 40: Detalhe da camada argilo-arenosa esbranquiçada da Formação Suíte Arco Verde (coordenadas UTM 567745 E/ 8964744 N).

➤ Supergrupo Araguaia

- Formação Couto Magalhães (NPct)

Encontra-se distribuída ao longo de 58,67 km² da All e ocupa cerca de 9,37% deste território. A formação Couto Magalhães é caracterizada por filitos, ardósias, quartzitos, metarcóseos, metaconglomerados e metacalcários, compondo o domínio oeste da Faixa Araguaia. Quando aflorante, encontra-se intemperizada e com poucas estruturas primárias preservadas.

A sucessão estratigráfica é interpretada como proveniente de ambiente deposicional de águas profundas.

Segundo Figueiredo (2007), as rochas siliciclásticas podem ser divididas em duas associações de fácies depositadas por processos de suspensão e fluxos gravitacionais. A primeira representa a facies depositada no talude inferior dominado por correntes de turbidez, representado por arenitos e pelitos organizados em ciclos granodecrescentes ascendentes, relacionados à sequência de Bouma. A segunda facies representa o talude

inferior influenciado por processos de escorregamento e liquefação, compreendendo arenitos finos e médios e pelitos com predominância de estruturas deformacionais.

Os carbonatos basais são representados por mudstones nodulares, intercalados com pelitos escuros, que compõem uma terceira associação de fácies, atribuídas a ambiente de fundo de bacia. Estes depósitos marinhos preencheram uma bacia de antepaís, com área fonte localizada provavelmente a leste, no bloco que colidiu com o Cráton amazônico no final da Orogenia Brasileira.

Semelhantemente as outras formações, não se verificou afloramentos de rocha na formação Couto Magalhães. O relevo plano que favorece o desenvolvimento de solos espessos, também foram observados nessa região, conforme apresentado na Figura 41 até a Figura 43.



Figura 41: Aspecto geral do relevo plano (primeiro plano) observado na formação Couto Magalhães, visada para norte onde será o ponto de chegada da LDT 138 Kv no município de Caseara-TO (coordenadas UTM 614670 E / 8975821 N).



Figura 42: Perfil da camada concrecionamentada observada na formação Couto Magalhães (coordenadas UTM 615258 E/ 8973532 N).



Figura 43: Detalhe da camada concrecionamentada observada na formação Couto Magalhães (coordenadas UTM 615258 E/ 8973532 N).

➤ Depósitos Aluvionáres (Q2a e N4a)

Encontra-se distribuída ao longo de 183,66 km² da All e ocupa cerca de 29,32% deste território. Os depósitos aluvionáres pertencem ao domínio de sedimentos cenozoicos pouco consolidados a inconsolidados,

depositados em ambiente de planícies aluvionárias recentes. Possuem espessura variável e, de maneira geral, são formadas da base para o topo por cascalho, areia e argila. Na Figura 44 até a Figura 46, verificam-se solos com espessuras de areia e argila observados as margens do Rio Araguaia na referida formação geológica.



Figura 44: Aspecto geral do relevo inserido na planície aluvionar recente próximo ao Rio Araguaia, visada para nordeste (coordenadas UTM 612657 E/ 8982059 N).



Figura 45: Perfil da camada arenosa-argilosa observada nos Depósitos Aluvionários (coordenadas UTM 612644 E/ 8982054 N).



Figura 46: Detalhe da camada arenosa-argilosa observada no Depósitos Aluvionários (coordenadas UTM 612620 E/ 8982043 N).

4.1.3.4. Sondagens de percussão na ADA

As sondagens a percussão apresentam dados de origem geológica com enormes significados de natureza geotécnica. Esses dados consistem da natureza dos materiais sondados por meio de exame tátil-visual de amostras recolhidas durante a perfuração; na avaliação das condições de consistência de solos argilosos e de compacidade de solos siltosos e arenosos por meio do ensaio de penetração dinâmica no limite do furo ou do impenetrável à percussão e na profundidade do NA (nível de água) caso seja verificado.

Na área em estudo, incluindo a ADA e AID, foram realizadas investigações por meio de sondagem à percussão do tipo SPT (*Standard Penetration Test*) cujos resultados encontram-se em anexo. Foram feitos 32 (trinta e dois) furos, totalizando em 340,02 m de perfuração (Figura 47).

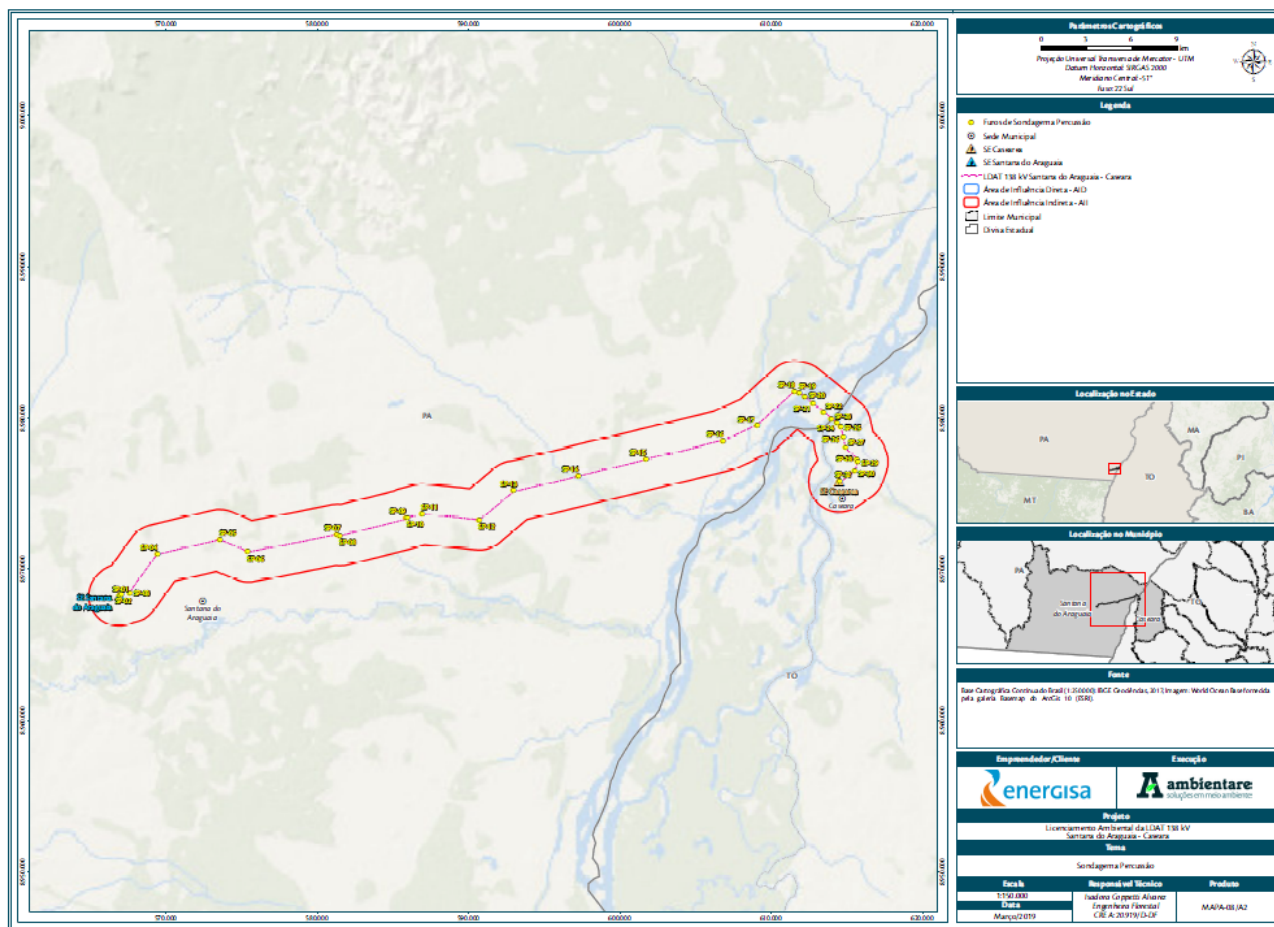


Figura 47: Mapa de localização dos furos de sondagens a percussão na ADA e AID. Fonte: Geotécnica RM Engenharia e Geotecnia, 2018.

Considerando pontos estratégicos para a análise do meio físico, a Tabela 4 apresenta a morfologia do terreno, número dos furos de sondagem com a morfologia correspondente e a sequência do material sondado de alguns pontos distribuídos na AII.

Tabela 4: Furos de sondagens, morfologias e material sondado.

FURO	MORFOLOGIA E ALTIMETRIA	MATERIAL
SP 01	Vale aberto (163,65 m)	Areia pouco siltosa de cor cinza
		Silte areno com pedregulho de cor variegada, pouco compacto
		Silte pouco arenoso de cor variegada, pouco compacto
		Silte arenoso de cor variegada, compacto
		Silte arenoso pouco argiloso de cor cinza, muito compacto
SP 10	Superfície de topo aplainada (202 m)	Silte pouco argiloso com fragmentos de quartzo de cor variegada, muito compacto
		Areia siltosa de cor amarela
		Areia siltosa com pedregulho laterítico de cor variegada, médio compacto
SP 18	Fundo de vale do Rio Araguaia (141,34 m)	Areia siltosa pouco argilosa de cor cinza, médio compacto
		Areia siltosa de cor cinza, muito compacta.
		Areia lavada de cor clara, média compacta a compacta
		Areia argilosa de cor marrom, compacta
		Areia pouco argilosa de cor marrom, compacta

FURO	MORFOLOGIA E ALTIMETRIA	MATERIAL
SP 31	Superfície de topo aplainada (149,65 m)	Silte arenoso cor vermelha e amarelo, muito compacto a compacto Silte pouco arenoso compacto cor variegado, muito compacto Silte pouco argiloso, muito compacto

Como observado na Tabela 4, verifica-se que o material sondado possui sequência e características distintas quando analisados em morfologias diferentes do relevo. Nesse contexto, destaca-se o material existente no fundo de vale do Rio Araguaia, que apresenta materiais arenosos profundos de médio compacto a compacto.

Em relação a profundidade, de acordo com a Figura 48, os dados das sondagens apontam que o impenetrável a percussão, que indica a proximidade com o nível rochoso, encontra-se na profundidade de 10,07m na superfície de topo (SP 10), a 12,07m no vale aberto (SP 01) e a 15,45m no fundo de vale do Rio Araguaia (SP 18).

Na Figura 49, observa-se que entre 32 (trinta e dois) pontos de sondagens executados, em 21 foram encontrados Nível de Água (N.A) tanto na ADA como na AID. Essas sondagens foram realizadas no dia 11 de outubro de 2018, período em que os índices pluviométricos na região ainda são considerados baixos. Destes pontos destacam-se os furos SP 23, SP 20, SP19 e SP01, que apresentaram N.A mais próximos da superfície tendo uma profundidade respectiva de 2,05 m, 2,25 m, 2,98 m e 3,05 m.

Em resumo, os resultados dos estudos de sondagem, apresentaram uma heterogeneidade na arquitetura dos materiais que compõem o substrato da área em estudo, sobretudo, considerando ambientes morfológicos distintos, e ainda, corroboraram para a confirmação da presença de solos espessos na All.

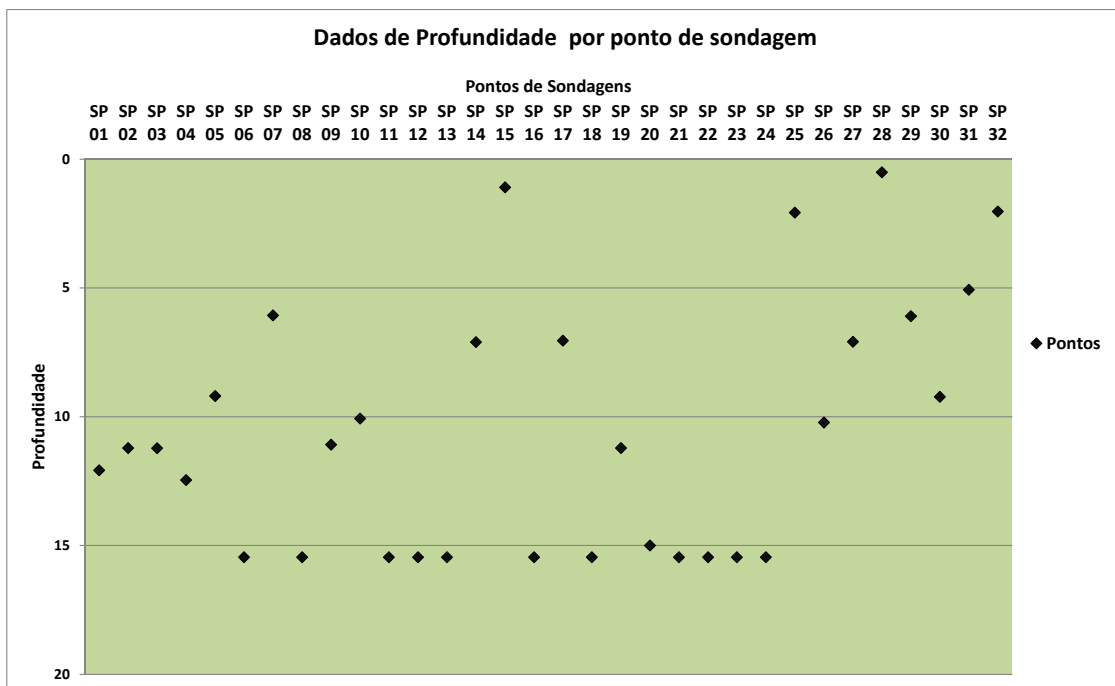


Figura 48: Perfil do substrato impenetrável baseado nos dados de profundidade.

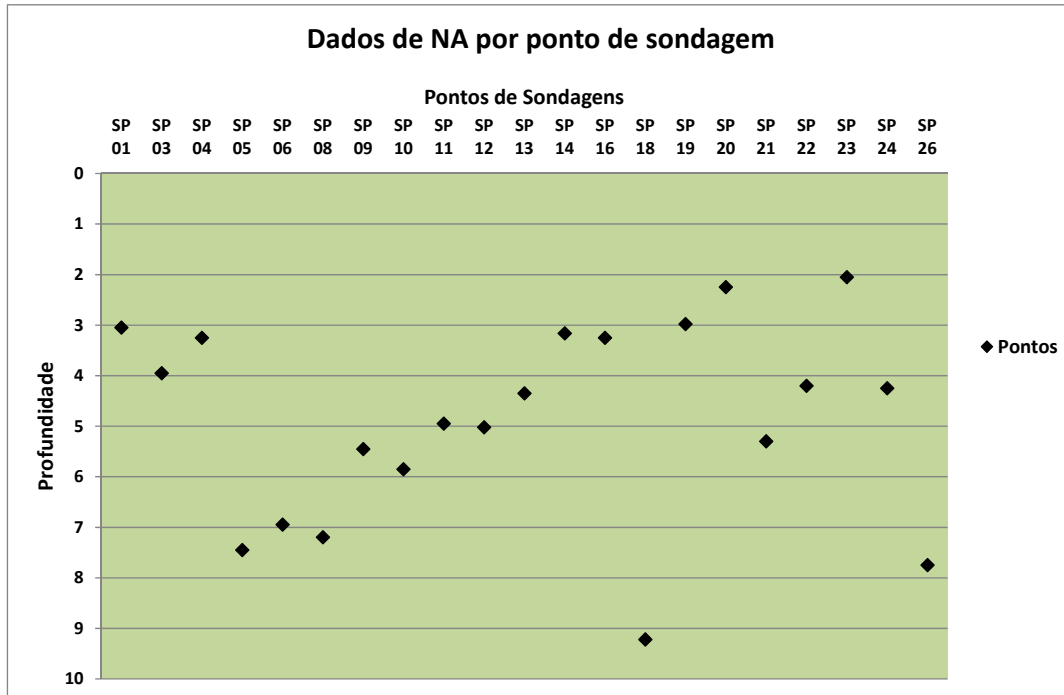


Figura 49: Dados de Nível de Água (NA) por sondagens.

4.1.3.5. Conclusões

Após o levantamento na literatura de dados a respeito da AII, e levantamento de dados primários na ADA, pode-se concluir que a região onde será alocado o empreendimento apresenta estabilidade geológica adequada, sendo as áreas mais críticas, em termos de estabilidade, os locais onde encontram-se os espessos pacotes sedimentares quaternários as margens do rio Araguaia.

A ADA, AID e AII abrangem áreas de relevo plano a suave ondulado associada a declividades entre 0 a 8 %, apresentando baixo risco de impacto devido a implantação do empreendimento.

De forma geral, verificou-se, também, pouca variação litológica, além de não terem sido registrados afloramentos de relevância considerável, encontrando-se as rochas da região muito afetadas pelos processos de intemperismo, o que resulta em espessas camadas de solo, onde predominam coberturas pedológicas como argissolos e plintossolos, que por natureza são solos com perfil de alteração bem desenvolvido e profundo.

Do ponto de vista paleontológico, não se verificou em campo nenhuma evidência fossilífera, o que é corroborado pela literatura pesquisada, onde é apontado baixo potencial para a ocorrência de fosséis na região (HIDALGO, 2007).

Considerando as sondagens realizadas na AII, verifica-se que as rochas presentes nas áreas de influência (ADA, AID) estão sobrepostas a camada espessa de intemperismo que pode variar de 0,50 a 15,45 metros de profundidade. De acordo com os estudos de sondagens realizados pela empresa GEOTÉCNICA RM ENGENHARIA E GEOTECNIA, a maior parte dos furos de sondagens apresentaram um SPT final (resistência à penetração) maior do que 30.

Assim, infere-se que esses resultados são satisfatórios para subsidiar o estudo das fundações necessárias para as infraestruturas previstas para a LD, considerando as profundidades e resistências atingidas nas sondagens (ABP, 2014).

4.1.4. Geomorfologia

4.1.4.1. Metodologia

As formas de relevo são resultantes da combinação de diversos fatores, dentre os quais se destacam a litoestrutura, os processos intempéricos e os movimentos tectônicos. Para além da configuração paisagística, a morfologia dos terrenos são indícios/indicadores importantes para sua utilização no concernente à estabilidade, bem como a possibilidade de ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa.

O levantamento e diagnóstico geomorfológico da área do empreendimento se deu em três etapas distintas: a pesquisa de bases cartográficas e bibliográficas acerca das características geomorfológicas da região do empreendimento; a vistoria de campo (dias 12 a 14 de outubro de 2018), que ocorreu em concomitância com as disciplinas de Geologia e Pedologia; a compilação e tratamento de dados de campo para a elaboração do relatório técnico.

Como base para o mapeamento geomorfológico da AII, ADA e AID, utilizou-se o mapeamento da geodiversidade dos estados do Pará e do Tocantins (CPRM, 2013) em função da localização da área de levantamento localizar-se na divisa entre os dois estados.

Para a elaboração da carta hipsométrica e clinográfica das áreas de influência, utilizou-se imagens de radar obtidas através do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), conforme apresentado no item referente à Geologia.

A partir dos dados altimétricos da imagem ALOS, foi realizada a interpolação destes em ambiente SIG, com auxílio do software ArcGis da Esri, para espacializar as classes de declividades e elaborar o perfil tipográfico das áreas de influência.

4.1.4.2. Contexto Geomorfológico Regional

A compartimentação macrogeomorfológica de ROSS (1990) aponta três grandes domínios de relevo dentro do território brasileiro, sendo eles os planaltos, as planícies e as depressões. Estas feições macrorregionais foram definidas de forma generalista para fins didáticos, sendo estes, grandes táxons do relevo que se subdividem em geoformas que podem ser analisadas e classificadas em escalas de maior detalhe.

Ainda de acordo com ROSS (1985), o relevo brasileiro, como conhecemos nos dias atuais, é fruto de processos que apresentam fortes ligações com evento de soerguimento da Plataforma Sul-americana ao longo do Cenozóico (epirogênese pós-cretácea) e com processos denudacionais que ocorreram desde o Terciário superior até o quaternário inferior (Neogeno).

A área de estudo, em termos macrorregionais insere-se, de acordo com o mapeamento de unidades morfoestruturais de Ross (1990), em uma área de contato entre a Depressão do Araguaia e a Planície do

Araguaia, encontrando-se a porção mais ocidental da área de estudo nos domínios da depressão e a parte oriental se estendendo sobre as áreas da planície do rio Araguaia.

4.1.4.3. Geomorfologia das Áreas de Estudo

A localização do empreendimento estudada, por estar inserida em macrodomínios de planície e depressão (Figura 50), apresenta pouca variação hipsométrica e consequentemente relevo pouco movimentado, sendo a máxima altitude registrada na porção centro-oeste da All (204 metros acima do nível do mar) e a mínima na calha do rio Araguaia (122 metros acima do nível do mar), de forma que registra-se uma variação de 82 metros ao longo de uma extensão de aproximadamente 60 quilômetros (Figura 51).

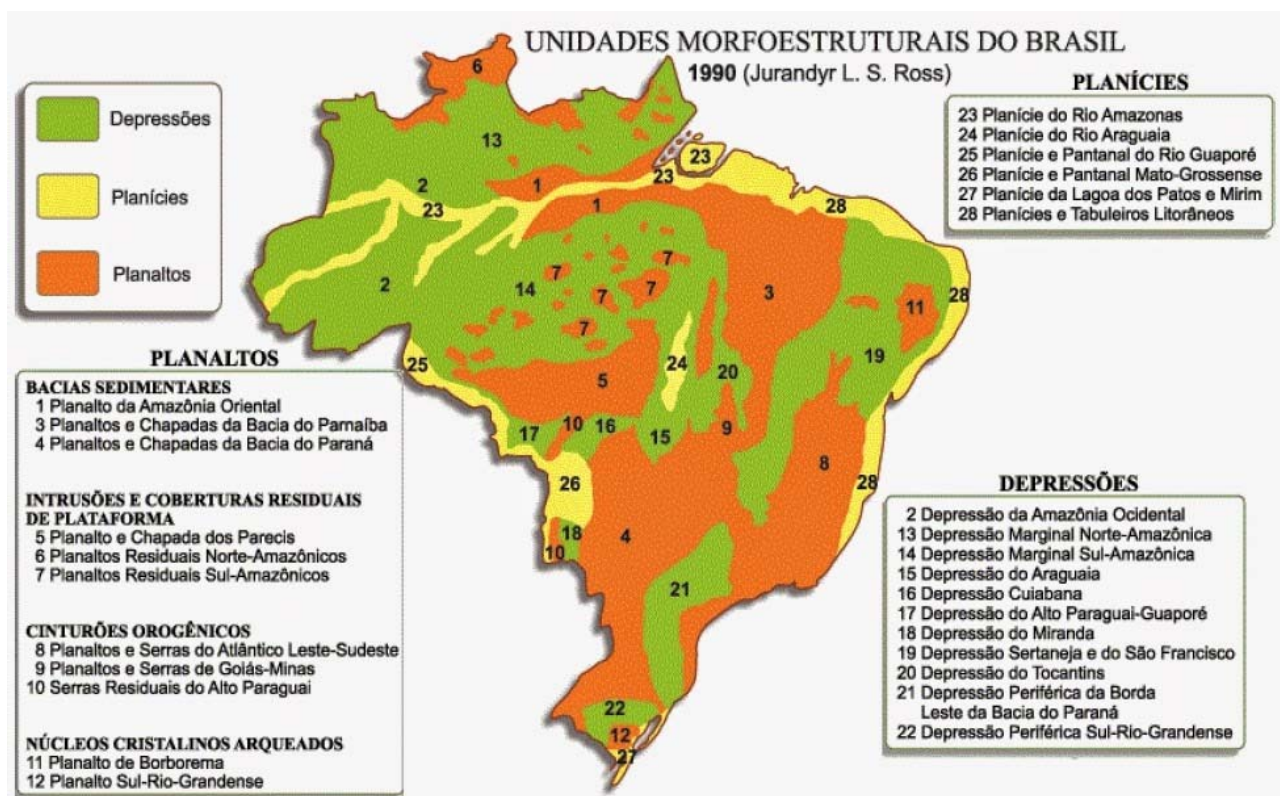


Figura 50. Unidades morfoestruturais do Brasil (ROSS, 1990).

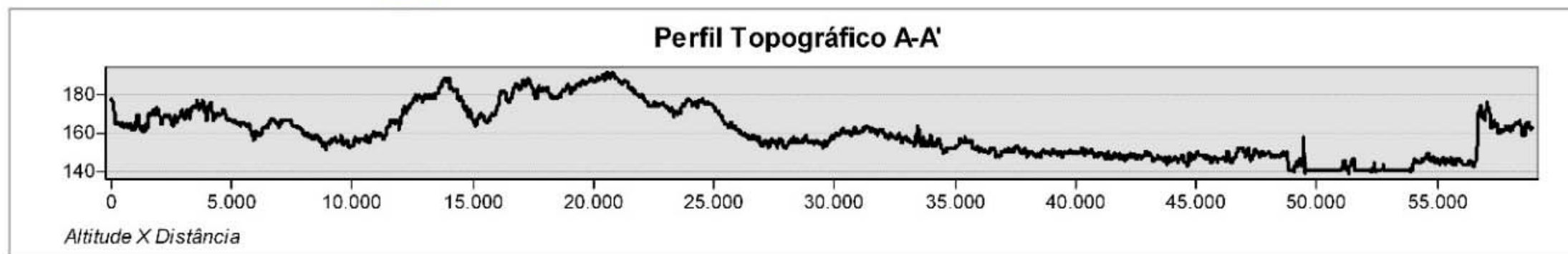
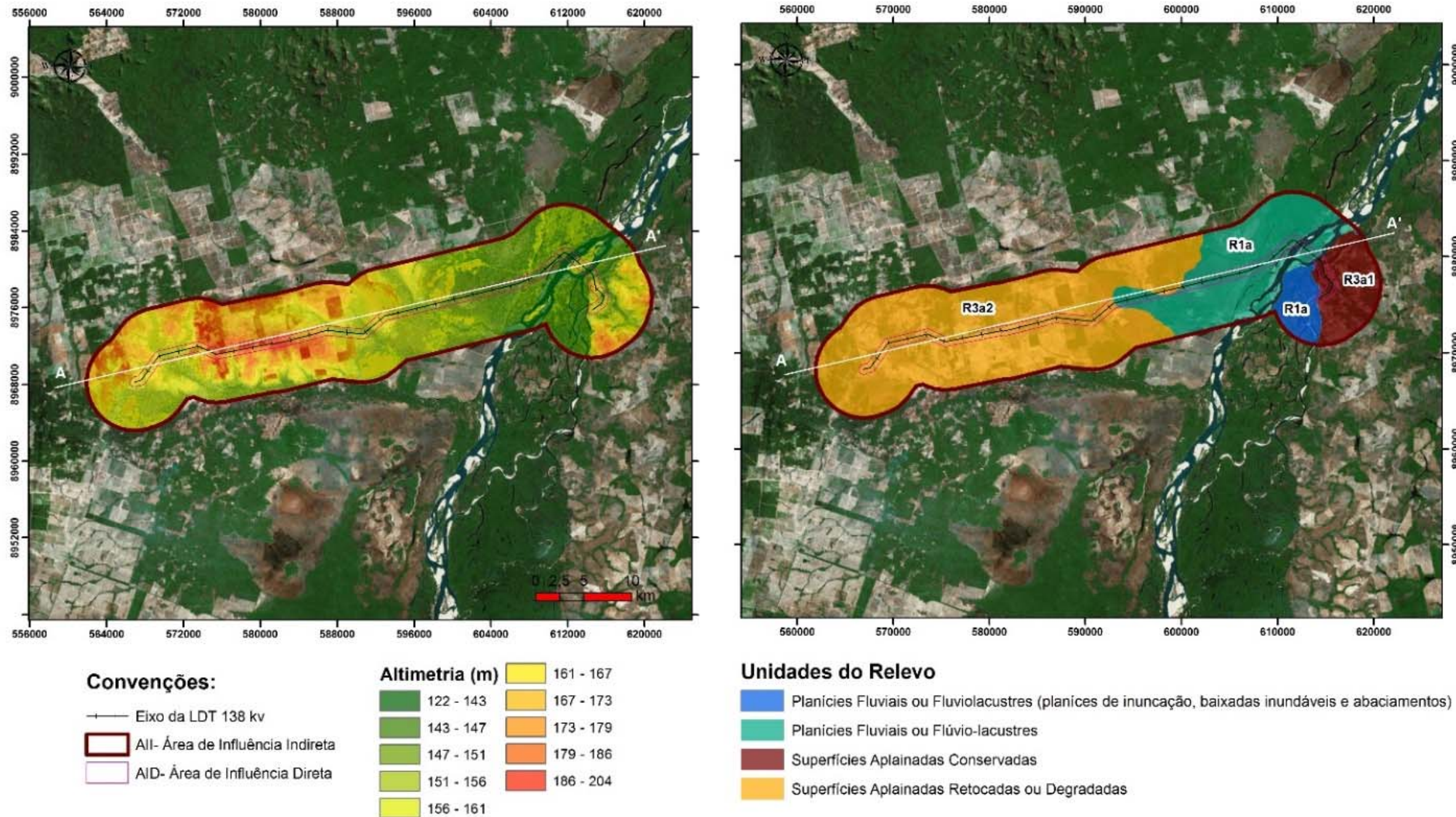
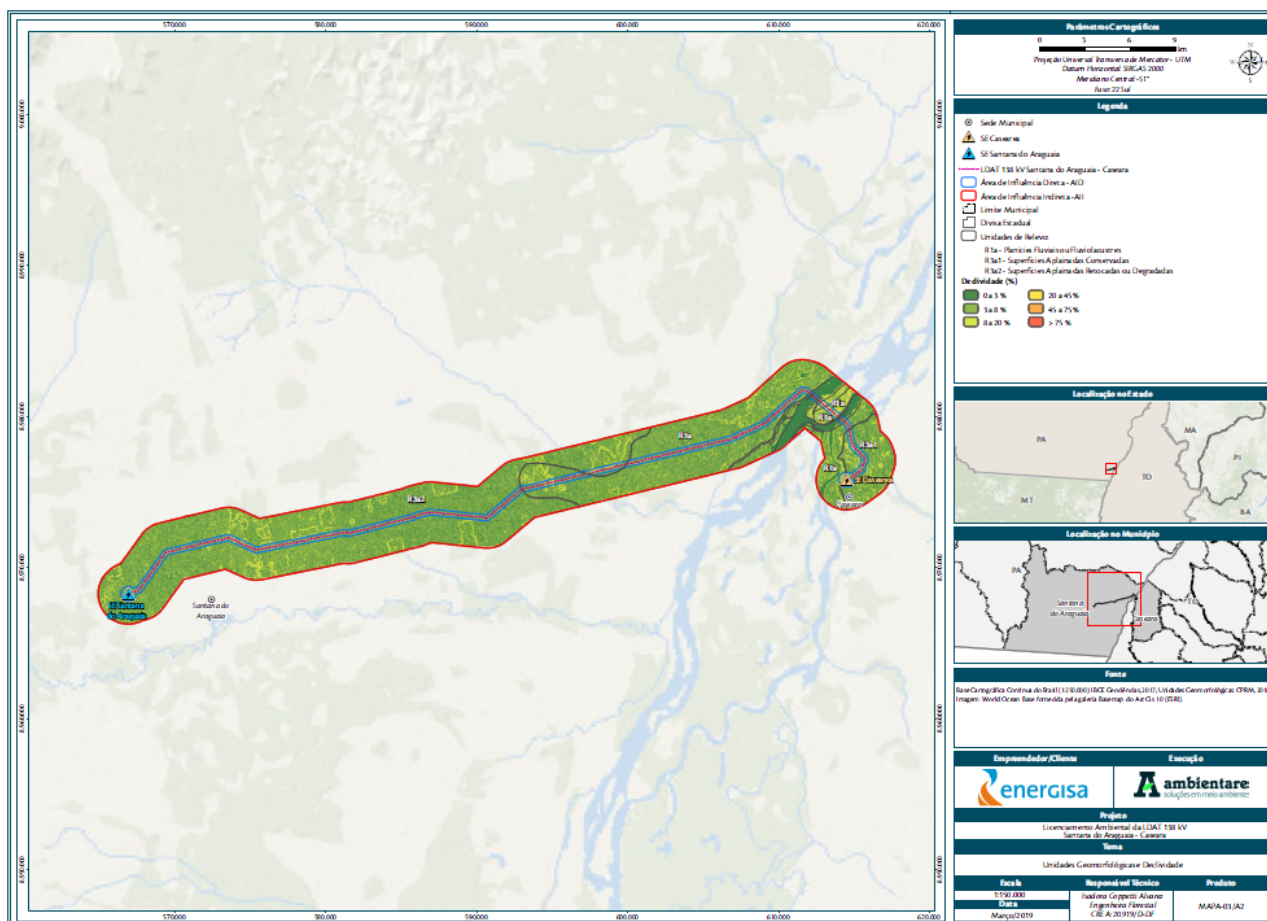


Figura 51: Aspectos do relevo presente na área de estudo.

De acordo com o mapeamento da geodiversidade dos estados do Pará e do Tocantins (CPRM, 2013), as áreas de influência apresenta quatro unidades do relevo, conforme apresentado no Mapa 2.

O contato entre unidades do relevo que ocorre de forma mais abrupta encontra-se na porção oeste da AI, nas proximidades da região urbana do município de Caseara, onde as Superfícies Aplainadas Conservadas fazem limite com Planícies Fluviais e Fluviolacustres do rio Araguaia (Mapa 2).



Mapa 3. Unidades geomorfológicas presentes nas áreas de estudo.

➤ Planícies Fluviais ou Fluviolacustres (R1a)

As Planícies Fluviais ou Fluviolacustres são a segunda maior classe de relevo encontrada dentro dos limites da área de estudo, estendendo-se ao longo das duas margens do rio Araguaia, sendo sua poção mais representativa localizada na margem esquerda do rio, onde o relevo é mais plano facilitando os processos deposicionais característicos deste tipo de relevo.

Na região da área de estudo esta unidade de relevo é mormente representada por planícies fluviais, que tem sua gênese diretamente ligada a dinâmica hídrica do rio Araguaia, sendo encontradas algumas lagoas marginais também derivadas destes processos.

Ao longo da bacia do rio Araguaia o adensamento deste tipo de feição ocorre a montante do município de Conceição do Araguaia, no médio curso do rio Araguaia (CPRM, 2013), sendo este o ponto em que a LD cruza o rio de forma que a área de estudo se encontra inserida nesse contexto.

Predominam nessa porção da área de estudo, em função da baixa variação hipsométrica, processos deposicionais que são facilitados pelo “relativo” baixo potencial de carreamento de sedimentos do rio Araguaia neste ponto, o que ocorre pela falta de gradiente hipsométrico. Conforme observado na Figura 52, as declividades nas áreas desta unidade variam entre 0 e 3%, reflexo da variação hipsométrica que não ultrapassa 1 metro de amplitude (CPRM, 2013). Essas condições de relevo levaram a formação das coberturas sedimentares quaternárias que se estendem por esta porção da área de estudo, onde predominam sedimentos mais grosseiros com textura arenosa e por vezes areno-siltosa.



Figura 52: Relevo Plano (0 a 3%) em vale aberto na porção oeste da área de estudo inserida na unidade “Planícies Fluviais ou Fluvialacustres”; visada para nordeste (coordenadas UTM 612657 E/ 8982059 N).



Figura 53: Relevo Plano (0 a 3%) no vale aberto onde corre o Rio Araguaia na unidade “Planícies Fluviais ou Fluvialacustres”; com exposição de sedimentos grosseiros de textura arenosa, visada para leste (coordenadas UTM 613580 E/ 8979174 N).

➤ Superfícies Aplainadas Conservadas (R3a1)

As Superfícies Aplainadas Conservadas observadas na área de estudo encontram-se localizadas na margem direita do rio Araguaia, em contato, a leste, com as planícies fluviais R1a nas proximidades de onde se desenvolve a área urbana do município de Caseara.

Esses terrenos podem ser definidos como áreas de relevo completamente arrasado, onde as variações hipsométricas são efêmeras, de forma que o gradiente de declive das vertentes raramente ultrapassa os 5°, o que configura um relevo suave (IBGE, 2009), não havendo variações hipsométricas superiores a 10 metros (CPRM, 2013).

As Superfícies Aplainadas Conservadas são feições comuns nas áreas interplanálticas brasileiras, como é o caso da área de estudo em questão. Essas superfícies são consideradas conservadas em função da baixa densidade e da fraca incisão da rede de drenagem, além do fraco potencial erosivo, também reflexo do fraco gradiente hipsométrico, conservando-se assim como superfícies planas contínuas, sem a presença intensa de retrabalhamento por processos erosivos atuais e pretéritos (IBGE, 2009), como verificados na Figura 54 e Figura 55.

Na região estuda a combinação de um relevo pouco movimentado e um regime hídrico abundante propiciam o desenvolvimento de profundos mantos de alteração, predominando os processos pedogenéticos e intempéricos nas áreas de planície, o que é notado na área de estudo através da presença de espessas coberturas pedológicas, tais como os Argissolos que se desenvolvem nos antigos terraços fluviais do rio Araguaia.



Figura 54: Relevo Plano a Suave Ondulado (0 a 8%) situado na extremidade leste da Área de Estudo inserido na unidade "Superfícies Aplainadas Conservadas"; visada para oeste (Coordenadas UTM 614670 E/ 8975821 N).



Figura 55: Relevo Plano a Suave Ondulado (0 a 8%) situado na extremidade leste da Área de Estudo inserido na unidade "Superfícies Aplainadas Conservadas"; visada para sudoeste (Coordenadas UTM 614670 E/ 8975821 N).

➤ Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas (R3a2)

As superfícies Aplainadas Retocas ou Degradadas são observadas na maior parte da área de estudo, concentrando toda a sua extensão na margem esquerda do rio Araguaia, dominando a porção oeste da AII, AID e ADA.

Assim como as Superfícies Aplainadas Conservadas, esses terrenos são áreas de relevo arrasado, porém se diferenciam das áreas conservadas em função da ação de reesculturação do relevo, que ocorre através de processos erosivos mais ativos e em função de uma rede de drenagem mais densa, mesmo que esta apresente baixo poder de incisão e fraco potencial de esculpir os talvegues dos cursos d'água.

A variação hipsométrica dentro deste domínio de relevo pode variar entre 10 e 30 metros, porém as vertentes que se desenvolvem na área em sua grande maioria são extensas e em geral convexas, o que faz com que o gradiente de declive seja baixo, não ultrapassando muito a faixa entre 5° e 8° de declividade (CPRM, 2013), o que classifica o relevo local como suave ondulado (IBGE, 2009).

As características planas destas áreas, aliadas as condições climáticas a que são expostos estes terrenos, favorecem os processos pedogenéticos, de forma que encontra-se coberturas pedológicas com espessos mantos de alteração, sendo observados Argissolos com perfil de intemperismo profundo ao longo de toda esta unidade de relevo na área de estudo, conforme observado na Figura 56 até a Figura 59.



Figura 56. Relevo Plano na extremidade leste da Área de Estudo (onde será implantada a LDT) inserida na unidade "Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas"; visada para noroeste. (Coordenadas UTM 566719 E / 8969073 N).



Figura 57. Relevo Plano na porção leste da Área de Estudo, inserido na unidade "Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas"; visada para norte. (Coordenadas UTM 568874E / 8970476 N).



Figura 58. Relevo Plano na porção leste da Área de Estudo (onde será implantada a LDT) inserida na unidade “Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas”; visada para leste. (Coordenadas UTM 571141E / 8971360 N).

Figura 59. Relevo Plano na porção central da Área de Estudo, inserido na unidade “Superfícies Aplainadas Retocadas ou Degradadas”; visada para leste. (Coordenadas UTM 588073E / 8977384 N).

As características planas destas áreas, aliadas as condições climáticas a que são expostos estes terrenos, favorecem os processos pedogenéticos, de forma que encontra-se coberturas pedológicas com espessos mantos de alteração, sendo observados Argissolos com perfil de intemperismo profundo ao longo de toda esta unidade de relevo na área de estudo, conforme observado na Figura 56 até a Figura 59.

4.1.4.4. Conclusões

Como esperado, para terrenos que se desenvolvem em regiões de planícies e depressões, o relevo da área de estudo apresenta pouca variação hipsométrica e clinográfica, e é composto por planícies fluviais e superfícies aplainadas conservadas e retocadas, as quais são observadas nas áreas de domínio do terraço fluvial do rio Araguaia em suas duas margens. Essa configuração do relevo, atribui a área de estudo, grande estabilidade para o planejamento de obra.

De forma geral predominam nas planícies fluviais da região, processos agradacionais, em função da deposição de sedimentos advinda da dinâmica hídrica do rio Araguaia.

Nas porções onde se observam as superfícies aplainadas, de forma geral predominam processos pedogenéticos e intempéricos, sendo observados em alguns pontos da área de estudo, processos erosivos (degradacionais), que na região são representados em sua grande maioria por feições erosivas lineares pouco desenvolvidas, muito em função do baixo gradiente hipsométrico encontrado nas regiões interplanálticas brasileiras.

4.1.5. Pedologia

4.1.5.1. Metodologia

O levantamento pedológico das áreas de influência do empreendimento contou com três etapas distintas, que podem ser divididas em pré-campo (levantamento bibliográfico da AII), campo (levantamento de campo na AID) e análises pós-campo (consolidação de dados e elaboração de relatório técnico).

Na primeira etapa metodológica o foco foi a consolidação de bases teóricas, através de levantamentos bibliográficos, cartográficos e geoespaciais a respeito das áreas afetadas pelo empreendimento com o intuito de fornecer embasamento técnico e científico para os profissionais que executaram os levantamentos de campo, e que, conseqüentemente realizaram as descrições dos solos observados ao longo da extensão das áreas de influência.

A execução da segunda etapa metodológica, ou seja, os levantamentos de campo, ocorreu em conjunto com os levantamentos geológicos e geomorfológicos, tendo em vista que a interdisciplinaridade, além da proximidade dos temas, enriquece as análises de todos os três temas, sendo a compreensão da composição do substrato rochoso e das formas de relevo, pontos de fundamental importância para um melhor conhecimento e descrição das características edáficas dos solos estudados.

Ainda no que tange a execução do levantamento de campo, foram seguidas as orientações metodológicas do “Manual de descrição e coleta de solo no campo” (SANTOS et al, 2015), além de terem sido levadas em consideração as diretrizes do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SIBCS) em suas versões de 2006 e 2018.

Na etapa de campo, a equipe percorreu toda a extensão do empreendimento, registrando as variações pedológicas dentro das áreas de influência através de fotografias e planilha descritiva indicando os perfis de solo analisados.

A terceira, e última, etapa do diagnóstico dos solos nas áreas de influência do empreendimento, consistiu na tabulação e compilação de todos os dados coletados em campo e confronto destes com as bases previamente levantadas em escritório, com o intuito de dar consistência a informação componente deste presente relatório.

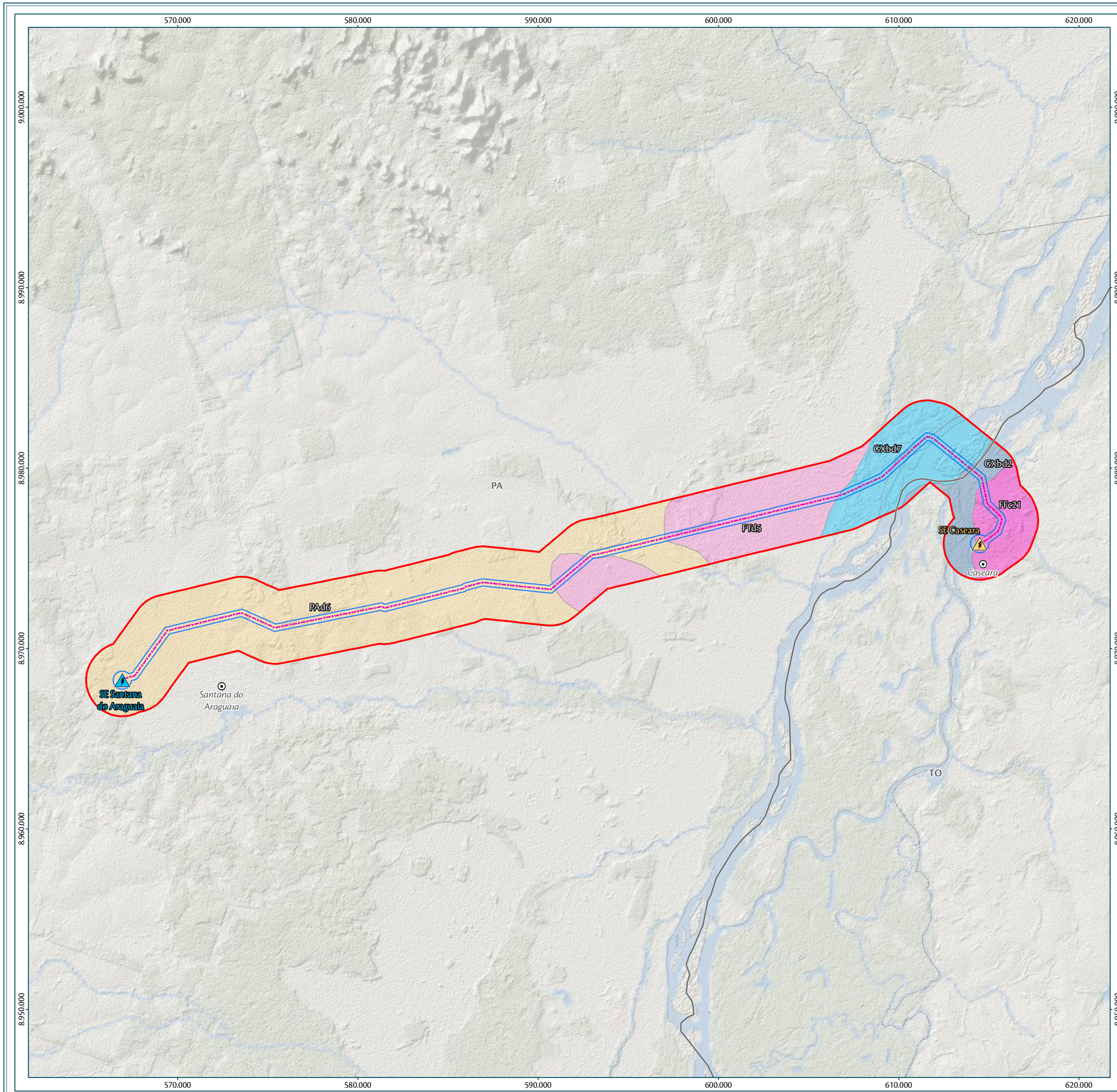
4.1.5.2. Contexto Pedológico Regional

Os mapeamentos estaduais sistemáticos de solo publicados pelo IBGE em 2007 apresentam seis tipologias diferentes de solo dentro da All do empreendimento, sendo duas classes distintas de ARGISSOLOS AMARELOS distróficos, dois tipos de PLINTOSSOLOS (AGRILÚVICO Distrófico e PÉTRICO Concrecionado) e duas variedades de GLEISSOLOS HÁPLICOS.

Os ARGISSOLOS AMARELOS distróficos que se concentram na porção ocidental da área de estudo, longe da influência das cheias do rio Araguaia. Esses são os solos predominantes ao longo de toda a All e de modo geral apresentam perfil de alteração bastante profundo, não tendo sido observado em nenhum momento, nos cortes de solo e perfis analisados em campo, a exposição da rocha matriz.

Os PLINTOSSOLOS que ocorrem nas áreas de influência se desenvolvem tanto na margem esquerda quanto direita do rio Araguaia, sendo que na margem esquerda eles se distribuem como uma zona de transição entre porções alagáveis e não alagáveis de terra, sendo estes solos fruto de um regime de inundação sazonal.

Nas proximidades das margens do rio Araguaia predominam os GLEISSOLOS, que tem a sua formação ligada ao regime hídrico da região, sendo estes solos característicos de áreas alagáveis, sofrendo a influência direta e permanente das cheias do Araguaia. Mapa 4.



Parâmetros Cartográficos

0 3 6 9 km

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Meridiano Central: -51°
Fuso: 22 Sul

Legenda

- ⊙ Sede Municipal
- ⚡ SE Caseara
- ⚡ SE Santana do Araguaia
- LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara
- Área de Influência Direta - AID
- Área de Influência Indereta - AII
- Limite Municipal
- Divisa Estadual

Unidades Pedológicas

- FFc21 - Plintossolo Pétrico Concrecionário
- FTd5 - Plintossolo Argilúvico Distrófico
- GXbd2 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico
- GXbd7 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico
- PAd6 - Argissolo Amarelo Distrófico



Fonte

Base Cartográfica Contínua do Brasil (1:250.000): IBGE Geociências, 2017; Unidades Pedológicas: IBGE, 2008; Imagem: World Ocean Base fornecida pela galeria Basemap do ArcGIS 10 (ESRI).

Empreendedor/Cliente		Execução	
Projeto			
Licenciamento Ambiental da LDAT 138 kV Santana do Araguaia - Caseara			
Tema			
Unidades Pedológicas			
Escala	Responsável Técnico		Produto
1:150.000	Isadora Coppetti Alvarez Engenheira Florestal CREA: 20.919/D-DF		MAPA-06/A2
Data			
Março/2019			

4.1.5.3. Pedologia das Áreas de Estudo

➤ ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos (PAd6)

Os ARGISSOLOS AMARELOS são solos bastante comuns em todo o Brasil, sendo a segunda classe de solo mais expressiva em área em todo o território nacional. A característica diagnóstica mais notada nesses solos é a nitidez com que se pode notar a transição entre seus horizontes, muito em função do aumento dos teores de argila em profundidade (Figura 60 e Figura 61).



Figura 60. Perfil de ARGISSOLO AMARELO Distrófico (coordenadas UTM 568220 E/ 8969471 N).



Figura 61. Detalhe do Horizonte B de um ARGISSOLO AMARELO Distrófico (coordenadas UTM 568220 E/ 8969471 N).

Os Argissolos são solos compostos essencialmente por material mineral, ou seja, são coberturas pedológicas advindas da alteração de rochas, apresentando horizonte B textural sobreposto por horizonte orgânico, não muito espesso, A ou E. Comumente os minerais predominantes neste tipo de solo são argilas de baixa atividade, tais como a caulinita, além de óxidos.

Os ARGISSOLOS AMARELOS ocorrem principalmente em áreas de relevo pouco movimentado, como observado ao longo das áreas foco deste estudo. São solos que naturalmente apresentam baixa fertilidade, tendo sido classificados na região de Santana do Araguaia como ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos pelo mapeamento do IBGE (2007), ratificando a baixa fertilidade destas coberturas pedológicas.

Além da potencial baixa fertilidade, esses solos apresentam propensão ao desenvolvimento de processos erosivos, muito em função de suas características texturais, pois o gradiente textural diminui em profundidade, sendo que as camadas mais superficiais apresentam textura mais grosseira (silto-arenosa), e as camadas subsuperficiais textura mais fina (argilosa), de forma que quando o solo é decapeado, perdendo o horizonte A, expondo-se o horizonte B argiloso, a perda de sedimentos é potencializada. Porém o relevo pouco movimentado da região coopera para que não haja grandes feições erosivas nas áreas de influência

Ainda segundo a classificação do IBGE (2007), os ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos, podem ser subdivididos em duas subordens, os ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos petroplínticos, que apresentam petroplintitas ao longo de seu perfil e ocorrem na porção mais distante das margens do rio Araguaia, e os ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos plínticos, que de acordo com o SIBICS (2006), são solos que apresentam caráter plíntico

dentro de 150 cm da superfície, ou horizonte plíntico em posição não diagnóstica para caracterizar este como um Plintossolo.

➤ **PLINTOSSOLOS (FTd5 e FFc21)**

Concentrados em uma área de transição entre os GLEISSOLOS e os ARGISSOLOS os PLINTOSSOLOS observados nas áreas de influência ocupam as porções mais distantes em relação ao rio Araguaia em sua planície de inundação, sendo a classe de solo com a segunda maior expressão.

Os PLINTOSSOLOS são solos compostos majoritariamente por material mineral, que tem sua formação estritamente ligada a ambientes onde a percolação de água dentro do perfil é restrita, em áreas mal drenadas de forma que a cobertura pedológica fique sob influência de humidade durante períodos não contínuos, facilitando processos de oxidação do ferro dentro do perfil de intemperização do solo (EMBRAPA, 2006).

De acordo com o SIBICS (2006), para serem classificados como PLINTOSSOLOS as coberturas pedológicas devem apresentar horizonte plíntico ou litoplíntico iniciado dentro de 40 centímetros partir da superfície ou iniciado dentro de 200 centímetros a partir da superfície quando sobrepostos por horizonte glei ou por horizonte A, E ou por camada que apresente cores pálidas, variegadas ou com abundante presença de mosqueados. Estes solos podem ainda apresentar Horizonte B textural ocorrendo sobre ou em paralelo com o horizonte plíntico, o que pode ocorrer na área de estudo nas porções de contato entre os PLINTOSSOLOS e os ARGISSOLOS que dominam a porção oriental da AII.

Segundo o mapeamento do IBGE (2007) nas áreas de influência ocorrem duas variedades de PLINTOSSOLOS, as quais são:

- PLINTOSSOLOS AGRILÚVICOS Distróficos: coberturas pedológicas com baixa saturação por bases na maior parte dos horizontes C ou B.
- PLINTOSSOLO PÉTRICOS Concrecionários: coberturas pedológicas com horizonte concrecionário em posição diagnóstica (Figura 62 e Figura 63).



Figura 62. Perfil de PLINTOSSOLO (coordenadas UTM 568904 E/ 8970432 N).



Figura 63. Detalhe de concrecionamentos no perfil plintossólico (coordenadas UTM 568904 E/ 8970432 N).

➤ GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXbd7)

Os GLEISSOLOS observados na All concentram-se na área de influência fluvial do rio Araguaia, ou seja, em sua planície de inundação, sendo estes, solos compostos basicamente por sedimentos grosseiros arenosos e matéria orgânica, apresentando coloração acinzentada em decorrência de processos de redução de compostos de ferro, que tanto pode ocorrer em função das flutuações do nível freático, quanto em decorrência do regime hídrico e do ciclo de inundações das planícies aluviais da região.

Desta forma pode-se enquadrar os GLEISSOLOS como solos hidromórficos, constituídos mormente por material mineral e com a presença de horizonte glei dentro de 150 cm da superfície do solo, sobreposto por horizonte orgânico A ou E que pode ou não apresentar gleização (EMBRAPA, 2006).

Assim como os demais solos observados na região, os GLEISSOLOS apresentam espesso manto de alteração, não sendo possível a observação do horizonte C em nenhum ponto analisado assim como também não se avistou contato com a rocha que serve de embasamento ou matriz.

Conforme os levantamentos do IBGE (2007), e com base nas observações de campo, pode-se classificar estes GLEISSOLOS como GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos. Sendo considerados HÁPLICOS por não se enquadrarem em nenhuma outra classe de GLEISSOLO (TIOMÓRFICOS, SÁLICOS ou MELÂNICOS) e Tb Distróficos por serem solos que apresentam em sua constituição mineral argilas de baixa atividade além de baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100 centímetros em direção a subsuperfície (EMBRAPA, 2006) (Figura 64 e Figura 65).



Figura 64. Detalhe de área de ocorrência de solos glei (coordenadas UTM 569817 E / 8971075 N).



Figura 65. Área de ocorrência de solo glei com exposição no nível freático (coordenadas UTM 569817 E / 8971075 N).

4.1.5.4. Erodibilidade dos Solos

Apesar da existência e da predominância dos ARGISSOLOS na maior parte da área de influência, tendo em vista a propensão do desenvolvimento de processos erosivos nesta classe de solos quando estes perdem as camadas mais superficiais de seus perfis, o desenvolvimento de processos erosivos severos não é algo comum para a

região, o que pode ser, de certa forma, atrelado as características do relevo local, pouco movimentado e apresentando baixo gradiente de declividade.

As áreas de ocorrência dos PLINTOSSOLOS e dos GLEISSOLOS, que são equivalentes a atual planície de inundação do rio Araguaia também apresentam pouco potencial aos processos erosivos severos, porém quando observados estes processos em geral tem relação a atividades antrópicas de decapeamento das coberturas pedológicas.

De forma geral, o potencial de ocorrência e desenvolvimento de processos erosivos ao longo das áreas de influência está ligado diretamente as atividades humanas, tendo sido observadas a formação de sulcos em áreas onde houve intervenção no solo, sendo o fator antrópico o maior risco para a instalação de processos erosivos na região.

4.1.5.5. Conclusões

Seguindo os padrões esperados para as áreas de planície do rio Araguaia, caracterizadas pela topografia aplainada, a baixa amplitude hipsométrica e a proximidade do nível freático da superfície (MARTINS *et al*, 2006), tem-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de solos com horizonte glei, plíntico e petroplínticos em função da dinâmica hídrica de cheias do rio.

De forma geral, as coberturas pedológicas da região apresentam perfil de intemperismo bastante espesso e desenvolvido, sendo raras as exposições da rocha matriz em seu estado fresco. Os Argissolos que se encontram nas áreas de terraço fluvial do rio Araguaia apresentam horizonte B bastante espesso e bem desenvolvido, assim como o horizonte C, que em geral encontra-se em estágio avançado de intemperização apresentando resquícios da estrutura da rocha parental, porém com a formação de minerais secundários. A espessura desses horizontes atinge comumente perfis horizontais na ordem de metros, indicando um processo de intemperismo intenso e propiciado por um ciclo hidrológico dinâmico e constante ao longo do tempo geológico.

4.1.6. Suscetibilidade a Fenômenos Geológicos e Morfodinâmicos

4.1.6.1. Metodologia

A definição da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos da AID envolveu a integração de dados multidisciplinares aplicados na área estudada, adaptando-se a escala da análise e a apresentação das informações de acordo com os aspectos avaliados. A construção deste item foi dividida em três etapas principais, conforme apresentado na Figura 66.

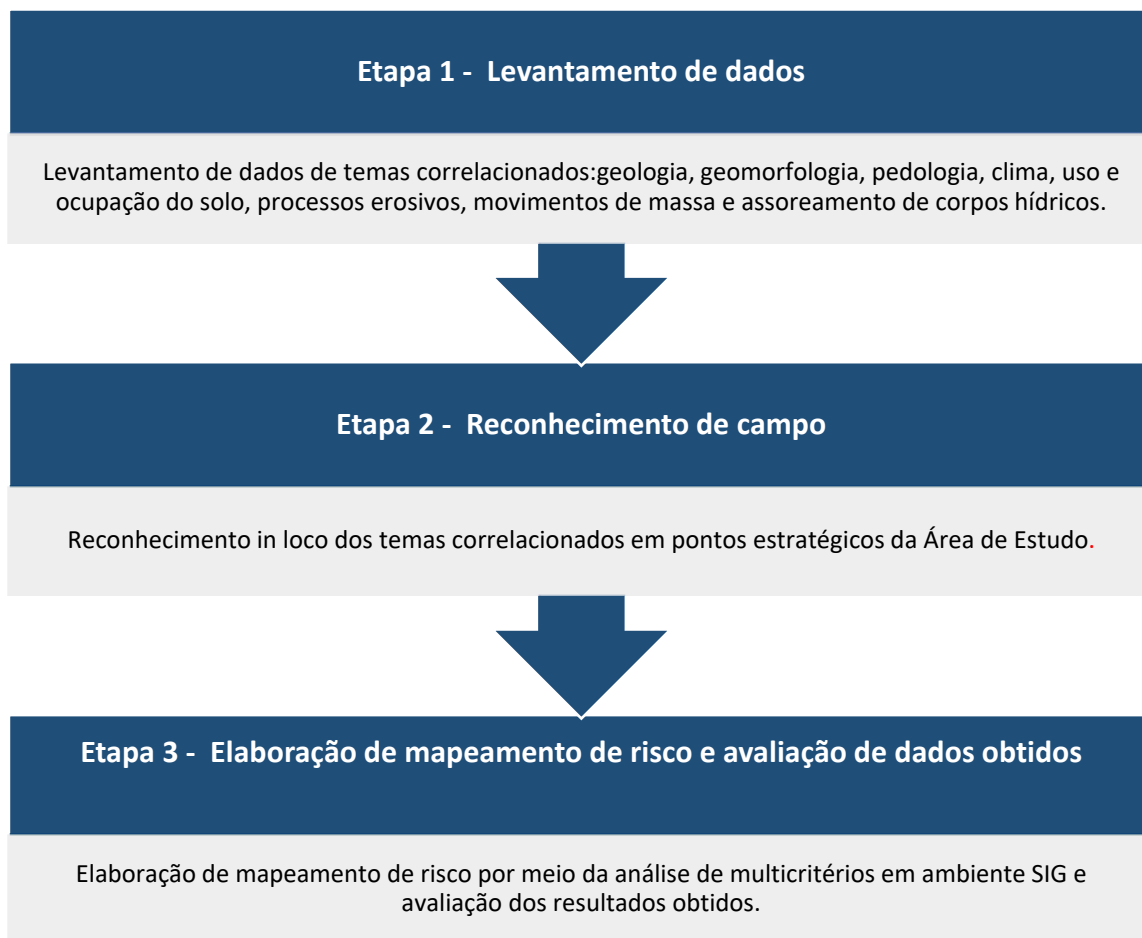


Figura 66: Etapas metodológicas para avaliação da susceptibilidade aos fenômenos morfodinâmicos. Fonte: Ambientare, 2018.

A primeira etapa compreendeu o levantamento de dados na literatura especializada relativos aos temas considerados na análise, a saber: geologia, geomorfologia, pedologia, clima, uso e ocupação do solo, presença de feições erosivas, movimentos de massa e assoreamento de corpos hídricos.

As bases que subsidiaram o mapeamento temático dos componentes citados são: bases cartográficas geológicas e geomorfológicas do Mapa de Geodiversidade do Pará em escala de 1:2.000.000 (CPRM, 2010) e para o Tocantins o mapa da mesma série na escala de 1:1.100.000 (CPRM, 2016), Mapa Pedológico dos Estados do Pará (IBGE, 2008) e Tocantins 1:250.000 (IBGE, 2007); Interpolação espacial dos dados das estações meteorológicas BDMET/INMET (2018); Mapa de Vegetação da Amazônia Legal 1:250.000 (IBGE, 2008) e dados de declividade percentual oriunda de dados altimétricos da imagem alos. A análise integrada e sistêmica dos dados compilados permitiu a construção de classes de vulnerabilidade a fenômenos morfodinâmicos, cuja metodologia será discutida na sequência.

A segunda etapa compreendeu o reconhecimento de campo da AID, com ênfase à identificação de feições de processos erosivos e de movimentos de massa, considerando o seu contexto de ocorrência em relação aos componentes ambientais tratados no presente diagnóstico. A execução dessa etapa metodológica foi planejada para ocorrer em conjunto com os demais levantamentos pertinentes a esta análise, tendo em vista que a interdisciplinaridade, além da proximidade dos temas, enriquece o entendimento sobre a vulnerabilidade

dos fenômenos morfodinâmicos. Portanto, a etapa de campo foi subsidiada pelos diagnósticos geológico, geomorfológico, pedológico, do clima e os aspectos socioeconômicos em relação ao uso e ocupação do solo.

A terceira etapa compreendeu duas fases. Na primeira fase foi realizado a análise de multicritérios em ambiente SIG, que é baseada no mapeamento de variáveis por plano de informação georreferenciados, onde é definido o grau de pertinência de cada plano e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. Nesse caso, utiliza-se fatores de ponderação de acordo com a demanda de análise pretendida (MOURA, 2007). Nesse sentido, a análise de multicritério permite levar todos estes temas em consideração, por intermédio da reclassificação dos valores dos arquivos utilizados para uma escala comum de disponibilidade ou preferência, risco ou similaridade. A segunda fase refere-se a análise dos dados obtidos no mapeamento preliminar conjuntamente com os coletados em campo (primários). A análise integrada permitiu a validação e refinamento das classes de vulnerabilidade, assim como a correlação dos fenômenos geológicos e morfodinâmicos registrados aos temas considerados na avaliação.

As etapas foram executadas considerando-se duas escalas de trabalho: i) Identificação de feições de processos erosivos, de movimentos de massa e assoreamento de corpos hídricos na Área de Influência Direta (AID); ii) Avaliação da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos na Área de Influência Direta (AID), definida como uma faixa de 1 km (500m para cada lado) contígua à diretriz da linha de distribuição. Os aspectos metodológicos referentes a cada uma destas etapas de estudo são descritos no contexto dos itens deste diagnóstico de vulnerabilidade a fenômenos morfodinâmicos.

4.1.6.2. Avaliação da Suscetibilidade a Fenômenos Morfodinâmicos nas Áreas de Estudo

A análise da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos foi realizada para a Área de Influência Direta (AID) da Linha de Distribuição (LD) 138 kV Santana do Araguaia e Caseara, definida como uma faixa de 1 km (500m para cada lado) contígua à diretriz da LD. A abrangência da análise da vulnerabilidade geológica e morfodinâmica para esta faixa justifica-se pelo entendimento de que a manifestação de eventuais impactos decorrentes de fenômenos geológicos e morfodinâmicos apresenta caracteristicamente, ocorrência e abrangência localizadas.

No intuito de homogeneizar os conceitos e as definições que envolvem o estudo da vulnerabilidade dos terrenos optou-se em adotar a terminologia proposta pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) da Universidade de São Paulo (USP) para o estudo de áreas de risco, publicados em documento elaborado para o Ministério das Cidades (BRASIL/IPT, 2007), fundamentado no modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais da Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres (UNDRO). As terminologias adotadas são apresentadas a seguir:

- **Evento:** fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais;
- **Perigo:** condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável;
- **Vulnerabilidade:** grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo;

- **Suscetibilidade:** indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência;
- **Risco:** relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco;
- **Área de risco:** área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam nessas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

De forma complementar, Cerri & Amaral (1998) propõem o conceito de risco geológico, definido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não.

Os autores sugerem identificar e representar as situações de risco geológico na forma de risco atual ou de risco potencial. O 'risco atual' corresponde ao risco instalado (ou efetivo) em áreas já ocupadas, enquanto o 'risco potencial' expressa a suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos em áreas ainda desocupadas. A definição de 'risco atual' dos autores vem ao encontro do conceito de 'risco' proposto pelo IPT (BRASIL/IPT, 2007), que inclui danos ou consequências sociais ou econômicas.

A análise da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos subsidiará, portanto, a avaliação quanto ao risco geológico da AID, uma vez que estes conceitos são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. A avaliação quanto ao risco geológico requer, ainda, a consideração quanto à frequência e magnitude dos fenômenos capazes de gerar instabilizações no terreno.

Os efeitos adversos ou as perdas associadas ao conceito de risco aqui aplicado referem-se às instabilizações geológico-geotécnicas passíveis de afetar as estruturas civis do empreendimento (torres, cabos suspensos, subestações, dentre outros) ou a infraestrutura pública a ele associado na faixa de servidão, a exemplo das vias de acesso e eventuais equipamentos públicos, causando prejuízo humano ou financeiro.

Vale ressaltar que não é permitida a instalação de edificações ou habitações na faixa de servidão, devendo ter cautela, portanto, no uso dos termos 'área de risco' e 'risco geológico atual', uma vez que, comumente, estão associados a áreas urbanas e ocupadas.

4.1.6.3. Ponderação das Classes de Suscetibilidade

A avaliação da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos da Área de Influência Direta (AID) da LD foi efetuada com base na metodologia desenvolvida por Crepani et al. (1996, 2001 e 2004), fundamentada no arcabouço conceitual de Ecodinâmica de Tricart (1977), que relaciona espacialmente os processos morfogenéticos e pedogenéticos para a análise de unidades de paisagem.

Ao analisar uma unidade de paisagem natural, é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo de vegetação que se desenvolve sobre ela (CREPANI et al., 1996). O

diagnóstico dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos (intensidade pluviométrica), de uso e cobertura da terra (vegetação e as classes de cobertura em determinado recorte temporal) e de graus de declividade do terreno fornecem os dados de entrada na integração destes temas e a consequente classificação da vulnerabilidade da AID. Foi considerado pertinente incluir a abordagem sobre a declividade das vertentes, inseridas na análise de vulnerabilidade ambiental proposta por Santos et al., (2006) embasada no estudo da análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados propostos por Ross (1994), com base em Tricart (1977), ou seja, representa elemento complementar sinérgico em termos teóricos e metodológicos.

A metodologia proposta sugere que cada um dos temas seja avaliado quanto à relação de morfogênese/pedogênese. De acordo com Crepani et al. (1996), no predomínio da morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo e, quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores de solos. Deste modo, a classificação do grau de vulnerabilidade de cada tema será inferida pela atribuição de valores de estabilidade (em notas de 1 a 3), conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Classes de vulnerabilidade das paisagens naturais.

CLASSE	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	NOTA
Estável	Prevalece a pedogênese	1
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2
Instável	Prevalece a morfogênese	3

Fonte: Modificado de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

Após a definição das notas para as classes de cada tema, foi realizada a média aritmética das camadas inseridas no processo por meio da análise de multicritérios. Essa metodologia é baseada no mapeamento de variáveis por plano de informação georreferenciados, onde é definido o grau de pertinência de cada plano e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. Essa técnica tem sido utilizada em vários estudos de planejamento ambiental/territorial, necessitando ser aplicada em estudos onde apenas uma variável não representa a realidade do fenômeno estudado (SANTOS, 2010), como é o caso do estudo de vulnerabilidade proposto por Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

De acordo com Qren (2009), por meio da análise de multicritério, pode-se avaliar vários critérios, de forma simultânea, no estudo de uma situação complexa. Esse método destina-se a ajudar os gestores a integrar diferentes opções nas suas deliberações, refletindo sobre as opiniões de diferentes atores envolvidos no processo de instalação da referida LT.

Na análise de multicritérios é utilizada um conjunto de técnicas de álgebra de mapas, isto é, um conjunto de procedimentos de análise espacial em SIG que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas (TOMLIN, 1990). Nesse sentido, Câmara (2001) destaca que esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todo o mapa.

A definição das notas para as classes, representadas pelas camadas ambientais georreferenciadas, depende da prévia classificação dos atributos (componentes) de cada um dos temas. Esta classificação, por sua vez, é

baseada na conjunção de dados da literatura especializada, observações de campo e experiência do profissional responsável pela análise da vulnerabilidade. Ou seja, trata-se de uma abordagem heurística, uma vez que se vale da seleção de critérios subjetivos para a redução e simplificação das variáveis envolvidas, notadamente complexas, em se tratando de componentes dinâmicos da natureza.

Dessa forma, em complemento as notas das temáticas indicadas por Crepani et al. (1996, 2001 e 2004), foram aplicados pesos aos temas analisados distribuídos em porcentagens para aplicação de uma média aritmética ponderada. Esse método foi escolhido, pois considerando os dados primários de campo, verificou-se que a temática clima e declividade, representam os fatores mais importantes para entendimento da vulnerabilidade na região.

Na sequência são descritos os critérios de seleção dos atributos de cada tema inserido na análise da vulnerabilidade geológico-geotécnica e seus referidos pesos utilizados na análise de multicritérios em ambiente SIG. Cabe ressaltar que as áreas nas bases de dados espacializadas como massa de água/corpos hídricos receberam a classe de vulnerabilidade estável (1).

➤ Aspectos Geológicos

As unidades geológicas ocorrentes na AID foram agrupadas em duas variáveis para classificação da vulnerabilidade geotécnica: I) rochas das Províncias Carajás-Amazônia Central; II) e II) coberturas cenozoicas. Cabe ressaltar que as unidades geológicas a seguir identificadas foram obtidas pelo recorte espacial da base para a AID e estão devidamente detalhadas/diagnosticadas no item diagnóstico geológico deste estudo.

As rochas das Províncias Carajás-Amazônia Central são consideradas as mais estáveis e antigas, representadas pelo Suite Arco Verde, e as Formações Quixadá e Couto Magalhães.

Essa variável abrange as unidades geológicas com baixo grau de vulnerabilidade geotécnica, sendo atribuídos valores de estabilidade (1), pois a litologia dessas unidades geológicas caracteriza-se, de modo geral, por rochas consolidadas e com elevado grau de coesão, quando não alteradas.

As coberturas cenozoicas são representadas pelos depósitos aluvionares constituídos predominantemente por Areia e Cascalho.

Esse grupo apresenta alto grau de vulnerabilidade, sendo atribuídos valores de instabilidade (3), uma vez que tais unidades são compostas, de modo geral, por materiais inconsolidados a seminconsolidados, facilmente desagregáveis.

Vale ressaltar que, a composição geológica-geomorfológica da área em estudo, não apresentou setores com equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese. Isso pode ser explicado pela predominância de relevo plano que contribui para baixa incidência do desenvolvimento morfogênico. Por este motivo, optou-se em utilizar nesta análise somente as vulnerabilidades classificadas como estável e instável.

A síntese das classes de vulnerabilidade definidas para a área de interesse é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Ponderação da vulnerabilidade das unidades geológicas.

Variáveis	Unidades geológicas	Vulnerabilidade	Nota	Peso
Rochas das Províncias Carajás-Amazônia Central	Suite Arco Verde, e as Formações Quixadá e Couto Magalhães	Estável	1	15%
Coberturas cenozoicas	Depósitos aluvionares constituídos predominantemente por Areia e Cascalho	Instável	3	

Fonte: Modificado de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

➤ Aspectos Geomorfológicos

Considerando que o relevo da AII em estudo apresenta pouca variação hipsométrica e clinográfica e é composto por planícies fluviais e superfícies aplainadas conservadas e retocadas (as quais são observadas nas áreas de domínio do terraço fluvial do rio Araguaia em suas duas margens), optou-se, na análise de vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos, utilizar apenas a declividades como variável representativa do tema geomorfologia.

A predominância do relevo plano na AID sinaliza um baixo grau de dissecação e quase ausência de amplitudes altimétricas representativas na área em análise, que faz a declividade ser a variável mais indicada para referida análise.

O mapeamento da declividade foi obtido a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE), dos dados do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com resolução espacial de 10 m, mosaicados e recortados para a AE utilizando ferramentas (*Extract by Mask, Slope, Reclassify e Lookup*, todas componentes do *Spatial Analyst Tools*) implementadas no software *ArcMap (ArcGIS/ESRI)*. O MDE pode ser definido como uma representação espacial da superfície a partir de pontos que descrevem a topografia do terreno ou a elevação tridimensional de uma grade de dados em intervalos regulares ou irregulares (MONTGOMERY, 2003 apud SANTOS et al., 2006). Os intervalos de classes de declividade foram aplicados de acordo com o trabalho de Crepani et al. (2001) e relacionados com os valores de vulnerabilidade.

Como a declividade possui uma maior importância a predisposição da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos, dentre outras variáveis analisadas, optou-se nessa avaliação aplicar um peso maior nesta variável, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Classes morfométricas, de declividade e respectivos valores de vulnerabilidade.

CLASSES MORFOMÉTRICAS	DECLIVIDADE (%)	NOTA	PESO
Muito baixa	<2	1,0	30%
Baixa	2 – 6	1,5	
Média	6 – 20	2	
Alta	20-50	2,5	
Muito alta	> 50	3,0	

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

➤ Aspectos Pedológicos

Os tipos de solo ocorrentes na área permitiram a categorização dos atributos nas seguintes variáveis: solos intermediários e solos pouco desenvolvidos.

Considerando as características físicas da área estudada, não se verificaram solos desenvolvidos, caracteristicamente intemperizados, friáveis, com grande profundidade e porosidade e boa permeabilidade, cujas matérias de origem são os solos mais decompostos. Portanto, na região de estudo, infere-se a ausência de solos consideravelmente desenvolvidos de acordo com o método de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

Os solos menos intemperizados, com menor profundidade e que apresentam mudança de textura entre os horizontes superficiais (mais arenosos) e subsuperficiais (mais argilosos), localizados em topografias pouco movimentadas, receberam grau intermediário de vulnerabilidade (2), uma vez que estas características favorecem a instalação de processos erosivos e movimentos de massa. Para a AE, os solos que possuem estas características são os Argissolos.

Os solos pouco desenvolvidos, seja por matéria orgânica recentemente depositada ou por terem forte influência do lençol freático, onde a taxa de erosão é igual ou superior à velocidade do processo pedogenético, receberam alto grau de vulnerabilidade (3), sendo considerados solos instáveis. Para a área estudada, os solos que possuem estas características são os Gleissolos e Plintossolos.

Tabela 8. Ponderação da vulnerabilidade das unidades pedológicas.

VARIÁVEIS	UNIDADES PEDOLÓGICAS	VULNERABILIDADE	NOTA	PESO
Solos desenvolvidos	Não se aplica	Estável	-	15%
Solos intermediários	Argissolos	Intermediária	2	
Solos pouco desenvolvidos	Gleissolos e Plintossolos	Instável	3	

Fonte: Modificado de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

➤ **Uso e Cobertura do Solo**

As classes de uso e cobertura do solo e consideradas na análise em tela, foram associadas a diferentes níveis de cobertura da superfície, definindo as seguintes variáveis: cobertura densa, cobertura intermediária e cobertura rala ou inexistente. Os dados são provenientes do mapeamento de vegetação para a Amazônia Legal na escala 1:250.000 (IBGE, 2008), contendo a identificação de áreas de vegetação natural dominante e áreas antrópicas dominantes.

Cada uma das categorias definidas apresenta níveis diferentes de resiliência a processos erosivos e movimentações de massa gravitacionais. Para áreas de cobertura que favorecem a estabilidade do solo, como locais com vegetação florestal constituída, atribuiu-se o grau de vulnerabilidade baixo (1). Nessa classe de vulnerabilidade foram consideradas: Floresta Ombrófila Aberta Submontana e a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Dossel emergente.

Para locais de cobertura intermediária - cujo recobrimento da superfície é apenas parcial ou misto, ou cuja vocação foi parcialmente alterada -, o grau de vulnerabilidade geotécnica considerado foi o intermediário (2). Nessa classe, na área estudada, estão compreendidas a Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Savana Parque sem floresta-de-galeria e a Savana Parque com floresta-de-galeria.

Os locais desprovidos de cobertura vegetal e cuja vocação foi alterada completamente (favorecendo e induzindo a instalação de processos erosivos e movimentos de massa) foram considerados instáveis, ou seja, com alto grau de vulnerabilidade (3). Correspondem as culturas cíclicas e pecuária (pastagens).

Tabela 9. Ponderação da vulnerabilidade das tipologias de uso e ocupação do solo.

VARIÁVEIS	TIPOLOGIAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	VULNERABILIDADE	NOTA	PESO
Cobertura densa	Floresta Ombrófila Aberta Submontana e Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Dossel emergente	Estável	1	
Cobertura intermediária	Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Savana Parque sem floresta-de-galeria e a Savana Parque com floresta-de-galeria	Intermediária	2	15%
Cobertura rala ou inexistente	Culturas cíclicas e pecuária (pastagens)	Instável	3	

Fonte: Modificado de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

➤ Aspectos Climatológicos

Dados climatológicos têm caráter relevante na caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem, propiciando maior grau de compreensão acerca da vulnerabilidade geológico-geotécnica. Ao considerarmos dados relativos à pluviosidade anual média e à duração do período chuvoso, os quais definem a intensidade pluviométrica, variável utilizada nesta metodologia, modela-se o grau de vulnerabilidade a que estão submetidas as unidades da paisagem. A intensidade pluviométrica determina quanto de energia potencial disponível pode se transformar em energia cinética, dando origem às enxurradas, ou *run off* (CREPANI et al., 2004).

Alguns autores apontam que a relevância da intensidade pluviométrica pode ser verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, distribuída de forma semelhante ao longo de todo um período chuvoso (intensidade pluviométrica baixa), tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual reduzida, que se despeja torrencialmente em apenas um período do ano (intensidade pluviométrica alta).

Para inferir a vulnerabilidade geológico-geotécnica, considerando a intensidade pluviométrica para a área estudada deste empreendimento, optou-se por utilizar os dados oriundos da série histórica de 1988-2017 (variáveis precipitação mensal e dias com chuva por mês) para as estações INMET/BDMET: Porto Nacional-TO, Palmas/TO, Pedro Afonso/TO, Conceição do Araguaia/PA, São Félix do Xingu/PA, Pedro Afonso/TO e Palmas/TO). Cabe ressaltar que de 2014 até 2018 não existem dados de total de dias com chuva por mês para as referidas estações meteorológicas.

Para obter o valor de precipitação média anual, foram somadas as médias mensais de precipitação ao longo da série histórica, por estação meteorológica. Para os dias com chuva por mês, foi gerada a média mensal (ao longo dos anos de 1988 e 2017) e posteriormente somados, gerando o total de dias com chuva por estação. Esse valor foi dividido por 30 para gerar o valor de meses com chuva por ano, que permite a divisão da precipitação anual média por esta variável, gerando os valores de intensidade pluviométrica por estação, apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Dados de precipitação anual média, quantidade de dias com chuva, quantidade de dias com chuva dividido por 30 e intensidade pluviométrica por estação meteorológica BDMET/INMET (1988-2017).

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÉDIA	QUANTIDADE DE DIAS COM CHUVA	QUANTIDADE DIAS COM CHUVA /30	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA
Conceição do Araguaia-PA	1747,00	146,69	4,89	357,29
Palmas-TO	1762,57	136,12	4,54	388,45
Pedro Afonso-TO	1674,29	139,57	4,65	359,89
São Félix do Xingu	1918,70	163,38	5,45	352,06

Fonte: BDMET/INMET (2018).

Esses valores estão espacialmente vinculados apenas as coordenadas (ponto) da localização da estação meteorológica e foram interpolados espacialmente, objetivando delimitar as áreas com a mesma classe de intensidade pluviométrica conforme classificação da Tabela 11. O interpolador que apresentou resultado consistente foi o *IDW (Inverse Distance Weighted - Inverso da Distância Ponderada)*, disponível no *Spatial Analyst* do software *ArcMap (ArcGIS/ESRI)*. Este interpolador é um estimador determinístico e considera basicamente que os pontos próximos dos locais não amostrados são mais representativos do que aqueles mais afastados e também preserva os dados brutos (AMORIM et al., 2011). Após o processo de interpolação dos valores de intensidade pluviométrica, o *raster* georreferenciado resultante foi recortado para a região em estudo e reclassificado para alimentação de notas conforme as classes da Tabela 11 utilizando as ferramentas *Reclassify* e *Lookup* do *Spatial Analyst*, possibilitando relacionar os valores de intensidade pluviométrica obtidos para cada intervalo de vulnerabilidade proposto por Crepani et al. (2001).

Tabela 11. Classes de intensidade pluviométrica e respectivos valores de vulnerabilidade.

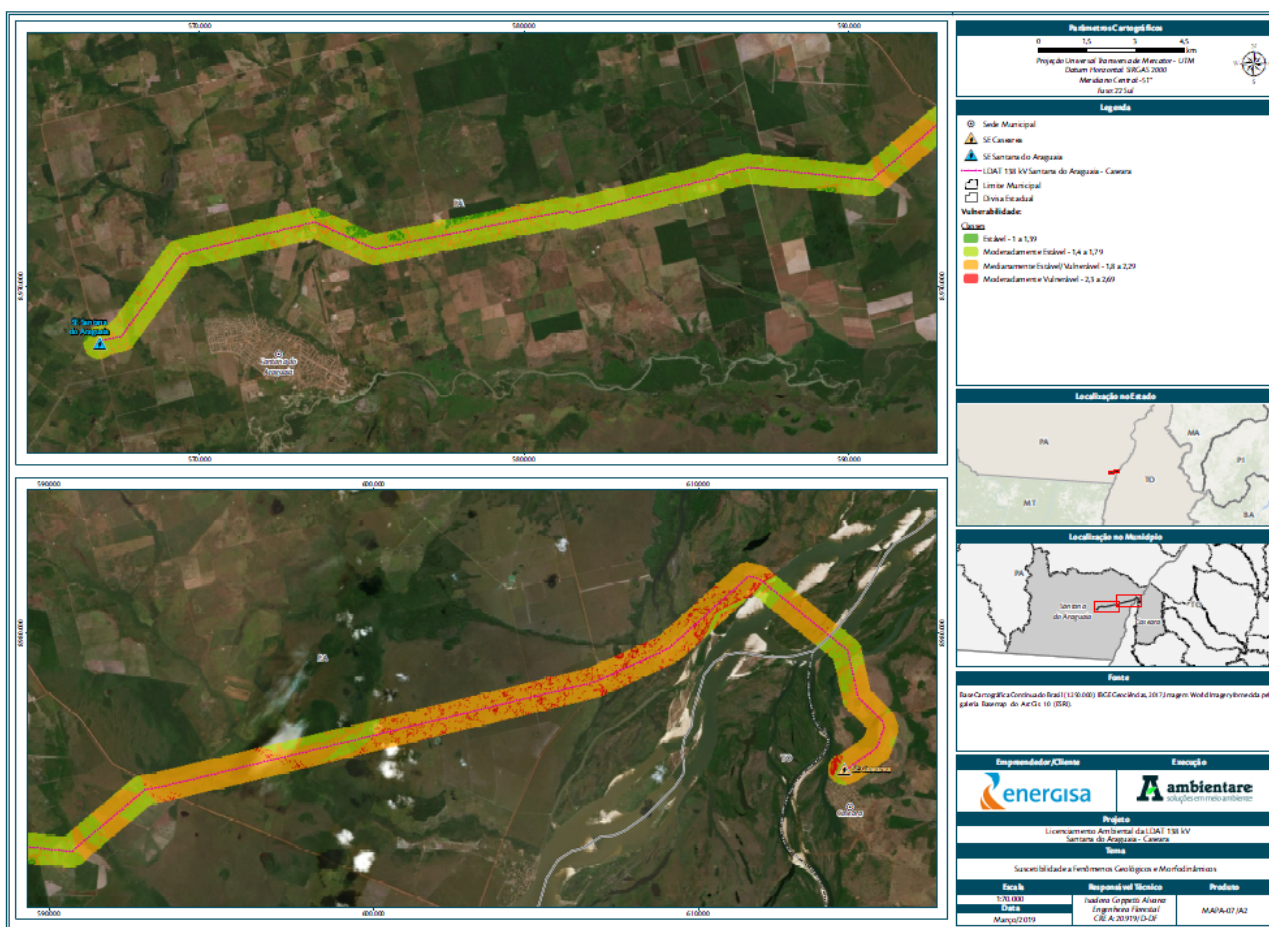
Intensidade Pluviométrica (mm)	Nota	Intensidade Pluviométrica (mm)	Nota	Peso
<50	1,0	300 – 325	2,1	25%
50 – 75	1,1	325 – 350	2,2	
75 – 100	1,2	350 – 375	2,3	
100 – 125	1,3	375 - 400	2,4	
125 – 150	1,4	400 – 425	2,5	
150 – 175	1,5	425 – 450	2,6	
175 - 200	1,6	450 – 475	2,7	
200 – 225	1,7	475 – 500	2,8	
225 – 250	1,8	500 – 525	2,9	
250 – 275	1,9	>525	3,0	
275 – 300	2,0	-	-	

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

➤ **Análise dos resultados**

A integração dos temas considerados na avaliação da vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos resultou na definição de cinco classes, das quais quatro ocorrem na Área de Influência Direta (AID). As classes foram valorizadas em intervalos equivalentes entre 1 e 3, sendo aquelas intermediárias

relacionadas aos extremos (estável e vulnerável) mais próximos. As classes definidas são apresentadas no Mapa 5, e representadas espacialmente no mapa 5, exibido na sequência.



Mapa 5. Vulnerabilidade fenômenos geológicos e morfodinâmicos da Área de Estudo Local (AID).

Tabela 12. Classes de vulnerabilidade geológica-geotécnica para a Área de Estudo Específica (AID).

CLASSES DE VULNERABILIDADE	INTERVALO DE NOTAS	COBERTURA NA AID	
		KM ²	%
Vulnerável	2,7 a 3	-	-
Moderadamente Vulnerável	2,3 a 2,69	1,93	3,50
Medianamente Estável/Vulnerável	1,8 a 2,29	27,26	49,55
Moderadamente Estável	1,4 a 1,79	25,21	45,82
Estável	1 a 1,39	0,62	1,12

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (1996, 2001 e 2004).

A maior parte da AID (aproximadamente 49,55%) enquadra-se na classe Medianamente Estável/Vulnerável, que se concentrou de forma predominante na porção leste da AID do traçado da LDT 138 kv Santana do Araguaia – Caseara. Essa classe encontra-se predominantemente inserida no município de Santana do Araguaia, situado nas proximidades da confluência dos rios Araguaia; e quanto a Caseara, nas proximidades do rio do Coco.

A segunda classe com maior ocorrência é a Moderadamente Estável, perfazendo aproximadamente 45,82% da AID. Concentra-se predominantemente na porção oeste do traçado da LDT 138 kv Santana do Araguaia – Caseara, cuja maior parte encontra-se no município de Santana do Araguaia, e em menor proporção, no município de Caseara.

A classe Moderadamente Vulnerável ocorre em aproximadamente 3,50% da AID, e semelhantemente a classe Medianamente Estável/Vulnerável, está predominantemente inserida na porção leste do traçado da LDT 138 kv Santana do Araguaia – Caseara. Essa classe encontra-se inserida em maior parte no município de Santana do Araguaia, porém verifica-se algumas áreas de menores proporções inseridas no município de caseara, localizada no extremo leste da referida LDT. Destaca-se ainda, a vinculação dessas classes com a confluência dos rios Araguaia e Coco, nas proximidades da divisa do estado do Pará e Tocantins.

As classes Estável apresentou baixa representatividade na AID e a classe Vulnerável não foi verificada. Esses dados indicam que a maior atenção tem que ser direcionada para a classe Moderadamente Vulnerável, mesmo com sua pequena abrangência espacial para a AID (3,50%).

De modo geral para este estudo, áreas em que prevalece a morfogênese, ou seja, setores com declives altos, com sedimentação recente/depósitos inconsolidados e semiconsolidados, rochas sedimentares, solos incipientes, solos em áreas de elevada declividade, proximidade aos cursos d'água representativos, planícies fluviais, locais desprovidos de cobertura vegetal, possuem certo grau de vulnerabilidade a fenômenos geológicos e morfodinâmicos e devem ser atentamente observados na instalação do empreendimento.

Estas áreas, na maioria das vezes, são constituídas de materiais facilmente desagregáveis, favoráveis à instalação de processos erosivos e movimentos de massa, devidamente mapeadas neste diagnóstico e caso sejam intervencionadas, maior atenção deverá ser dada. Cabe considerar que fatores antrópicos, como o manejo inadequado do solo e alterações geométricas nas encostas, são fortes influenciadores da instalação e potencialização de fenômenos erosivos, uma vez que tornam o solo mais suscetível aos agentes intempéricos. As Instabilizações geológico-geotécnicas que oferecem maior risco – notadamente os deslizamentos – estão relacionadas a intervenções geométricas em taludes, sobretudo taludes de corte, para abertura de estradas e outras obras de infraestrutura.

Pode-se concluir, portanto, que o risco de ocorrência a fenômenos geológicos e morfodinâmicos de maior magnitude presente na AID, esteja vinculado à alteração morfológica do relevo oriundas do trabalho das águas em regimes de cheias (novembro a maio), deflagrado de movimentos de massas gravitacionais do tipo solapamentos do solo nas margens dos principais cursos de água existentes na AID.

Deve-se assinalar que os fenômenos erosivos e movimentações de massa são processos dinâmicos e com evolução temporal incerta, dependentes de uma gama de variáveis complexas. Dessa forma, a avaliação e a predição de eventos que ofereçam perigo, ou mesmo risco, devem ser feitos continuamente, sobretudo na etapa de instalação do empreendimento. Por fim, uma atenção especial para instalação de torres as margens do rio Araguaia são necessárias para evitar possíveis danos na execução do projeto provocados por períodos de cheias.

4.1.6.4. Levantamento de Fenômenos Morfodinâmicos na Áreas de Estudo

O levantamento de fenômenos Morfodinâmicos nas áreas de influência foi realizado por meio de três etapas. A primeira etapa consistiu na interpretação de pontos estratégicos sobre imagem em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), analisados conjuntamente, as camadas cartográficas ambientais pertinentes à temática. Ainda nessa etapa, foram processados esses pontos e transformados em arquivo kml (*Keyhole Markup Language*), para inserção em um aplicativo de campo. Depois de inserido no aplicativo, é possível realizar a localização deles e avaliar em campo a situação local e de entorno, visto que o aplicativo disponibiliza a observação dos pontos sobrepostos a imagens de satélite de alta resolução. O aplicativo utilizado trata-se do MaPinr, disponível gratuitamente para utilização em *smartphones*.

Conforme realizado em outras temáticas, a execução da segunda etapa metodológica, ou seja, os levantamentos de campo, foi planejada para ocorrer em conjunto com os levantamentos pedológicos, geológicos e geomorfológicos, tendo em vista que a interdisciplinaridade, além da proximidade dos temas, enriquece as análises de todos os quatro temas, sendo a compreensão da composição do substrato rochoso e das formas de relevo, pontos de fundamental importância para um melhor conhecimento e descrição das características e causas de fenômenos morfodinâmicos.

O caminhamento de campo consistiu no reconhecimento das temáticas supracitadas nas áreas de Influência do empreendimento. Para os trabalhos de campo, foram considerados os pontos estratégicos levantados em escritório, a disponibilidade de acesso e de afloramentos/exposições de solo, procurando-se reconhecer as principais unidades litológicas, de relevo e tipos de solo.

A terceira etapa refere-se à compilação dos dados primários e inserção dos pontos vistoriados em ambiente SIG e elaboração de relatório.

Os conceitos de feições derivadas de processos erosivos, considerados no âmbito deste levantamento, tanto para o reconhecimento de campo quanto para a análise sobre imagem, foram:

- **Sulcos:** configuram incisões comumente subparalelas, com profundidade variada, causadas pela mudança na forma do escoamento superficial, que passa de difuso para concentrado (GUERRA, 1997);
- **Ravinas:** feições que resultam do aprofundamento dos sulcos em função do aumento no fluxo concentrado das águas pluviais, representando a continuidade do processo de erosão linear. Dão origem a incisões profundas no terreno, que alteram a geometria dos taludes (GUERRA, 1997).
- **Voçorocas:** representam o estágio mais avançado do processo erosivo, e resultam da combinação de processos erosivos superficiais e subsuperficiais (*pipping*), uma vez que o entalhe no terreno atinge o nível freático, quando, então, as águas subterrâneas passam a contribuir com o avanço do processo erosivo (HIGGINS, 1990). São formas erosivas de grande porte e profundidade, normalmente com laterais íngremes e fundo plano.

Em relação às feições derivadas de movimentos de massa gravitacionais, foram adaptadas no presente diagnóstico as definições propostas por Augusto Filho (1992), a saber:

- **Rastejos (creep):** tipo de movimento de massa com velocidades muito baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade. Afetam, solos, depósitos inconsolidados e rocha alterada ou fraturada. A geometria da massa em deslocamento é indefinida, contando com vários planos de deslocamento;
- **Deslizamentos (slide):** tipo de movimento de massa gravitacional caracterizado por velocidades médias (m/h) a altas (m/s), com superfície de ruptura bem definida. Os volumes instabilizados são facilmente identificados, e podem envolver solo, saprólito, rocha, e depósitos inconsolidados. O principal agente deflagrador destes processos são as chuvas;
- **Quedas (fall):** tipo de movimento de massa gravitacional com velocidade muito alta (vários m/s), envolvendo blocos e/ou lascas de rocha em movimento de queda livre ou em plano inclinado. Tem origem, principalmente, em descontinuidades no maciço rochoso, que propiciam o isolamento de blocos unitários de rocha e o seu conseqüente rolamento ou tombamento;
- **Corridas (flow):** tipo de movimento de massa com velocidades médias (m/h) a altas (m/s), envolvendo grandes volumes de material (solo, rocha, detritos ou água) e várias superfícies de deslocamento. O material mobilizado, que se assemelha a um líquido viscoso, atinge extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

Considerando as características da região onde se localiza o empreendimento, em complemento aos conceitos de movimentos de massa gravitacionais, foi inserido nesse diagnóstico a definição de solapamento do solo /ou erosão das margens definida por Guerra (2001), a saber:

- **Solapamento e/ou erosão das margens:** refere-se ao tipo de erosão que ocorre nas margens dos rios provocando a queda de encostas pelo aprofundamento das calhas fluviais. Esse tipo de erosão aumenta à medida que aumenta a quantidade de água e a velocidade da água, no canal fluvial. A erosão em um rio ocorre com maior intensidade na margem côncava, onde a velocidade é maior.

Cabe ressalva quanto à diferença entre processo erosivo e feição erosiva. Enquanto processo erosivo remete aos fenômenos naturais que promovem o desgaste e modelagem da superfície terrestre, por meio de agentes físicos, químicos e biológicos ao longo do tempo geológico, a feição erosiva constitui a representação no terreno do estágio do processo erosivo ou de movimentação de massa avaliado em um determinado período, finito no tempo. Ou seja, a feição erosiva pode ser considerada como o registro local e estático de um fenômeno abrangente e contínuo.

Os dados de geomorfologia e a interpretação de imagens de satélites de alta resolução, estudados antes do levantamento de campo, indicaram uma predominância de relevo plano na área de estudo e um índice baixo para ocorrência de processos erosivos.

Assim, entendendo que processos erosivos e movimentos de massa são fenômenos naturais e amplamente distribuídos na superfície terrestre, feições restritas, de pequeno porte, pouco profundas e sem evidente mobilização de material, não foram consideradas no levantamento.

Dessa maneira, foram registradas, portanto, somente as feições tidas como críticas ou severas, ou seja, aquelas que combinam porte significativo (em geral, métrico), com entalhamento avançado. Para fins de contextualização, também foram apontadas ao longo do diagnóstico as feições representativas das principais unidades geológicas e tipos de solo ocorrentes na área do empreendimento.

A análise dessas feições auxilia no entendimento da vulnerabilidade geológica-geotécnica da região, que será avaliada na sequência.

➤ **Processos Erosivos**

• Sulcos

Como indicado nos estudos preliminares, a região do empreendimento apresentou um baixo índice de ocorrência de sulcos erosivos nas unidades geológicas existentes no território estudado. Esse processo erosivo foi observado de maneira localizada desenvolvido principalmente associado a calha de drenagem. Destaque que não se verificou ocorrência de sulcos na ADA.

A Figura 67 e Figura 68 apresentam sulcos erosivos em área de empréstimo com declividade suave próximo à rodovia TO-080. O entalhamento observado apresenta cerca de 0,40 m e encontra-se instalado em uma drenagem efêmera sobre solo PLINTOSSOLO PÉTRICOS Concrecionários, derivado da pedogênese das rochas da formação Couto Magalhães características por filitos, ardósias, quartzitos, metarcóseos, metaconglomerados e metacalcários. De acordo com as sondagens realizadas nas proximidades deste ponto, na região predominam um solo silte arenoso muito compacto o que contribui para o baixo desenvolvimento deste processo erosivo.



Figura 67: Aspecto geral de área de empréstimo (primeiro plano) onde verificou-se sulco erosivo em drenagem efêmera (coordenadas UTM 615258 E/ 8973532 N).



Figura 68: Detalhe de drenagem efêmera onde ocorre erosão em sulco (coordenadas UTM 615258 E/ 8973532 N).



Figura 69: Sulco erosivo em drenagem efêmera com declividade suave (coordenadas UTM 567745E/ 8964742 N).



Figura 70: Vista parcial da bacia de retenção situada a jusante do sulco erosivo em drenagem efêmera (567745 E/ 8964744 N).

A Figura 69 e Figura 70, expõem sulcos erosivos desenvolvidos em uma drenagem efêmera extensa que desagua no Rio Campo Alegre. A drenagem ocorre em declividades suaves, promovendo um entalhamento máximo de até 1m e encontra-se instalado nos solos Argissolos Amarelos, derivado das rochas granitoides arqueanas. A jusante do sulco verificou-se uma bacia de retenção que serve para barrar o transporte de sedimentos finos ao Rio Campo Alegre. Observa-se que a baixa declividade existente no local favorece ao baixo processo de sulcamento.



Figura 71: Aspecto geral de sulcos erosivos oriundos de escoamentos de água direcionados ao Rio Araguaia (coordenadas UTM 609864 E/ 8979559 N).



Figura 72: Detalhe do ponto que recebe o escoamento direcionado dos sulcos erosivos as margens do Rio Araguaia (coordenadas UTM 609864 E/ 8979559 N).

A Figura 71 e a Figura 72, apresentam sulcos erosivos em fluxos d'água direcionados ao Rio Araguaia situado em declividades suaves. O entalhamento desses sulcos não possui profundidade superior a 1 m, todavia, apresentam-se em paralelo a direção preferencial do escoamento superficial. Eles estão instalados em solo arenoso derivado da pedogênese dos depósitos aluvionares em ambiente de planícies recentes. Em campo verificou-se que esse sulcamento, embora seja ativo, ele possui estágios de estabilização considerando a dinâmica de cheias do Rio Araguaia. Em épocas de cheias, observou-se vestígios que as águas do rio inundam todo processo erosivo, tendo seu estado ativo somente no período inicial de precipitação contínua, quando o rio se encontra mais seco.

- Ravinas, Voçorocas e Desertificação

Durante as atividades de campo não se verificou presença de processos erosivos no estágio de ravinamento ou de voçorocas na ADA. A avaliação sobre a imagem de satélite realizada na ADA, também não sinalizou a existências destes processos erosivos.

Vale ressaltar que, o fato de não ter apresentado tais processos erosivos, se deve a área de estudo está situada e maior parte sobre um relevo plano a suave ondulado associada a declividades entre 0 a 8%. Nesse contexto, não ocorre muitas concentrações de fluxos d'água, que na maioria dos casos, estão associados aos desenvolvimentos desses processos erosivos.

Além disso, verifica-se que a área de estudo apresenta grande pluviosidade e umidade relativa do AR, o que contribui para a não verificação de processos de desertificação.

➤ **Movimentos de Massa**

- Solapamento e/ou erosão de margens

O solapamento e/ou erosão de margens foram observadas de maneira localizada na área de estudo, desenvolvidas principalmente as margens dos cursos d'água principais, associados aos níveis de cheias dessas drenagens.

A Figura 73 e Figura 74, apresentam solapamentos do solo em encosta com declividade abrupta na margem esquerda do Rio Campo Alegre. Essa encosta encontra-se inserida no solo Argissolo Amarelo, derivado das rochas granitoides arqueanas, e localmente, apresenta predominância arenosa. Nota-se que o solapamento contribui para a queda da referida encosta, e considerando a dinâmica hídrica local, tende a aumentar à medida que se verifica aumento de quantidade e velocidade das águas do Rio Campo Grande. Em campo, aferiu-se que as águas chegam a cerca de 2,5 m acima do ponto vistoriado, conforme observado na Figura 74.



Figura 73: Aspecto geral da margem esquerda do Rio Campo Alegre onde foi verificado solapamento e/ou erosão de margem (coordenadas UTM 568145 E/ 8964627 N).



Figura 74: Detalhe do solapamento do solo a margem esquerda do Rio Campo Alegre instalado em solo arenoso (coordenadas UTM 568145 E/ 8964627 N).

De maneira semelhante, a erosão de margens observadas as margens do Rio Campo Grande, a Figura 75 e a Figura 76, apresentam solapamentos do solo em encosta com declividade abrupta na margem esquerda do Rio Araguaia. Essa encosta encontra-se inserida no solo Gleissolo, derivado das rochas dos depósitos aluvionares em ambiente de planícies recentes, que localmente, apresenta predominância arenosa. Nota-se que o solapamento contribui para a queda da referida encosta, e considerando a dinâmica hídrica local, tende a aumentar à medida que se verifica aumento de quantidade e velocidade das águas do Rio Araguaia. Em campo, aferiu-se que as águas chegam a cerca de 4,0 m acima do ponto vistoriado, conforme observado na Figura 76.



Figura 75: Aspecto geral da margem esquerda do Rio Araguaia onde foi verificado solapamento e/ou erosão de margem (coordenadas UTM 612644 E/ 8982054 N).



Figura 76: Detalhe do solapamento do solo a margem esquerda do Rio Araguaia instalado em solo arenoso (coordenadas UTM 612644 E/ 8982054 N).

- Microescorregamentos, Deslizamentos, Corridas de lama e Queda de blocos

De forma semelhante ao cadastro de processos erosivos, não se verificou a presença de microescorregamentos, deslizamentos e queda de blocos na ADA. A avaliação sobre a imagem de satélite realizada na ADA também não sinalizou a existências destes processos erosivos.

Nesse caso, a predominância de relevo plano, também pode explicar a não verificação desses movimentos de massa na ADA. Tais processos, possuem relação direta, na maioria das vezes, com a existência de um alto índice pluviométrico e altas declividades, que por sua vez, podem concentrar o escoamento das águas, e consequentemente, o desenvolvimento de movimentações de massa.

4.1.6.4.1. Assoreamento de Corpos Hídricos

No percorrimento e reconhecimento de campo não foi identificado cursos hídricos assoreados que interceptam a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento. A avaliação sobre imagem realizada para a ADA também não apontou a ocorrência de assoreamento.

Todavia, ressalta-se que o rebaixamento do nível da água dos rios e córregos, observado durante a etapa de campo, realizada durante o início do período de chuvas, expõe bancos de areia e outros depósitos inconsolidados marginais. Entretanto, a identificação de cursos hídricos assoreados é dificultada.

4.1.6.5. Considerações sobre os Aspectos Geotécnicos nas Áreas de Estudo

4.1.6.6. Conclusões

Como já mencionado, terrenos que se desenvolvem em regiões de planícies e depressões, como o caso do relevo das áreas de influência apresenta pouca variação hipsométrica e clinográfica, e é composto por planícies fluviais e superfícies aplainadas conservadas e retocadas, as quais são observadas nas áreas de domínio do terraço fluvial do rio Araguaia em suas duas margens. Essa configuração do relevo, garante grande estabilidade, e ainda pode-se aferir, que essa configuração morfológica corrobora para a baixa incidência de processos erosivos, movimentações de massa e demais processos de grande relevância.

Todavia, a porção leste da LD 138 kv Santana do Araguaia – Caseara, apresentou classes Moderadamente Vulnerável e Medianamente Estável/ Vulnerável que necessitam de uma atenção espacial para fase de implantação. Nesses setores verificou-se um risco de ocorrência a fenômenos geológicos e morfodinâmicos de maior magnitude presente na AID. Essa região está vinculada à alteração morfológica do relevo oriundas do trabalho das águas em regimes de cheias (novembro a maio), deflagrado de movimentos de massas gravitacionais do tipo solapamentos do solo nas margens dos principais cursos de água existentes na AID

4.1.7. Processos Minerários

4.1.7.1. Metodologia

O diagnóstico dos recursos minerais e processos minerários declarados na área prevista para implantação da LD foi realizado com base no banco de dados da Agência Nacional de Mineração – ANM (extinto Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM), por meio de consulta ao Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE, considerando o recorte da área em estudo em ambiente SIG.

A partir do SIGMINE, foram extraídas as bases cartográficas em formato vetorial dos polígonos outorgados com títulos minerários interferentes aos municípios em tela, e posteriormente, após processamentos em ambiente SIG realizou-se a extração desses dados às áreas de influência do empreendimento. As informações sobre as etapas de licenciamento, substâncias e usos declarados para as geometrias interferentes também foram extraídas dessa base, em concordância às informações disponibilizadas na plataforma, dessa mesma agência.

4.1.7.2. Exploração Mineral na Região

A mineração é uma atividade pontual na área de implantação da LD, com apenas 24 processos minerários distribuídos entre todas as fases de licenciamento, para diferentes classes de uso e de substâncias minerais declaradas. A maior parte das geometrias (polígonos) referentes a títulos minerários se concentra na porção sudoeste da AII do empreendimento, onde este intercepta, principalmente, com o título minerário de classe de uso industrial com área aproximada de 9.576,84 ha. Ao todo, são 22 processos minerários localizados na Área de Influência Indireta (AII) e 02 na Área Diretamente Afetada (ADA).

Considerando os estados estudados, destaca-se o Pará pela com grande quantidade de títulos minerários cadastrados. Do total de 24 processos identificados para a AII, 17 (70,33%) estão inseridos nos limites dessa

unidade da federação, de forma que as análises realizadas considerando o recorte da All correspondem, a processos declarados no estado do Pará e Tocantins.

No estado de Tocantins (porção oeste da All), há apenas 7 processos, representando 29,16 % da All. Os títulos desse estado encontram-se na fase inicial de licenciamento junto à ANM (autorização de pesquisa e licenciamento), e dizem respeito a substâncias para utilização na construção civil (Areia e cascalho). Considerando esses substratos, vale destacar que, no caminhar de campo foi identificado uma atividade mineral na porção sudoeste da All para extração de areia, conforme observado na Figura 77 e na Figura 78. Todavia, cruzando os dados espaciais dos direitos minerários, não se verificou processos abertos nessa região visitada de acordo com o Mapa 5.



Figura 77: Aspecto geral do Rio Campo Alegre e indicação de draga para extração de areia, com visada para nordeste (coordenadas UTM 568145 E/8964627 N).



Figura 78: Área com extração de areia desativada, com visada para sudoeste (coordenadas UTM 568142 E/8964623 N)

Em relação à etapa do licenciamento, os processos minerários localizados na All estão assim distribuídos: 15 (62,50%) na fase de licenciamento; 4 (16,67%) em requerimento de licenciamento; 4 (16,67%) requerimento de pesquisa; 1 (4,17%) autorização de pesquisa. O gráfico apresentado na Figura 79 demonstra a distribuição dos processos minerários interferentes com a All em relação à fase do licenciamento junto ao DNPM.

No que tange às substâncias declaradas na All, as principais são areia (14 títulos, ou 58,33% do total), Minério de Cobre (4 títulos, ou 16,67%), Argila (3 títulos, ou 12,50%), Cascalho (2 títulos, ou 8,33%) e Minério de Ouro (1 título, ou 4,17%), conforme aponta o gráfico apresentado na Figura 80.

A maior parcela das substâncias declaradas na All é destinada como matéria-prima para construção civil (16, ou 66,67%) e indústria (5, ou 20,83%). O menor número encontrado ficou com o uso foi para cerâmica vermelha (3, ou 12,50%). A distribuição dos títulos minerários conforme a declaração de uso é apresentada no gráfico da Figura 81.

Os principais requerentes/detentores de títulos minerários na All são a Terrativa Minerais S.a. e o Sr. Ricardo de Almeida, ambos com 12,50% dos processos sendo 3 títulos para cada. Todos os demais outorgantes compreendidos no recorte da All (75%) contam com um ou dois títulos apenas, entre eles destacam-se a Amazônia Capital e Participações Ltda, Cerâmica Nossa Telha Ltda e a Cerâmica São Joaquim Ltda. O gráfico apresentado na Figura 82 aponta a distribuição dos títulos conforme os principais requerentes/detentores.

Nesse cenário, cabe ressaltar duas poligonais com as maiores geometrias identificadas na All, que compreende a poligonal com 9.576,84 ha, cujo requerente é o Sr. Fernando Henrique Frare Bertin e a poligonal com 8.727,50 ha, sendo requerente é a Amazônia Capital e Participações Ltda. Ambos processos se encontram na fase de requerimento de pesquisa e a substâncias minerais declaradas respectivamente são minério de Cobre e Minério de ouro. Importante ressaltar, que essas áreas também intersectam com a ADA, conforme observado no Mapa 5.

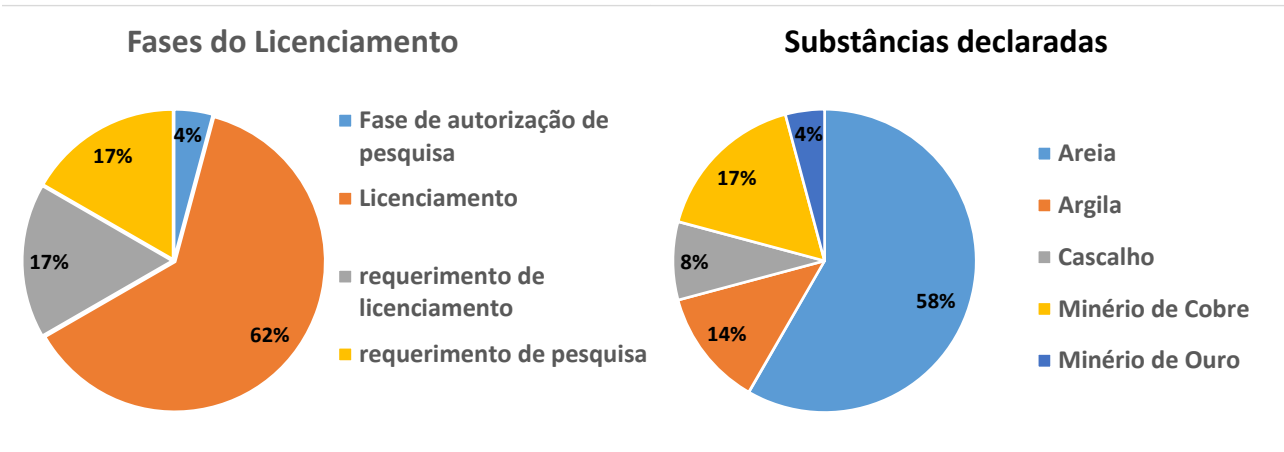


Figura 79: Distribuição dos processos minerários interferentes com a All em relação à fase de licenciamento.

Figura 80: Distribuição dos processos minerários interferentes com a All em relação às substâncias declaradas.

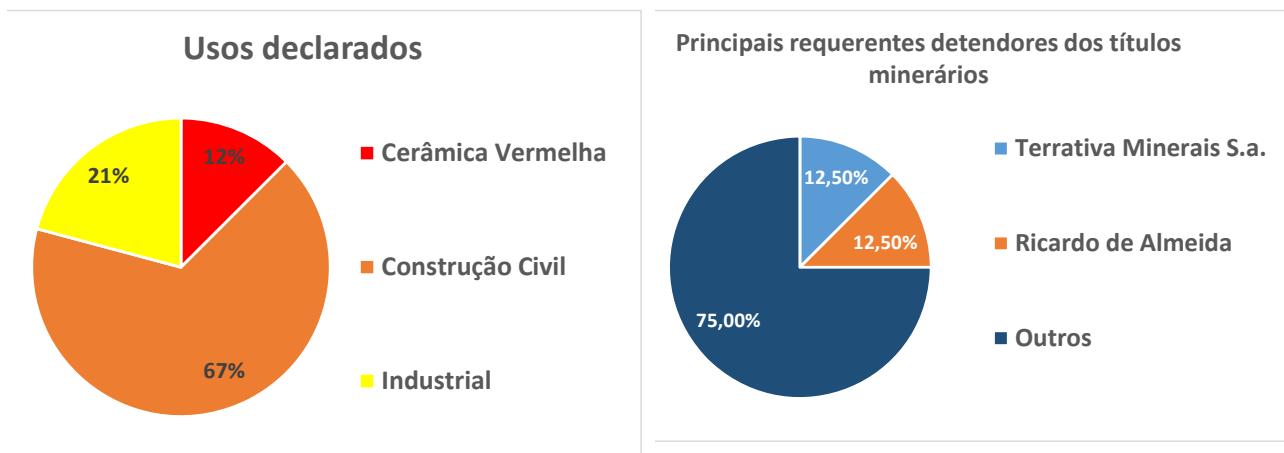


Figura 81: Distribuição dos processos minerários interferentes com a All em relação aos usos declarados.

Figura 82: Principais requerentes/detenedores de títulos minerários interferentes com a All.

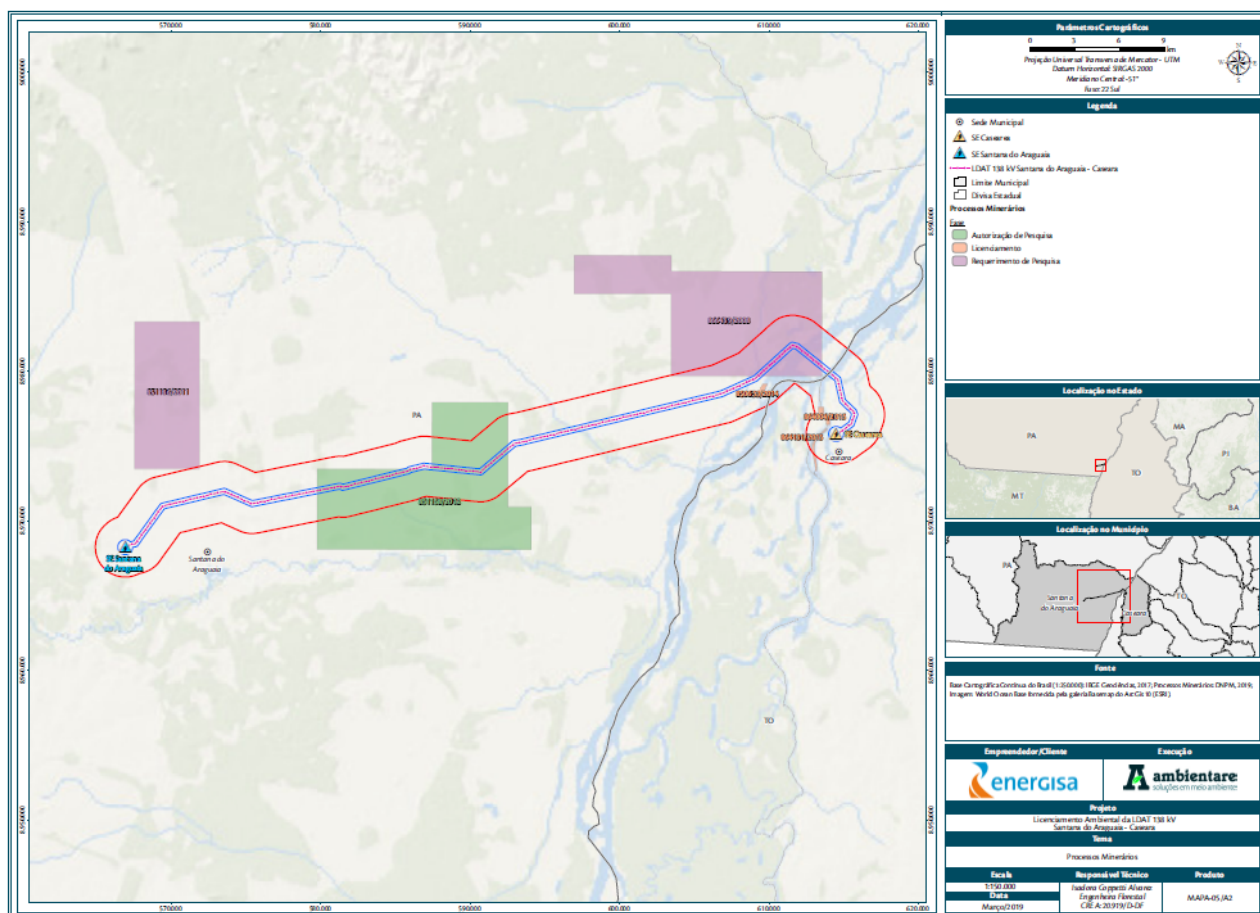
4.1.7.3. Títulos Minerários Colidentes com as Áreas de Influência

A Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento sobrepõe duas geometrias referentes a processos minerários. A Tabela 13 elenca os títulos minerários que são interferentes com a ADA, enquanto o Mapa 8 espacializa os títulos identificados.

Tabela 13. Processos minerários colidentes com o empreendimento.

PROCESSO Nº	ÁREA DA POLIGONAL (HA)	FASE	REQUERENTE	SUBSTÂNCIA	DESTINAÇÃO
866439/2008	8727,5	Requerimento de Pesquisa	Amazônia Capital e Participações Ltda	Minério de Ouro	Industrial
851158/2012	9576,84	Autorização de Pesquisa	Fernando Henrique Frare Bertin	Minério de Cobre	Industrial

Fonte: SIGMINE (DNPM/ANM, 2018).



Mapa 6. Títulos minerários colidentes com o empreendimento. Fonte: SIGMINE (DNPM/ANM, 2018).

4.1.7.4. Conclusões

Os dados extraídos do SIGMINE, indicaram que a mineração na All ainda é uma atividade incipiente, cujo primeiro processo de requerimento de pesquisa foi registrado no ano de 2008. Nesse contexto é importante ressaltar que na All, não foi verificado nenhum título minerário em fase de concessão de lavra. Em toda All foram verificados apenas 24 processos minerários, onde a maioria, ainda se encontram na fase de requerimento de pesquisa.

No caminhamento de campo foi identificado uma atividade mineral na porção sudoeste da All para extração de areia, que não apresentou vínculo com os dados do SIGMINE, indicando que a referida atividade não possui legalidade.

Na ADA verificou-se a interseção de duas poligonais cujos processos são requeridos pelo Sr. Fernando Henrique Frare Bertin e a Amazônia Capital e Participações Ltda. Ambos processos se encontram na fase de requerimento de pesquisa e as substâncias minerais declaradas respectivamente são minério de Cobre e Minério de ouro.

Nesse contexto, é importante destacar que os direitos minerários observados na área em estudo são orientados pela legislação expressa na constituição brasileira. Essa lei utiliza as expressões autorização e concessão, todavia, essas não são idênticas aos institutos de direito administrativo, já que têm regras próprias na Constituição e na legislação minerária. Essas normas constitucionais devem encontrar ressonância em todo o ordenamento minerário infraconstitucional e tem precedência sobre as demais, vez que são aplicadas em razão do interesse nacional.

Segundo Haber (2012), o interesse nacional decorre do fato de que os recursos minerários são considerados essenciais, estratégicos para o desenvolvimento econômico do país e a União, proprietária e a quem compete privativamente legislar, manifesta com estas prerrogativas a soberania do país sobre os seus próprios recursos. Dessa forma, infere-se que os direitos observados com interseção na ADA não possuem caráter estratégico devido ao fato de as substâncias a serem exploradas também estarem presentes em quantidades consideráveis em outras regiões.

4.1.8. Conclusão

O empreendimento LDAT 138 kV – Santana do Araguaia e Caseara está predominantemente inserido no sudeste do estado do Pará, e em partes, na porção oeste do Tocantins, em área de clima tipicamente tropical (tipo climático Aw de Köppen-Geiger), o que atribui à região um período seco de curta duração e estação chuvosa severa, com volume de precipitação anual média de 674 mm. O período chuvoso concentra-se entre janeiro e março, enquanto que o seco entre junho e agosto.

Recomenda-se no período chuvoso, a previsão de ações que protejam o solo da influência erosiva das chuvas com formação e manutenção de bacias de contenção de sedimentos. Durante o período seco são recomendadas a aplicação de ações de umectação de vias, de modo a evitar a dispersão de poluentes atmosféricos.

Os agentes intempéricos, em associação aos processos epirogenéticos atuantes, são responsáveis pelo arrasamento generalizado da paisagem na região de inserção do empreendimento, processado sobre unidades geológicas intensamente retrabalhadas cujo embasamento são representados pelo Cráton Amazônico (maior parte da AE) e o Cinturão Orogênico Araguaia. Tais processos, deram origem a um modelado suave de relevo, definido por superfícies predominantemente aplainadas entremeadas a morros parcialmente dissecados.

Após o levantamento de dados a respeito da área e de levantamento realizado *in loco* pode-se concluir que a região onde será alocado o empreendimento apresenta estabilidade geológica adequada, sendo as áreas mais críticas, em termos de estabilidade, os locais onde encontram-se os espessos pacotes sedimentares quaternários às margens do rio Araguaia.

Em consonância ao relevo aplainado, destacam-se as planícies fluviais interceptadas pela área em estudo associadas aos afluentes pela margem esquerda do rio Araguaia, que representa um dos principais cursos

hídricos da Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia. Considerando a abundância hídrica que marca a região em tela, o ribeirão Pantera e o rio Campo Grande apresentam vulnerabilidade baixa a inundações, quanto na confluência entre o rio Araguaia e o rio Coco observou-se uma vulnerabilidade alta. Esses riscos significam que na região há eventos de inundações graduais observados em um período inferior a cinco anos para a classificação baixa, e para a classificação alta, verifica-se possibilidades de risco de dano à vida humana e dados consideráveis a serviços essenciais, instalações e obras de infraestrutura públicas (ANA, 2018).

A dinâmica superficial resultante da interação entre os agentes climáticos e intempéricos e os componentes geológicos e geomorfológicos deu origem a solos evoluídos e profundos, que nas áreas de influência do empreendimento são representados, predominantemente, por argissolos. A ocorrência de plintossolos e e Gleissolos, mesmo que com distribuição geográfica reduzida, atesta a dinâmica morfogênica do relevo local.

Tal cenário define para a área de implantação do empreendimento baixa probabilidade para ocorrência de processos erosivos lineares e movimentos de massa gravitacionais com potencialidade para gerar danos às estruturas projetadas do empreendimento, ou serem potencializadas por estas, apesar da ocorrência localizada de solos naturalmente instáveis, sobretudo ao longo das planícies de inundação próximas ao rio Araguaia.

Por fim, cita-se o baixo potencial à formação de cavidades nas áreas de influência do empreendimento, dado pela configuração da paisagem em associação à reduzida favorabilidade litológica, assim como a impossibilidade das unidades geológicas de portarem exemplares fossilíferos.

Nesse contexto, destaca-se que na vistoria *in loco*, não verificou-se nenhuma evidência fossilífera, o que é corroborado pela literatura pesquisada, onde é apontado baixo potencial para a ocorrência de fósseis na região (HIDALGO, 2007).