

3.6

Diagnóstico Ambiental das Áreas de Abrangência e Influência da Diretriz Seleccionada

O diagnóstico ambiental da região de abrangência do traçado escolhido para a LT Tucuruí – Macapá – Manaus, desenvolvido nas seções a seguir, tem como objetivo viabilizar uma compreensão ecossistêmica dos diversos componentes dos meios físico, biótico e antrópico, facilitando a identificação de suas inter-relações e a dinâmica dos processos de transformação em curso.

Atendendo a essa diretriz geral, o diagnóstico está estruturado pelo sistema de aproximações sucessivas, para os meios físico, biótico e sócio-econômico, ou seja, analisam-se, em primeiro lugar, todos os aspectos de interesse na escala macro-regional (Área de Abrangência Regional – AAR), aspectos na escala regional (Área de Influência Indireta - AII), de forma a contextualizar e facilitar a compreensão da área de abrangência do empreendimento considerando uma faixa de 10 km no entorno da LT, para os meios físico e biológico e as áreas dos municípios que serão afetados, para o meio sócio-econômico e, em uma terceira instância, a análise mais detalhada no nível local (Área de Influência Direta – AID) considerando-se como tal, não a definição do traçado em si, mas uma faixa de entorno de 1 km a partir de cada lado da LT, correspondente à diretriz a ser ocupada pelo traçado, uma vez que a locação definitiva de torres ocorrerá apenas mediante a definição do projeto executivo.

Como resultado desta abordagem multi e interdisciplinar, o diagnóstico contém a descrição e análise dos fatores ambientais e das interações bióticas e abióticas que ocorrem em toda a área de influência do empreendimento. Assim, foi possível a identificação e avaliação das alterações provocadas pelo empreendimento, e um quadro atual da qualidade ambiental da área de abrangência dos estudos.

3.6.1

Levantamento de Dados

As informações de caráter regional e da área de influência indireta estão baseadas em dados secundários atuais que possibilitaram a compreensão das interações do empreendimento sobre o meio ambiente. Em alguns casos esses dados foram complementados com dados primários.

Todas as informações ambientais básicas foram obtidas de fontes reconhecidas tais como órgãos oficiais, universidades, instituições nacionais, estaduais e municipais e complementadas, para a área de influência direta, com trabalhos de campo.

Ao mesmo tempo, foram desenvolvidas bases de dados geocodificadas e utilizada a geoinformação para aquisição, processamento, análise, georreferenciamento e apresentação de dados espaciais. Essa ferramenta foi chave na avaliação integrada dos temas físicos, bióticos e socioeconômicos.

3.6.2

Definição das Áreas de Influência

O diagnóstico ambiental da região de abrangência do traçado escolhido para a LT Tucuruí – Macapá – Manaus, desenvolvido nas seções a seguir, tem como objetivo viabilizar uma compreensão ecossistêmica dos diversos componentes dos meios físico, biótico e antrópico, facilitando a identificação de suas inter-relações e a dinâmica dos processos de transformação em curso.

Atendendo a essa diretriz geral, o diagnóstico está estruturado pelo sistema de aproximações sucessivas, ou seja, analisam-se, em primeiro lugar, todos os aspectos de interesse na escala macro-regional (Área de Abrangência Regional – AAR, **Figura 3.6.2.a**), aspectos na escala regional (Área de Influência Indireta – AII, **Figura 3.6.2.b**), de forma a contextualizar e facilitar a compreensão da área de abrangência do empreendimento e, em uma terceira instância, a análise mais detalhada no nível local (Área de Influência Direta – AID, **Figura 3.6.2.c**) considerando-se como tal, não a definição do traçado em si, mas uma faixa de entorno de 1 km a partir de cada lado da LT, correspondente à diretriz a ser ocupada pelo traçado, uma vez que a locação definitiva de torres ocorrerá apenas mediante a definição do projeto executivo.

O diagnóstico, no nível das AAR e AII, remete principalmente a dados secundários, obtidos em fontes bibliográficas e bases cartográficas especializadas, e relacionados a cada tema, sendo desenvolvido com níveis de detalhamento diferenciados, dependendo da relevância do componente ambiental para a análise em questão. Os diagnósticos ambientais privilegiaram os seguintes aspectos:

- A análise dos padrões de relevo e o seu inter-relacionamento com a geologia e os solos predominantes, de forma a proporcionar uma compreensão das fragilidades dos terrenos e eventuais problemas de dinâmica superficial;
- A análise da cobertura vegetal natural, considerando as possibilidades de adequação do traçado em relação a fragmentos florestais significativos;
- As características socioeconômicas da população que compõe as regiões abrangidas em cada área de influência.

Ressalta-se que, em função das especificidades de cada diagnóstico, a delimitação das áreas de influência foi feita de modo diferenciado. Assim, cada área de influência para os diferentes meios, terá uma configuração específica, atendendo às características de cada meio e da região, conforme apresentado adiante.

A definição dos limites da AAR requer primordialmente o estabelecimento do conceito de região empregado para cada meio, posto que a determinação dos elementos que compõem a região é que definirá os seus limites. Desta forma, a adoção de um critério como a pressão para ocupação de uma região pode ser elemento importante para a definição da área de abrangência de meio socioeconômico, porém, este mesmo elemento pode não o ser para o meio físico, ou para o meio biótico.

Diante desta consideração inicial, expõe-se que para o meio socioeconômico a AAR englobará os três estados atendidos por esta LT. Assim o limite da AAR do meio sócio-econômico é composto pelos limites dos estados do Pará, do Amapá e do Amazonas. Adotou-se este critério para o meio socioeconômico em virtude dos seguintes aspectos: i) a implantação do empreendimento gerará recursos fiscais para os estados como um todo e não apenas para as áreas atendidas pela LT; ii) a implantação deste empreendimento poderá induzir no seu entorno um crescimento da ocupação que produzirá reflexos na gestão destes territórios estaduais como um todo; e iii) a melhora das condições de abastecimento de energia nas cidades de Macapá e Manaus refletirá em melhora da prestação de serviços públicos para a população de diferentes regiões dos seus respectivos estados.

Para o meio físico, o principal aspecto para caracterização da região é a abrangência da bacia hidrográfica do rio Xingu, na qual está inserida a maior parte deste trecho da LT. No entanto, este não é o único aspecto importante; sendo necessário incluir em sua AAR a porção da bacia do rio Tocantins na qual se insere parte da LT e uma porção da bacia do rio Amazonas onde se inserem o restante da LT e a foz do rio Xingu, que é uma área de relevante interesse para o meio físico. Desta forma, para englobar estas áreas relevantes e para possibilitar a adequação do material cartográfico adotou-se a utilização de coordenadas geográficas como limite de representação da AAR. As coordenadas geográficas que limitam esta área de abrangência são 1°S a 5°S de latitude e 48°O a 54°O, de longitude.

Finalizando a definição dos limites da AAR, ressalta-se que para o meio biótico adotou-se para o trecho entre a SE Tucuruí e a SE Xingu um limite lateral de 100 km para cada lado da LT. A adoção deste critério deve-se ao fato de que, a partir dos 100 km de distância da linha, não se verificam impactos significativos de abrangência regional, mesmo para o caso de fauna migratória.

Para a AII adotou-se um limite lateral de 10 km da LT, para cada um dos seus lados, exceto para o meio sócio-econômico cujo limite da AII é diferenciado. A adoção deste critério para os meios físico e biótico justifica-se pelo fato da área estabelecida incluir os principais fragmentos florestais e elementos formadores dos tipos de terrenos (unidades litológicas, unidades geomorfológicas e tipos de solos) a serem influenciados indiretamente e por ser o corredor preferencial para busca de alternativas ao traçado proposto preliminarmente. Já para o meio socioeconômico a AII compreende a região abrangida pelos territórios dos seis municípios atravessados pelo traçado preliminar da linha de transmissão, incluindo aqueles interceptados apenas pelo corredor preferencial de 10 km para busca de alternativas de traçado, mais os municípios de Altamira e Senador José Porfírio, incluídos por serem pólos de atração destes outros municípios. Assim, a AII do meio socioeconômico é formada pelos territórios dos municípios de Tucuruí, Pacajá, Anapu, Vitória do Xingu, Porto de Moz e Jurupari, mais os municípios de Altamira e Senador José Porfírio.

Por fim, a Área de Influência Direta – AID - foi estabelecida de forma comum para todos os meios. Esta área de influência engloba um entorno da LT estabelecido com largura de 1 km, para cada lado da LT. Nesta área englobam-se as áreas diretamente

afetadas, destinadas à instalação da infra-estrutura necessária à implantação e operação do empreendimento, áreas de frentes de serviço, áreas de empréstimo e de bota-fora e áreas para a abertura de novos acessos. Há apenas uma inclusão a ser observada no meio socioeconômico, que se refere à inclusão de núcleos urbanos e comunidades próximos, que pertençam aos municípios que compõem a AII.

3.6.3

Meio Físico

Antes de tal apresentação convém, no entanto, apontar que estas metodologias já foram apresentadas no Plano de Trabalho do Meio Físico para o Estudo de Impacto Ambiental e Respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da Linha de Transmissão 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari/PA (apresentado no **Anexo 7**)

3.6.3.1

Caracterização Climática

AAR

Para analisar o clima ao longo da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari utilizaram-se as Normais Climatológicas disponibilizadas em estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Identificaram-se as estações meteorológicas ao longo da LT, as quais são apresentadas no **Quadro 3.6.3.1.a**.

Quadro 3.6.3.1.a

Estações meteorológicas do INMET para análise climatológica

Número Estação	Nome da Estação	Coordenadas		Cota (m)	Parâmetros meteorológicos
		Latitude	Longitude		
82361	Tucuruí	3° 25' 48"	49° 25' 48"	40	Temperatura, Umidade, Pressão, Precipitação, Evaporação, Insolação, Nebulosidade
82353	Altamira	3° 07' 12"	51° 07' 12"	74	
82184	Porto de Moz	1° 26' 24"	52° 08' 24"	16	
A210*	Pacajá	3° 50' 24"	50° 38' 16"	108	Temperatura, Umidade, Pressão, Precipitação e Vento

Fonte: INMET (2009)

Nos estudos climáticos é recomendável que as séries históricas de dados sejam as mais longas e recentes. Porém, na prática, existe grande deficiência de dados para a Região Norte principalmente em locais específicos e estratégicos como o trajeto da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari. Nesse trajeto identificaram-se as Estações de Tucuruí, Altamira, Porto de Moz e Pacajá que possuem normais climatológicas, referentes ao período entre 1961 a 1990. Dessas estações, a de Tucuruí e Pacajá são as que possuem dados de vento, fundamentais para se identificar as direções predominantes e as rajadas de ventos.

Desse modo não é possível garantir uma comparação adequada dos dados obtidos nas estações analisadas, devido tanto à heterogeneidade de dados coletados, quanto à grande distância entre as mesmas. Porém, na ausência de dados suficientes, serão analisados os dados existentes, porque são os únicos indicadores da variabilidade do tempo na região objeto deste estudo.

Diante disso, o procedimento assumido para o presente trabalho foi utilizar todos os dados disponíveis das estações espaçadas entre si com distância máxima de 280 km. No **Quadro 3.6.3.1.b** são apresentas as distâncias entre as estações iniciando a partir da UHE de Tucuruí até a estação de Porto de Moz. A **Figura 3.6.3.1.a**, ilustra a localização aproximada entre as estações meteorológicas ao longo da LT. A análise dos dados existentes, obtidos nestas estações serão analisados com maior detalhe no Diagnóstico Ambiental da Área de Influência Indireta.

Quadro 3.6.3.1.b

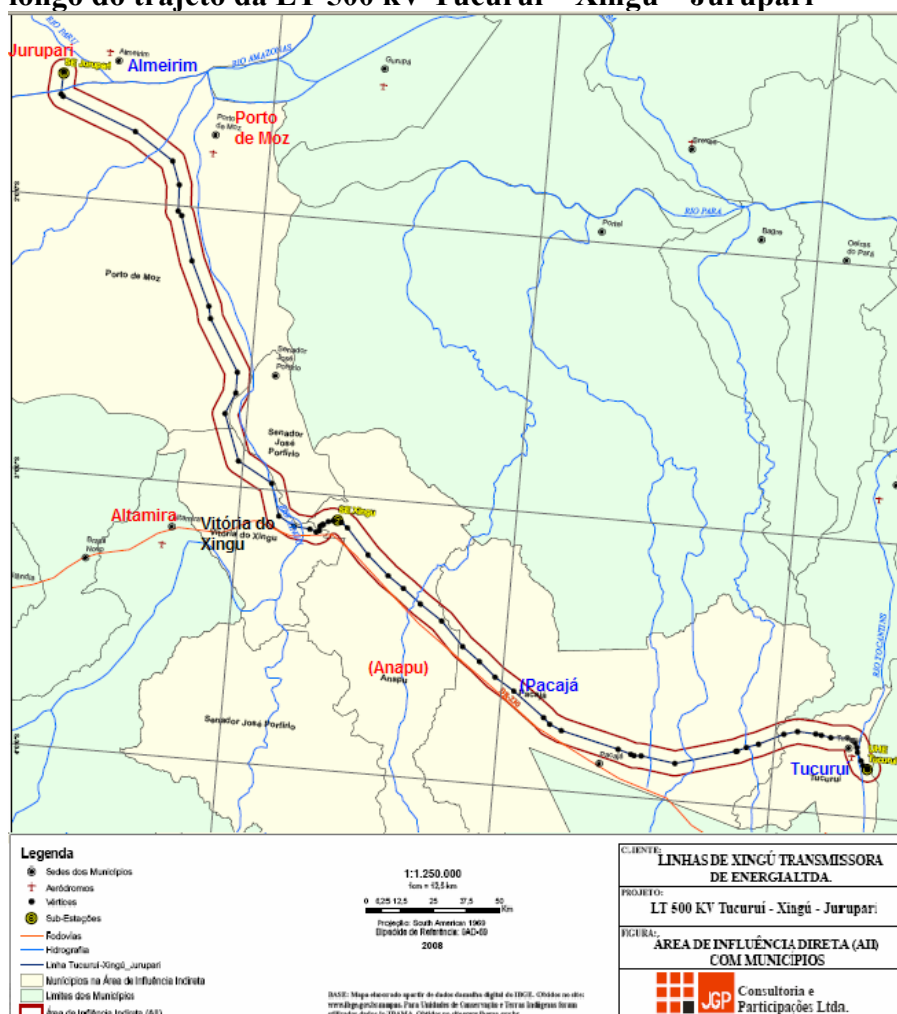
Distâncias entre as estações ao longo da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari

De:	Para:	Distância entre as estações
Tucuruí	Pacajá	100 km
Pacajá	Altamira	187 km
Altamira	Porto de Moz	150 km
Porto de Moz	Jurupari	60 km

Fonte: Adaptado de INMET (2009)

Figura 3.6.3.1.a

Mapa adaptado com a localização aproximada das estações meteorológicas ao longo do trajeto da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: JGP Consultoria e Participações Ltda., 2008

- Aspectos Dinâmicos da Atmosfera

Na caracterização climática de uma determinada região é de fundamental importância o conhecimento dos agentes meteorológicos dominantes que influenciam diretamente a região em estudo considerando os aspectos de escala sinótica e regional. Para tanto se apresenta a seguir o comportamento médio dos sistemas meteorológicos que atuam na América do Sul e região norte do Brasil.

Considerações Gerais sobre a Circulação da Atmosfera

O comportamento do escoamento médio dos movimentos atmosféricos na meso e baixa atmosfera na América do Sul, incluindo os oceanos Pacífico e Atlântico é refletido através dos mecanismos da Circulação Geral da Atmosfera, em particular devido à presença de dois anticiclones (sistemas de altas pressões): 1) o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e 2) o Anticiclone Subtropical Marítimo do Pacífico Sul. Estes sistemas têm uma grande parcela de influências nas condições dinâmicas e estáveis de tempo meteorológico sobre o continente Sul Americano, que interagem com as extensas massas de ar que migram da Antártida e no condicionamento dos sistemas de movimentos de meso escalas regionais.

A América do Sul possui características muito peculiares em relação à atuação dos sistemas sinóticos de latitudes médias, assim como na circulação geral, tanto na baixa troposfera como na alta troposfera. A circulação na baixa atmosfera (≈ 850 hPa) é responsável pelo transporte de umidade e calor sensível da região tropical, onde a barreira dos Andes atua como um elemento canalizador do escoamento dos fluxos que são transportados meridionalmente sobre a América do Sul resultando no fator essencial para geração das instabilidades convectivas sobre a região norte do Brasil.

Pesquisas recentes têm demonstrado que o fluxo meridional de norte (transportando calor e umidade tropical) associado ao fluxo de sul (transportando ar frio e úmido) para as regiões tropicais potencializam o desenvolvimento e manutenção de sistemas sinóticos nas latitudes médias sobre a América do Sul, principalmente durante a estação do inverno⁴.

Vale lembrar também a presença de outro fenômeno meteorológico de meso escala importante conhecido como a Baixa do Chaco. Trata-se de uma célula de baixa pressão quente e árida, que se forma ao sul e a leste dos Andes, oscilando sobre a região do chaco argentino e paraguaio. Esse sistema se forma e se intensifica nessa região a partir do avanço de sistemas frontais migratórios em direção da região Sul do Brasil e atua como uma conexão entre a frente fria sobre o Oceano Atlântico e as linhas de instabilidades formadas nas latitudes mais baixas e deslocadas pela corrente de jato de baixos níveis.

³Vera, C., Vigliarolo, P.K. Berbery, E.H. Cold Season synoptic scale waves over subtropical South América. Mon. Wea. Rev. 130. 684-699. 2002.

Sistemas Atmosféricos Atuantes na Região

As condições diárias de variações de “tempo meteorológico” no Brasil em geral são influenciadas por deslocamentos meridionais de sistemas de larga escala das latitudes sul altas para as latitudes sul mais baixas, que geram perturbações dinâmicas geralmente conduzidas pelos sistemas de Anticiclones, *Frentes Frias* e *Quentes*, *Linhas de Instabilidades Convectivas*, de escalas menores, as quais propagam mudanças de tempo durante o seu deslocamento.

As *Frentes Frias* são sistemas que mais interferem nas condições de tempo na região Sul do Brasil, durante quase o ano inteiro. Trata-se de um sistema alongado de baixas pressões, sempre associado às duas baixas pressões (ciclones) nas suas extremidades gerando uma zona de transição entre as massas de ar tropical e a polar de densidades diferentes. Quanto maior a diferença de densidade entre essas massas de ar, mais ativa torna-se o sistema frontal, resultando na formação de grandes instabilidades e de cumulonimbus, com fortes pancadas de chuvas, temporais com precipitação de hidrometeoros. O deslocamento das *Frentes Frias*, em média, segue o sentido de sudoeste para nordeste atingindo as regiões sul e sudeste do Brasil, com variações sazonais ao longo do ano sobre a região norte que têm originado fenômenos do tipo *Friagem* nos meses de inverno.

A *Frente Quente* representa também uma zona de transição entre as duas massas de ar de características físico-termodinâmicas diferentes e tem papel fundamental na formação de pancadas fortes de chuvas e temporais. Ela é formada quando o ar quente se eleva sobre o ar frio, formando em seguida uma rampa suavemente inclinada, cujo resfriamento adiabático desse ar quente ocorre gradativamente ao longo dessa rampa. A consequência é a formação de nebulosidade, cuja ocorrência de precipitação vai depender do grau de umidade presente no ar quente e da razão de variação da temperatura com a altitude. A sua maior frequência de ocorrência é sobre as latitudes tropicais, aliada a formação de fortes instabilidades de origem convectivas, devido ao forte aquecimento da região.

A *Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)*⁵ é outro fenômeno meteorológico importante na dinâmica de circulação de mesoescala na região subtropical do Brasil, a qual é formada por uma faixa de nuvens baixas e médias, se mantendo em movimentos semi-estacionários sobre uma determinada região (entre 15° e 24° de latitude Sul) durante vários dias provocando chuvas intensas. Geralmente se posiciona de forma inclinada no sentido noroeste-sudeste se estendendo desde o sul da Amazônia até o Oceano Atlântico. Quando ocorre a formação da ZCAS, tem-se observado enchentes de verão no Sudeste e veranicos no Sul do Brasil.

⁵Monteiro, M.A. Dinâmica da Atmosfera e a Caracterização dos Tipos de Tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araruama. Tese. UFSC - Depto. de Geografia, 2007.

Outro fenômeno importante é a formação da convecção originada da oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) do Atlântico Sul, que mantém a existência do movimento vertical subsidente entre a média e a alta troposfera sobre o Norte e o Nordeste durante o verão do Hemisfério Sul. Essa subsidência é na realidade consequência da oscilação da célula de Hadley, com o movimento vertical ascendente na região de atuação da ZCIT e descendente sobre o Norte e Nordeste. Na ausência ou enfraquecimento deste efeito convectivo, favorecerá a ocorrência da precipitação no Nordeste e deverá reduzir a precipitação sobre toda região Amazônica e com isso deslocando a ZCAS na direção do Nordeste.

O Anticiclone Polar se constitui em um sistema de alta pressão de circulação horizontal anti-horária, que se forma no continente Antártico e se desloca no sentido das latitudes mais baixas do Hemisfério Sul. Esse sistema se caracteriza por promover a divergência dos ventos do seu núcleo para suas bordas gerando um grande afundamento do ar de cima para superfície agregando as condições termodinâmicas de atmosfera estável e temperaturas extremamente baixas inibindo a ocorrência de chuvas e enfraquecendo a velocidade do vento. Após a sua formação se desloca para o continente Sul Americano, que devido ao aquecimento pela base vai gradativamente perdendo as suas características físicas e termodinâmicas de origem.

Finalmente a região Amazônica é afetada por variações climáticas globais. A relação entre o regime pluviométrico e as vazões da bacia hidrográfica da Amazônia é bastante influenciada pelo fenômeno ENOS – El Niño/Oscilação Sul -, que geralmente registra chuvas acima da média Normal durante a ocorrência dos episódios da La Niña, com ênfase na parte leste da Amazônia onde se situa o Lote A da LT 500 kV.

Na Região Norte do Brasil os principais efeitos relacionados com o Episódio El Niño são: a) diminuição das chuvas no leste da Amazônia e nordeste do Brasil, e b) períodos de secas prolongadas no nordeste. Durante os episódios do fenômeno La Niña, induz a ocorrência de chuvas excessivas nos setores leste e norte da Amazônia e no semi-árido do nordeste brasileiro e secas severas na região sul do Brasil⁶.

AII

A Amazônia e em especial o trecho compreendido pela LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari no Sul do Estado do Pará, possui um clima equatorial, o qual apresenta pouca diferença sazonal da temperatura média, se caracteriza por ser superúmido devido o potencial da floresta de retenção de umidade relativa. Seu relevo tem pouca influência sobre a regulação das condições climáticas, pois a maioria de seu território tem altitude média inferior 200 m. De acordo com Koppen⁵, o clima da região possui três de classificação: o tipo *Af* (temperaturas elevadas sem estação seca e chuvas abundantes ao longo do ano); o tipo *Am* (temperaturas elevadas com índice pluviométrico elevado e pequena estiagem na Primavera); e o *Aw* (temperaturas elevadas, chuvas de Verão e seca no Inverno).

⁶Lucas, E.W.M. *et al.*, (2008) Influência do Fenômeno ENOS na resposta Hidrológica Anual da Sub-Bacia Amazônica/Brasil (Região Hidrográfica do Xingu - Pará). Congresso Brasileiro de Meteorologia.

A seguir analisa-se cada parâmetro meteorológico considerando o aspecto de médias sazonais ao longo do trecho compreendido pela LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari.

Temperatura

A temperatura do ar se constitui na capacidade de um corpo de receber ou transmitir calor, trata-se de um parâmetro termodinâmico (uma função de estado) que representa o grau de equilíbrio da atmosfera por ser um indicador da variação da energia cinética das moléculas do ar durante a sensação de frio e quente. Portanto é um parâmetro de interesse para os estudos de meio ambiente.

Por exemplo, as temperaturas mais elevadas, em geral, estão associadas à formação de movimentos verticais ascendentes (ocorrências de chuvas e tempestades) e ao contrário as baixas temperaturas são indicadoras de movimentos verticais descendentes que inibem a velocidade horizontal do vento sendo um indicador de condição menos favorável a dissipação de calor caracterizando uma condição de atmosfera estável sujeita a períodos prolongados de estiagens.

A metodologia adotada para análise da temperatura, baseia-se nas médias mensais das normais climatológicas, onde se obteve as médias sazonais para cada uma das quatro estações meteorológicas instaladas nas proximidades da LT e se verifica o seu comportamento em todo o trajeto. A **Figura 3.6.3.1.b** apresenta as temperaturas médias, máximas e mínimas, em quatro períodos sazonais ao longo da LT.

Observa-se na **Figura 3.6.3.1.b** que as temperaturas médias sazonais apresentam comportamentos similares. A seguir analisa-se a temperatura ao longo da LT por estação do ano:

- Primavera

- A curva da Primavera apresenta as temperaturas médias mais elevadas em relação às demais estações do ano. Nessa estação a temperatura média mais elevada de 27° C ocorre em Porto de Moz e a mais baixa de 26,7° C ocorre em Pacajá;
- Com relação às médias das máximas a temperatura mais elevada de 33,1° C ocorreu em Pacajá e a mais baixa de 31,4° C ocorreu em Pacajá;
- Com relação às médias das mínimas a temperatura mais elevada de 23,2° C ocorreu em Pacajá e a mais baixa de 22,4° C ocorreu em Tucuruí.

- Verão

- Nessa estação a temperatura média mais elevada de 25,9° C ocorreu em Tucuruí e a mais baixa de 25,5° C ocorre em Altamira;
- Com relação às médias das máximas a mais elevada de 31,6° C ocorreu em Tucuruí e a mais baixa de 30,0° C ocorreu em Altamira;
- A Temperatura média mínima mais elevada de 22,9° C ocorreu em Pacajá e a mais baixa de 22,1° C ocorreu em Tucuruí e Altamira.

- Outono

- Nessa estação a temperatura média mais elevada de 26,4° C ocorreu em Tucuruí e a mais baixa de 25,7° C ocorre em Altamira;
- Com relação às médias das máximas a mais elevada de 32,3° C ocorreu em Tucuruí e a mais baixa de 30,5° C ocorreu em Altamira;
- A Temperatura média mínima mais elevada de 22,5° C ocorreu em Pacajá e a mais baixa de 21,7° C ocorreu em Tucuruí.

- Inverno

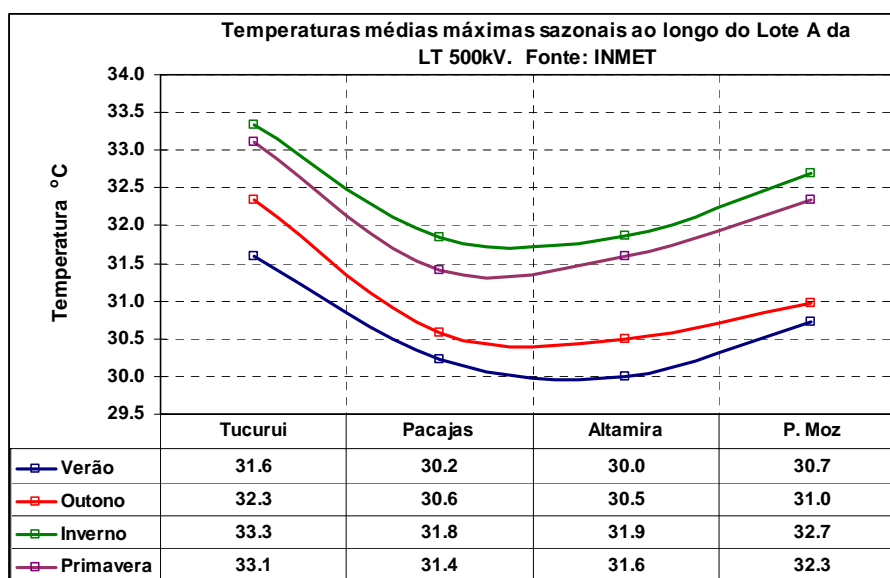
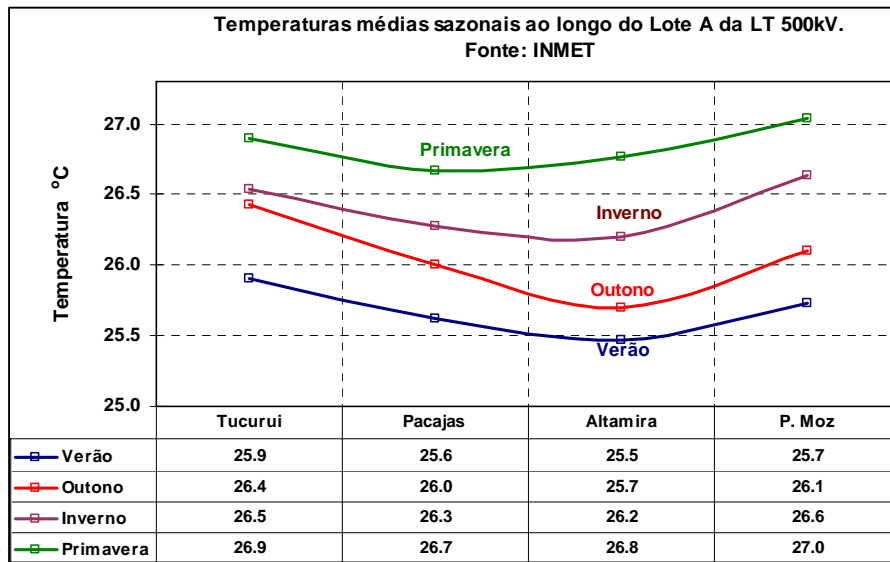
- Nessa estação a temperatura média mais elevada de 26,6° C ocorreu em Porto de Moz e a mais baixa de 26,2° C ocorreu em Altamira;
- Com relação às médias das máximas a mais elevada de 33,3° C ocorreu em Tucuruí e a mais baixa de 31,9° C ocorreu em Altamira;
- A Temperatura média mínima mais elevada de 22,0° C ocorreu em Pacajá e a mais baixa de 21,2° C ocorreu em Tucuruí.

Do resultado acima se verificou que Tucuruí se destaca como a região mais quente com uma Temperatura máxima de 33,3° C (observada no Inverno) e o local menos quente é Altamira com 21,4° C (observada também no Inverno).

Com relação às estações do ano, considerando as temperaturas médias, observou-se a seguinte classificação: a Primavera com 26,8° C; o Outono com 26,1° C; O Verão 25,7° C; e o Inverno com 22,4° C. Portanto a Primavera é estação mais quente ao longo de todo LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari e paradoxalmente o Verão é a terceira estação mais quente da região.

Diante disso, verificou-se que em termos de temperatura média o regime climático das estações do ano nas regiões sul e sudeste do Brasil é completamente diferente do regime climático tropical da região Norte, especificamente no trecho que compreende o LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari.

Figura 3.6.3.1.b
Temperaturas ao longo do Trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV



Fonte: INMET (2009)

Precipitação

A distribuição da precipitação, assim como de outros elementos climáticos, é bastante irregular junto à superfície terrestre. Isso se deve, a princípio, pela existência de alguns fenômenos que tendem a modificar a normalidade de ocorrência da precipitação e conseqüentemente dos períodos de estiagem. Na região de Norte a irregularidade da precipitação está diretamente relacionada com o deslocamento de sistemas circulatórios de escala sinótica, associados à formação de linhas de instabilidades locais principalmente no período do Verão devido a oscilação da Zona de Convergência Intertropical, ZCIT. Além disso, tem se verificado a ocorrência de anomalias climáticas que ocorrem no Sul do Brasil, com reflexos sobre o clima da Amazônia, sendo um

evidente sinal de variabilidade climática relacionado com o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Tem-se observado quando a região Amazônica está sob o efeito dos episódios ENOS na fase quente geralmente estão relacionados com a precipitação acima da Normal Climatológica e os episódios com a fase fria tendem a reduzir a precipitação sob a região sul e intensificá-la nas regiões Norte e Nordeste do País. Além disso, tem se observado com maior frequência a atuação das ZCAS que converge grande quantidade de umidade principalmente da Amazônia com efeitos catastróficos entre o Brasil central e a região sudeste.

A **Tabela 3.6.3.1.b** apresenta a distribuição sazonal da precipitação ao longo do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari para caracterizar a climatologia média anual. As faixas de variações da precipitação foram obtidas a partir das médias mensais com um intervalo de classe de 30 mm. Observa-se na Tabela que a caracterização climatológica anual média da precipitação poderá ser classificada pelas suas faixas de variação ao longo do traçado da LT: no Verão entre 411 a 252 mm; no Outono entre 316 a 203 mm; no Inverno entre 8 e 80 mm; e a Primavera entre 84 a 198 mm. Portanto o Verão se caracteriza como a época extremamente chuvosa em todo trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari e o Inverno o período relativamente seco ao longo de toda LT.

Em Tucuruí (ponto inicial da LT) é onde ocorre o maior total anual médio de precipitação de 2.428 mm e em Porto de Moz (próximo do trecho Final da LT) registra-se o menor total anual de 2.379 mm. Embora o menor total anual médio de chuva seja observado em Altamira, esta região está deslocada para oeste do traçado da LT e distante 70 km, talvez esse total anual não reflita o que efetivamente está ocorrendo sobre o traçado do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari, nesse trecho.

A **Figura 3.6.3.1.c** ilustra a precipitação média mensal ao longo do traçado da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari. Observa-se que apesar das diferentes médias mensais entre as estações, nota-se certa homogeneidade pluviométrica entre essas localidades com valores mais elevados no Verão e Outono e período menos chuvosos entre o Inverno e a Primavera quando ocorre o período de Estiagem. Entre janeiro a maio a chuva se concentra entre 65 a 75% do total anual e entre junho a dezembro entre 25% a 35%, independente do local de medição caracterizando o comportamento do regime das chuvas ao longo da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari.

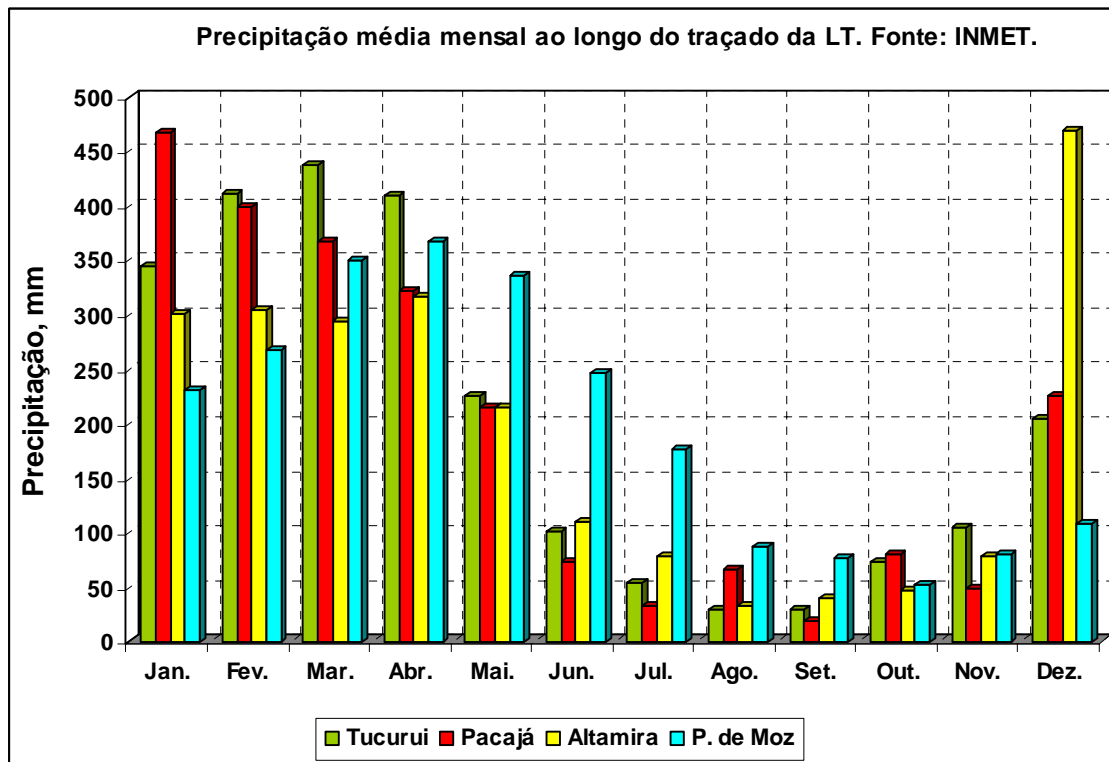
Tabela 3.6.3.1.b

Distribuição da precipitação sazonal para o trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV

Regiões	Precipitação, mm				Total anual
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Pacajá	411 - 381	203 - 173	50 - 20	137 - 107	2.315
Tucuruí	398 - 368	246 - 216	38 - 8	128 - 98	2.428
Altamira	300 - 270	214 - 184	50 - 20	198 - 168	2.288
Porto de Moz	282 - 252	316 - 286	80 - 50	114 - 84	2.379

Fonte: INMET (2009)

Figura 3.6.3.1.c
Precipitação média mensal ao longo da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: INMET (2009)

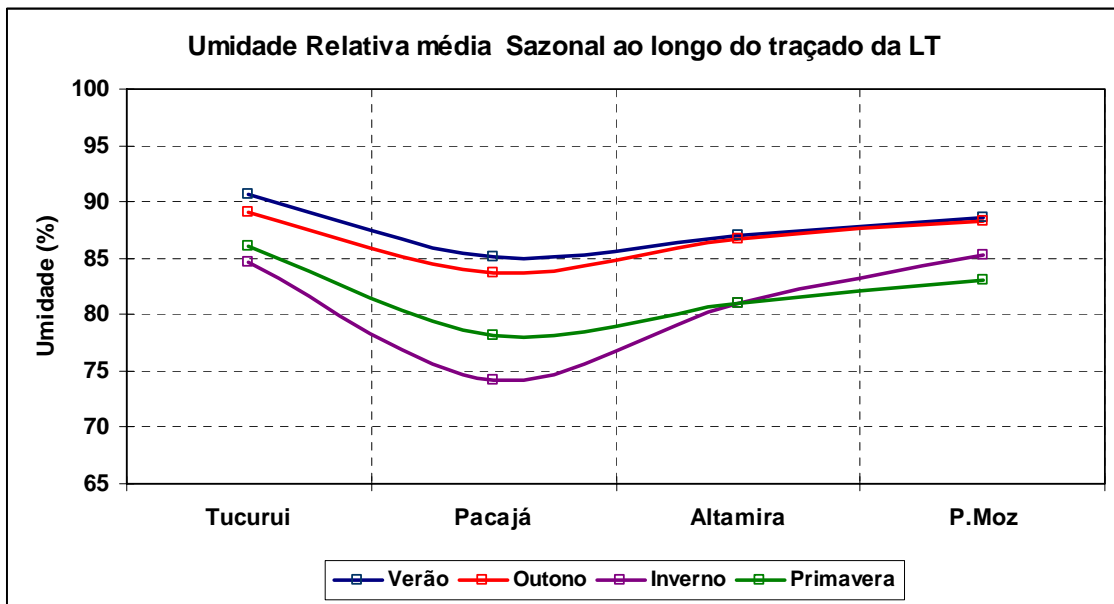
Umidade Relativa

A umidade relativa é uma grandeza termodinâmica que expressa o teor de vapor d’água em suspensão na atmosfera. A umidade relativa pode ser definida como sendo a razão entre a quantidade de vapor d’água presente no ar e a quantidade necessária para atingir a saturação do ar, sob condições de pressão e temperatura constante. A umidade relativa é expressa em porcentagem. A umidade relativa tende a aumentar ao anoitecer atingindo o seu máximo durante a madrugada. Ao amanhecer após o nascer do sol a umidade entra em declínio devido a interferência de diversos fatores que atuam simultaneamente na atmosfera, promovendo a dissipação do vapor d’água até atingir um valor mínimo no período da tarde.

A **Figura 3.6.3.1.d** apresenta a distribuição média sazonal de umidade relativa ao longo da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari. Observa-se que no ponto inicial da LT, em Tucuruí, a umidade relativa é extremamente elevada oscilando entre 85% (Inverno) e 91% (Verão), e na região da extremidade final do trecho (Porto de Moz) a umidade relativa oscila entre 83% (Primavera) e 89% (Verão). O trecho da LT entre Pacajá e Altamira é onde ocorre o maior declínio da umidade relativa, a qual oscila entre 74% (Inverno) e 87% (Verão).

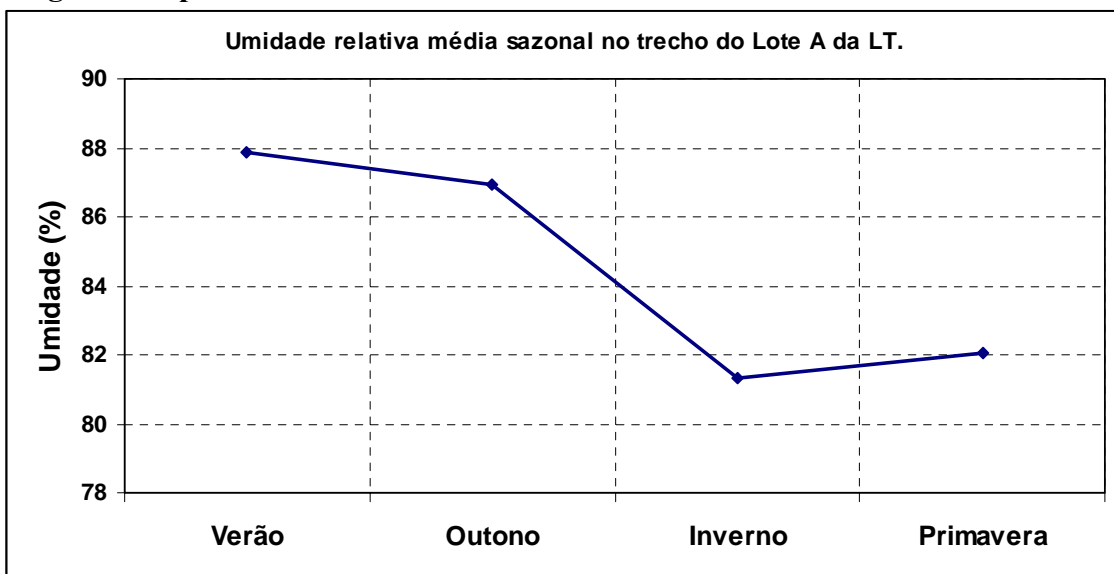
A Figura 3.6.3.1.e mostra a caracterização da umidade sazonalmente sobre o trecho da LT, onde se observa que a porcentagem da umidade elevada entre 87% e 88% se concentra entre o Outono e o Verão, sendo que os mais baixos índices entre 81% e 82% se concentram no Inverno e na Primavera respectivamente. A umidade relativa média anual sobre todo trecho é de 85%.

Figura 3.6.3.1.d
Umidade relativa média sazonal ao longo do traçado da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: INMET (2009)

Figura 3.6.3.1.e
Umidade relativa média sazonal na região do traçado da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: INMET (2009)

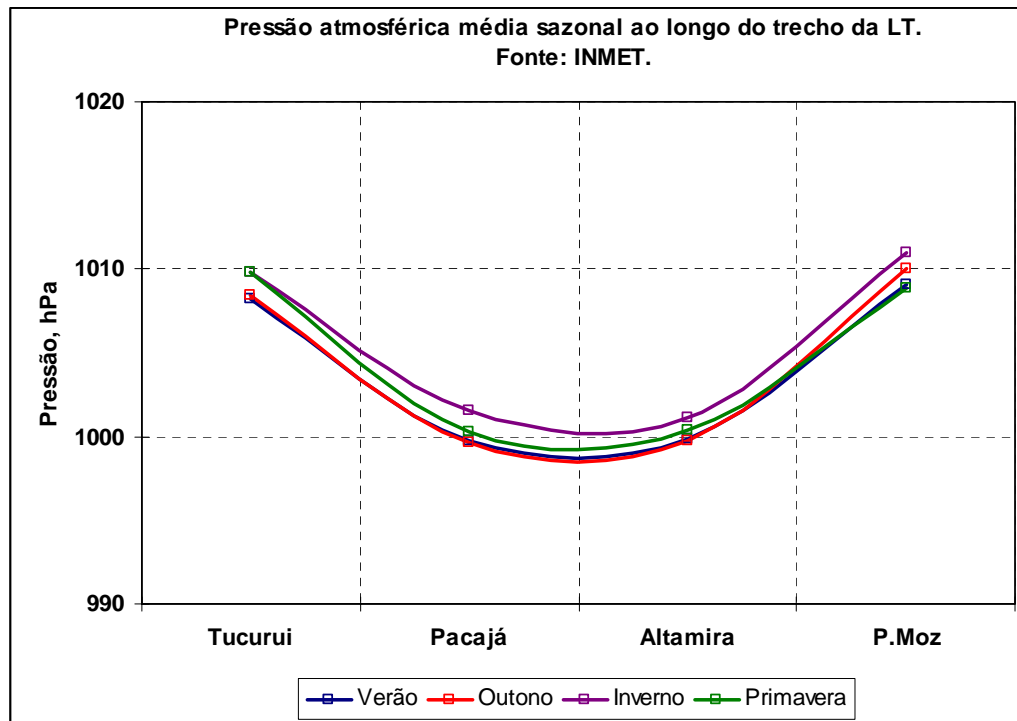
Pressão Atmosférica

A pressão exercida pela atmosfera sobre um dado ponto é uma força que atua em todas as direções, devido ao seu peso total considerado acima desse ponto. O peso da atmosfera, sobre um dado local fixo, varia constantemente devido aos movimentos complexos do ar, das variações de temperatura e da variabilidade do seu teor de vapor d'água. Portanto a pressão se constitui em um importante indicador de mudanças do *tempo*, pelas relações que apresentam com a variabilidade das condições meteorológicas. Vale lembrar que a pressão atmosférica é um parâmetro de grande influência na escala sinótica e pouco perceptível nos movimentos ondulatórios de pequena escala como os que ocorrem dentro da camada limite atmosférica.

Para analisar a pressão, se utilizaram os dados de pressões atmosféricas reduzidas ao nível médio do mar obtidos nas quatro estações meteorológicas do INMET ao longo do trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV. Para se detectar possíveis diferenças locais da pressão entre uma estação meteorológica e outra se elaborou a **Figura 3.6.3.1.f** considerando o comportamento sazonal da pressão.

Observa-se na Figura que a curva da pressão ao longo do traçado apresenta pouca diferença entre as estações do ano. Entretanto observa-se que no início do traçado, Tucuruí, a pressão atmosférica média do Inverno e Primavera é igual e mais elevada em relação aos demais locais. Na extremidade final, Porto de Moz observa-se o mesmo comportamento sendo que a pressão média é mais elevada nas estações do Inverno e Outono. No trecho que envolve Pacajá e Altamira ocorrem as pressões mais baixas independente da estação do ano. A pressão média anual ao longo de todo traçado da LT é de 1.005 hPa.

Figura 3.6.3.1.f
Pressão atmosférica média sazonal ao longo do traçado da LT



Fonte: INMET (2009)

Evaporação

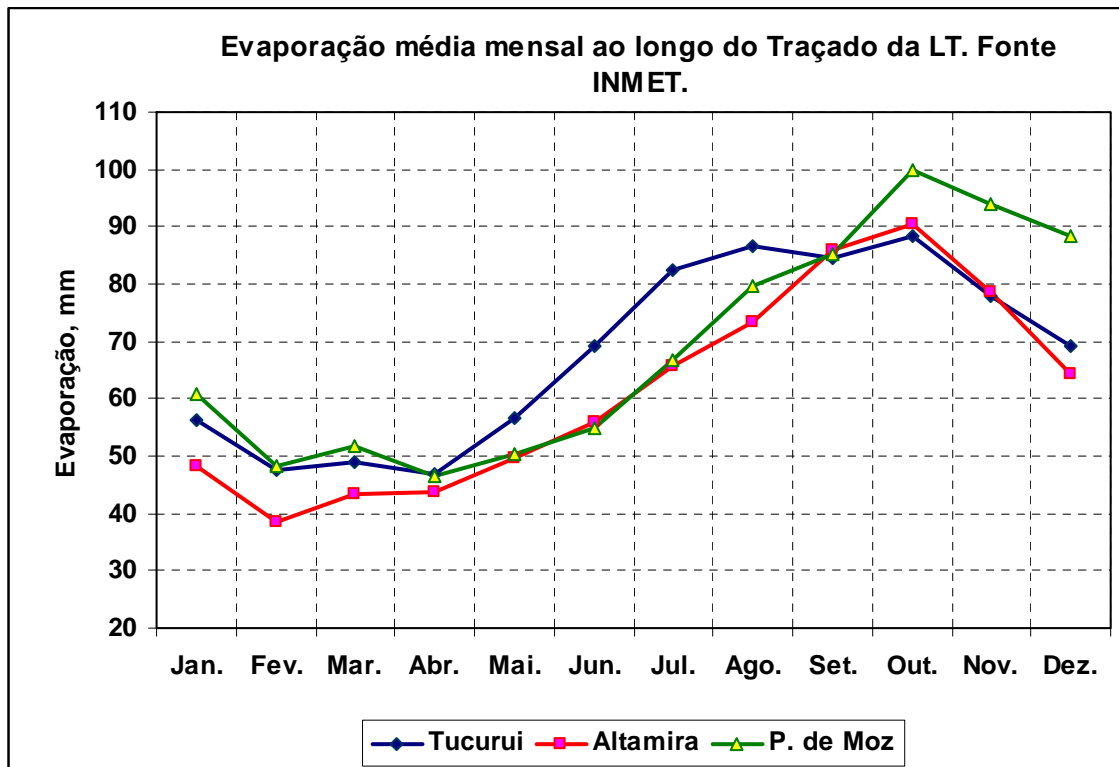
A Evaporação é um parâmetro meteorológico de grande importância por ser ela o indicador da fonte de vapor d'água na atmosfera. Enquanto a chuva representa um ganho de vapor d'água na baixa atmosfera a evaporação representa uma perda de água para atmosfera. Portanto esses dois parâmetros quando analisados em conjunto com a temperatura e a radiação solar resultam na indicação do déficit e superávit de água no solo e atmosfera cujos resultados têm grande aplicação nos projetos e programas de agricultura.

A análise da evaporação foi realizada utilizando dados de três estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, Tucuruí, Altamira e Porto de Moz, porque não existem dados de evaporação na estação meteorológica de Pacajá. A **Figura 3.6.3.1.g** apresenta a distribuição mensal da evaporação ao longo do traçado da LT, onde se verifica que no primeiro semestre um baixo índice de evaporação e o contrário de ocorre no segundo semestre onde há um elevado índice de evaporação.

Cerca de 31% da evaporação ocorre entre janeiro e maio oscilando entre 46 e 55 mm que coincide com o período mais chuvoso da região; e 69% ocorre entre junho e dezembro oscilando entre 60 a 93 mm, que coincide com o período menos chuvoso ao longo de todo traçado da LT. O total médio anual de evaporação da região é de 793 mm, enquanto o total anual de precipitação é de 2.379 mm, o que significa um excedente de

vapor d'água na atmosfera de 1.586 mm, caracterizando ser esse trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari extremamente úmido.

Figura 3.6.3.1.g
Evaporação média mensal ao longo do traçado da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: INMET (2009)

Insolação e Nebulosidade

A insolação representa a proporção em que a energia solar direta atinge uma superfície horizontal na Terra, a qual é expressa em número de horas de brilho solar registrada pelo equipamento heliógrafo. A unidade da insolação é expressa pelo total de horas de brilho solar através da radiação solar direta.

A nuvem é um fenômeno da atmosfera que é resultante da presença da umidade do ar condensada, a qual é constituída de gotículas de vapor d'água ou cristais de gelo, cujos diâmetros equivalentes variam entre 0,025 a 0,1 mm. Além disso, para sua formação dependem da ascensão por convecção e do resfriamento adiabático do ar. As nuvens são facilmente sustentadas e transportadas pelo ar em movimento, mesmo em condições de velocidades fracas de vento. Elas se dividem em médias, baixas e altas. O agrupamento das nuvens é chamado de nebulosidade. Esse agrupamento atua como um plano refletor da luz solar fazendo com que o raio de luz não atinja diretamente a superfície terrestre. A unidade de observação da nebulosidade é expressa em décimos de cobertura de céu por um determinado tipo de nuvem.

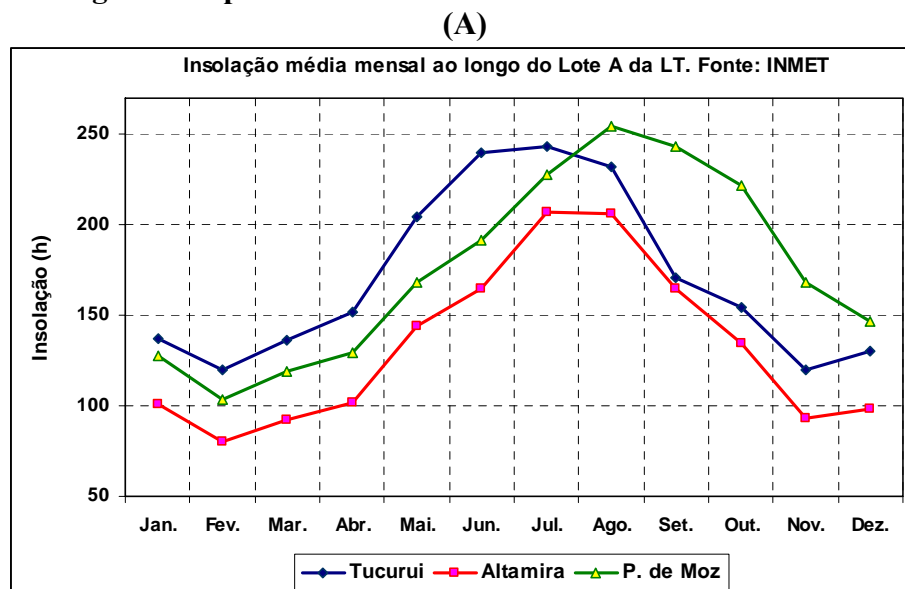
O total de insolação diária depende da presença da quantidade de nuvens em uma determinada região. Quanto maior a cobertura do céu por nuvens menor é um número de horas de insolação e vice versa. Portanto esses dois parâmetros têm que ser analisados conjuntamente e não isoladamente. Para analisar os dois parâmetros utilizaram-se as Normais Climatológicas médias mensais de nebulosidade e insolação observadas nas estações meteorológicas do INMET em Tucuuruí, Altamira e Porto de Moz. A estação meteorológica de Pacajá não dispõe de dados de insolação.

Inicialmente elaborou-se separadamente a **Figura 3.6.3.1.h (A)** da insolação e a **Figura 3.6.3.1.h (B)** da nebulosidade. Em seguida estimou-se a média da insolação e da nebulosidade das três estações meteorológicas e elaborou-se a **Figura 3.6.3.1.h (C)**, para se verificar a relação inversa entre os dois parâmetros meteorológicos.

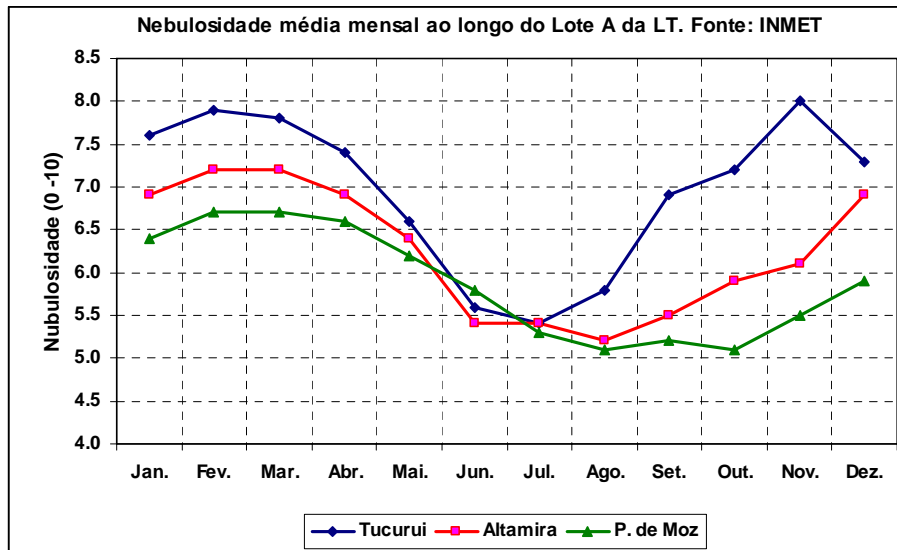
Na **Figura 3.6.3.1.h (A)** observa-se um aumento do número de horas de insolação entre os meses de junho a setembro, que corresponde a uma redução da nebulosidade no mesmo período observado na **Figura 3.6.3.1.h (B)**.

Agrupando a média mensal de Tucuuruí, Altamira e Porto de Moz, da nebulosidade e insolação apresentada na **Figura 3.6.3.1.h (C)**, observa-se que a relação inversa entre os dois parâmetros é evidente. Portanto no período chuvoso no traçado da LT, ocorre muita nebulosidade e pouca insolação nos demais meses ocorre o inverso.

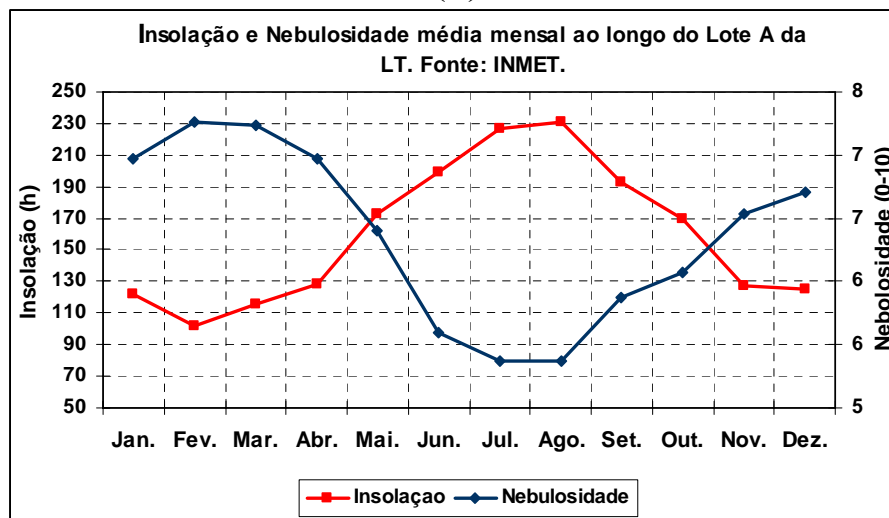
Figura 3.6.3.1.h
Média mensal da nebulosidade e insolação ao longo do traçado da LT 500 kV Tucuuruí – Xingu – Jurupari



(B)



(C)



Fonte: INMET (2009)

Nível Ceráunico

Nos Projetos de instalação de linhas de transmissão (LT) é importante o conhecimento da frequência de ocorrências de descargas elétricas na atmosfera para estabelecer o dimensionamento dos equipamentos necessários de proteção de raios ao longo do traçado das linhas de transmissão de energia.

Um raio é uma descarga elétrica que se produz entre nuvens de chuva ou entre a nuvem e a superfície terrestre. A descarga poderá ser visível com trajetórias sinuosas e com ramificações irregulares às vezes a muito quilômetros de distância do observador, fenômeno esse conhecido também como relâmpago. Ocorre também uma onda sonora

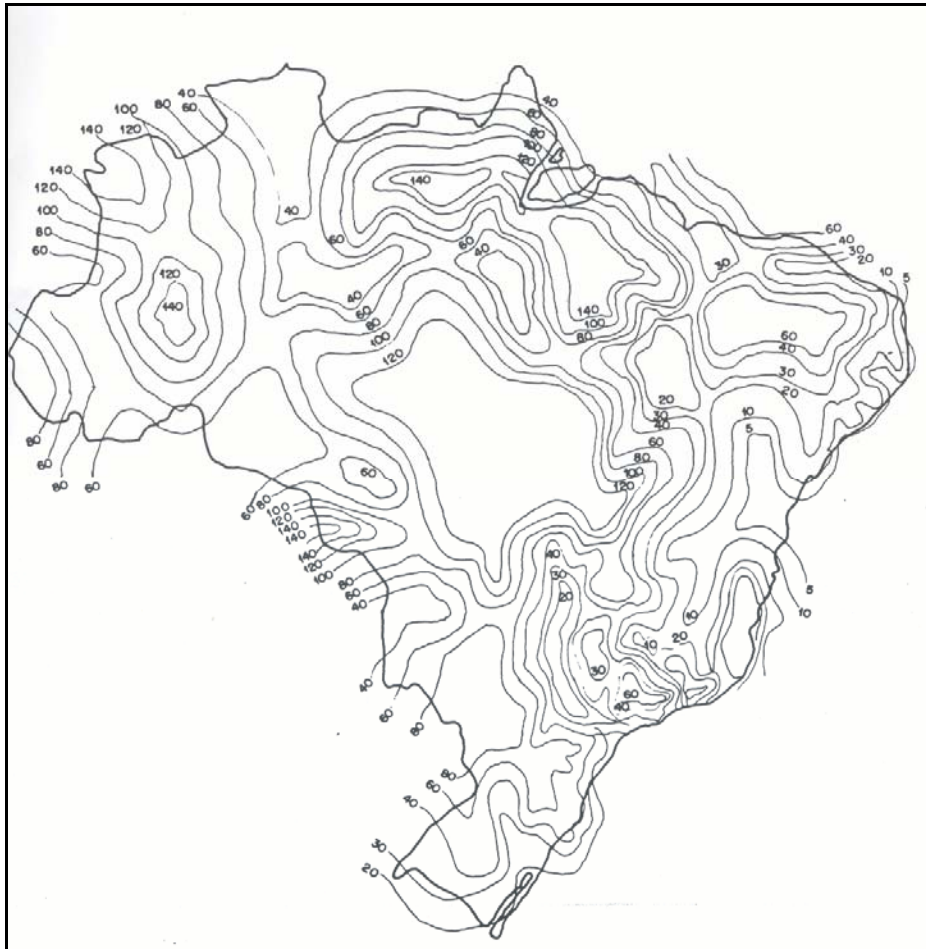
chamada trovão. Portanto a descarga elétrica poderá ocorrer no momento em que as cargas elétricas (Quantidade de íons, cátions ou ânions) atingirem um potencial de energia suficiente para superar a rigidez dielétrica do ar, de forma explosiva, luminosa e violenta.

A preocupação com a incidência de raios tem procedência porque quando ele ocorre a corrente elétrica associada poderá atingir 100 milhões de volts. Parte dessa energia se converte em calor, expandindo o ar à sua volta de forma explosiva e elevando a sua temperatura a valores próximos de 27.000° C. Após a descarga o ar se resfria rapidamente e se contrai. Esta expansão brusca do ar produz uma onda de som a qual é identificada como *trovoada*.

O fenômeno das descargas elétricas ocorre com muita frequência em regiões tropicais porque está associado com tempestades muito comum na região da floresta Amazônica. Apesar dos graves riscos sobre as pessoas e os problemas de ordem econômica, não existe ainda uma rede monitoramento de detecção de raio nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Recentemente essa preocupação vem se desenvolvendo nas regiões sudeste e sul do país onde já existem dados sobre a medição instantânea de raios.

Para suprir essa deficiência durante muitos anos vem se utilizando o índice ceráunico (IC) obtido através do mapa isoceráunico do Brasil, o qual é largamente utilizado pelo setor elétrico. A **Figura 3.6.3.1.i** apresenta o mapa isoceráunico para o Brasil. O índice ceráunico (IC) é por definição, o número de dias de trovoadas por ano, em uma determinada região. As Isoceráunicas são as linhas (curvas) que ligam os pontos de mesmo valor de índice ceráunico (IC).

Figura 3.6.3.1.i
Mapa isoceráunico para o Brasil⁷



Fonte: ABNT, 2001

De acordo com o mapa da **Figura 3.6.3.1.i**, ao longo do traçado do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV, identificou-se uma curva isoceráunica igual a 60. A partir dessa informação para se estimar a quantidade de raios em uma determinada região utiliza-se a fórmula de densidade de raios D_R , ^{fonte (8)}. A fórmula D_R representa a quantidade de raios que caem por ano sobre uma área de 1 km² a qual é representada pela equação (1):

$$D_R = 0,0024IC^{1,63} \quad (1)$$

⁷ABNT – NBR 5419:2001 – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. ABNT, 2001.

⁸Bohn, A.R. Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. UFSC – Centro Tecnológico. <http://www.centralmat.com.br>. 2008.

Utilizando-se a equação (1), mas IC igual a 60 para região da LT, obtem-se o valor de 1,9 o qual representa a possível ocorrência de 1,9 raios a cada 1 km² por ano ao longo do traçado do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari. Evidentemente que se trata de um tratamento teórico respaldado por bibliografias que na ausência de outra informação esse é o melhor indicador sobre a caracterização de descargas elétricas ao longo do traçado da LT. Apesar de haver se obtido esse indicador de descargas elétricas, verificou-se que a empresa CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica -, publicou um levantamento de descargas atmosféricas por km² por ano para região de Tucuruí entre 1992 a 1999 o qual reproduzimos na **Tabela 3.6.3.1.c**. Entretanto não se conseguiu informações de como esses valores da CEPEL foram obtidos, se teoricamente ou medidos.

Tucuruí representa o ponto inicial do traçado da LT, que segundo a CEPEL a média de descargas atmosféricas por km² por ano é de 4,48, valor esse duas vezes maior que o D_R de 1,9 que se obteve teoricamente. Como o traçado da LT é aproximadamente de 400 km de extensão, na média o valor de 1,9 possivelmente esteja dentro do que efetivamente deve ocorrer em termos de descargas elétricas ao longo do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari.

Tabela 3.6.3.1.c
Número de Descargas Atmosféricas por km² por ano

Ano Região	Descarga Atmosférica por km ² (°)							Média
	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	
Tucuruí	5,66	5,04	3,43	5,16	3,30	2,61	6,14	4,48

Fonte: INMET, 2009

Vento

O vento representa o ar em movimento em relação à superfície e é resultante do movimento rotacional da terra. Por ser o fluido atmosférico em movimento, o vento é uma entidade física vetorial com sentido, direção e intensidade. Portanto o vento deve ser analisado considerando a direção e a velocidade.

A guisa de entendimento e compreensão é a direção do vento o sentido de onde ela está soprando para um referencial fixo, no caso a estação meteorológica. Por exemplo, o vento de Sul, significa que ele está soprando do sul para a direção norte. O significado das 16 direções do vento é apresentado a seguir.

⁹Fonte: CEPEL – Centro Brasileiro de Energia Elétrica (<http://www.cepel.br>).

Vento	Soprando de:	Para:	
N	Norte	S	Sul
NNE	Nortenordeste	SSW	Sulsudoeste
NE	Nordeste	SW	Sudoeste
ENE	Estenordeste	WSW	Ostesudoeste
E	Leste	W	Oeste
ESE	Estesudeste	WNW	Oestenoeste
SE	Sudeste	NW	Noroeste
SSE	Sulsudeste	NNW	Nortenoeste

(ou vice-versa).

Fonte: INMET, 2009

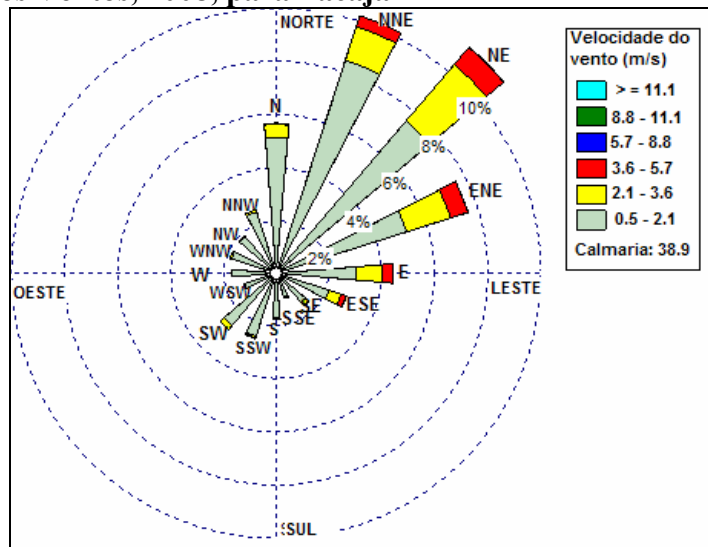
Para analisar o vento ao longo do traçado da LT utilizaram-se os dados disponíveis nas estações meteorológicas de Tucuruí e Altamira (apenas velocidade média) e a de Pacajá (velocidade e direção). Nessa análise para a direção do vento se consideraram as 16 direções de onde ele sopra e as respectivas velocidades.

Os resultados do processamento dos dados são apresentados na **Figura 3.6.3.1.j**, **Figura 3.6.3.1.k** e **3.6.3.1.l**. Verificou-se na **Figura 3.6.3.1.j** as seguintes predominâncias do vento:

- 1ª de (NE) com 11,2% entre as faixas de velocidades de 0,5 a 2,1 m/s;
- 2ª de (NNE) com 10,0% entre as faixas de velocidades de 0,5 a 2,1 m/s;
- 3ª de (ENE) com 10,4% entre as faixas de velocidades de 0,5 a 2,1 m/s.

Portanto assume-se que o vento ao longo do trecho da LT deve soprar essas predominâncias tendo em vista que os ventos da ITCZ (Zona de Convergência Tropical) sopram boa parte do tempo dessa direção e, portanto influenciar a circulação sinótica regional sobre o traçado da LT. A velocidade média anual é cerca de 1,1 m/s e a porcentagem da calmaria é cerca de 38,9%.

Figura 3.6.3.1.j
Rosa dos Ventos, 2008, para Pacajá - PA



Fonte: INMET, 2009

Em termos de velocidade média sobre o traçado se utilizou as informações de velocidade média disponíveis em Tucuruí, Pacajá e Altamira. Em Porto de Moz não há registros de velocidade do vento. Realizou-se a análise da velocidade média e das rajadas máximas, considerando o comportamento do vento médio em cada região e o comportamento sazonal, conforme mostram as **Figuras 3.6.3.1.k e 3.6.3.1.l**.

A **Figura 3.6.3.1.k (A)**, mostra que a velocidade média mais elevada de 1,3 m/s, ocorre em Pacajá em todas as estações do ano, sendo que essas velocidades se acentuam na Primavera e no Inverno conforme mostra a **Figura 3.6.3.1.k (B)**. As velocidades médias de Tucuruí e Altamira são semelhantes e da ordem de 1,0 m/s independente da estação do ano.

Com relação às rajadas máximas na **Figura 3.6.3.1.l (C – D)**, observa-se que as mais intensas ocorrem em Tucuruí (início do traçado da LT), cuja máxima de 18,1 m/s (65,2 km/h) ocorre na Primavera. A segunda rajada máxima de 15 m/s (54 km/h) é observada em Pacajá e ocorre no Outono; e a terceira máxima de 14,8 m/s (53,3 km/h) observada em Altamira.

Diante do exposto, verificou-se que o vento apresenta velocidades médias fracas em boa parte da LT, porém com rajadas extremamente fortes que devem estar associadas às constantes tempestades que rotineiramente ocorrem sobre a região. Portanto embora não existam dados sobre toda extensão da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari, acredita-se que o comportamento do vento entre Tucuruí e Altamira seja similar ao restante do traçado da LT. Tendo em vista que o vento é função do gradiente horizontal de temperatura à medida que se aproxima do Equador tende a enfraquecer, devido à quase inexistência de diferenças de temperaturas entre uma região e outra.

Figura 3.6.3.1.k
Velocidade média do vento ao longo do traçado da LT

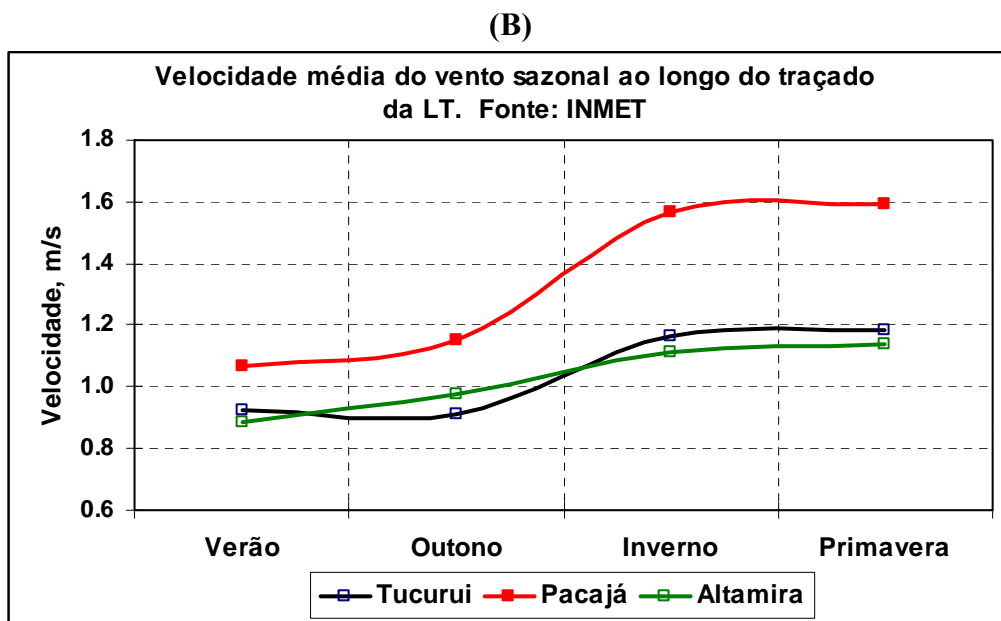
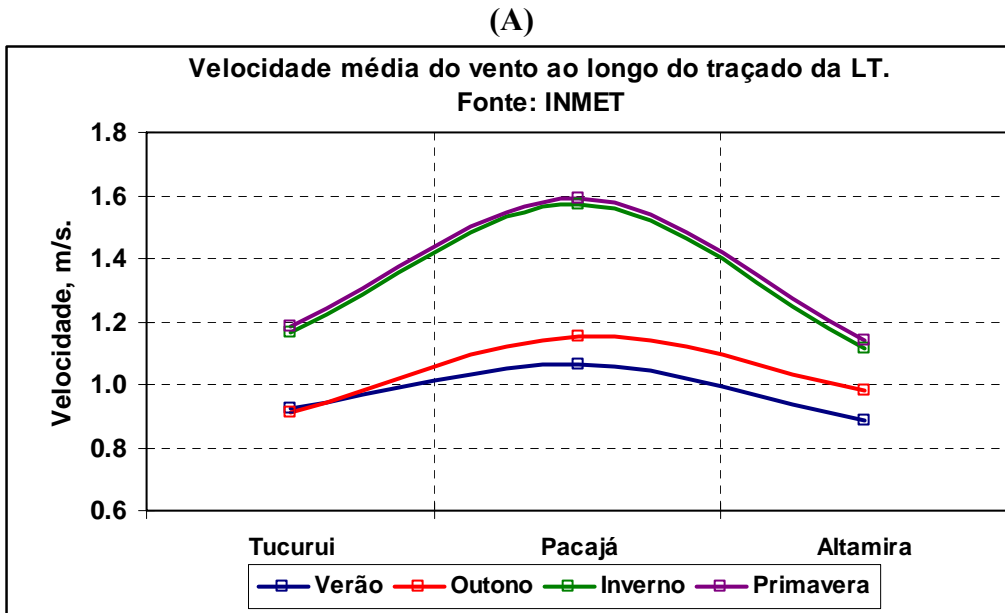
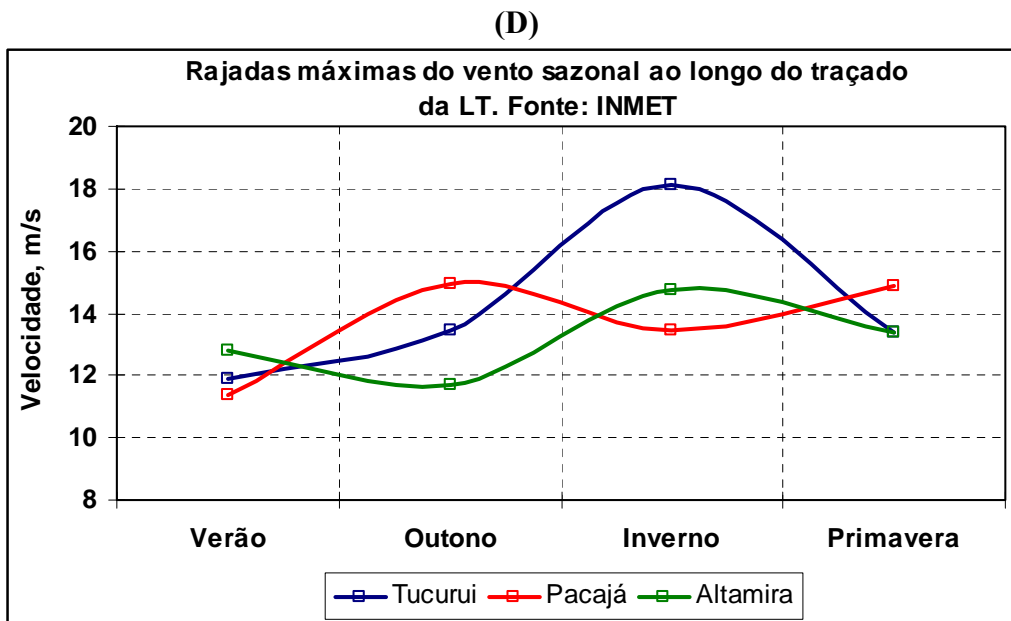
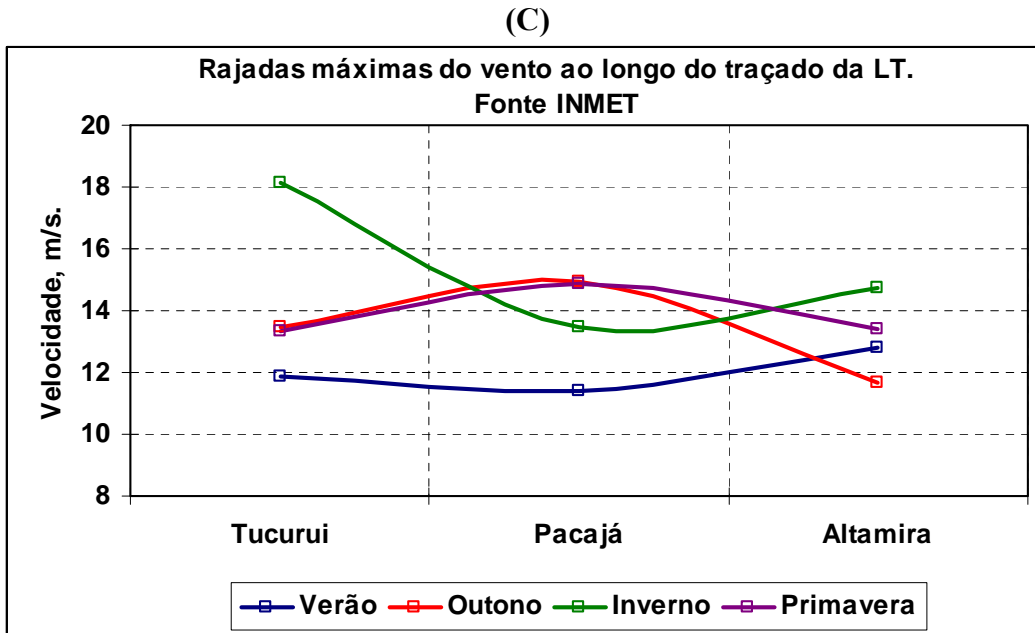


Figura 3.6.3.1.1
Rajadas máximas do vento ao longo do traçado da LT



Fonte: INMET, 2009

Conclusão

O presente estudo se refere à caracterização climática ao longo do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV, Tucuruí – Xingu – Jurupari, que intercepta os municípios de Anapu, Pacajé, Vitória do Xingu, Porto de Moz e Almeirim, localizadas no Estado do Pará. O LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari tem o seu ponto de origem na UHE de Tucuruí, passa pela SE Xingu e o seu ponto final na SE Jurupari (município de Almeirim - PA). A conclusão do estudo em forma de tópicos é apresentada a seguir:

- O trecho do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari da LR sofre influências de diversos fatores dinâmicos do clima como a Oscilação do fenômeno El-Niño, ao fenômeno La Niña, os regimes sinóticos de avanços de sistema frontais, oscilando de acordo com a sazonalidade climática própria da região como, por exemplo, a ITCZ;
- Verificou-se que o clima tropical da região dentro de um raio de aproximadamente de 30 km, a partir do traçado da LT, tem um comportamento relativamente homogêneo;
- Em função do campo de temperatura de diversos locais, verificou-se que a temperatura média anual de em diversos trechos é cerca de 26,0° C, a mínima 21,9° C e a máxima média anual de 32,6° C;
- Os totais pluviométricos médios anuais ao longo do trecho da LT foram: em Tucuruí 2.427,6 mm; em Pacajá 2.315 mm; em Altamira 2.287,9 mm; e em Porto de Moz de 2.379,4 mm, onde na SE de Jupari o total anual de precipitação também deva ser superior a 2.200 mm;
- A umidade relativa ao longo do traçado é superior a 80%; sendo 81% no Inverno; 87% no Outono; 88% no Verão; e 82% na Primavera;
- A pressão atmosférica sofre pouca variação ao longo do traçado sendo a média anual de 1.005 hPa; e a mais elevada de 1.010 hPa ocorre em Porto e Moz; e a menos elevada de 1.000 hPa ocorre em Pacajá que é semelhante à de Altamira;
- A análise da evaporação mostrou que existe um superávit hídrico ao longo do traçado da LT e que a reposição hídrica pela chuva contribui para o excedente de vapor d'água na região;
- A insolação atua fortemente nos meses de Inverno em decorrência da redução do teto de nebulosidade nessa época e o inverso é observado nos demais meses do ano, ao longo do traçado da LT;
- Ao longo do traçado do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV deve ocorrer por ano 1,9 raios sobre áreas de 1 km², segundo análise realizada utilizando o mapa isoceráunico do Brasil;
- O vento ao longo do traçado do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari 500 kV sopra com maior persistência do quadrante nordeste para o sudoeste associado à velocidade média anual de 4,0 km/h com uma e a porcentagem da calmaria é cerca de 38,9%;
- Com relação às rajadas máximas observa-se ocorrência de rajadas de vento intensas onde se destacam em Tucuruí de 18,1 m/s (65,2 km/h); em Pacajá rajada máxima de 15 m/s (54 km/h) é observada e ocorre no Outono; e em Altamira de 14,8 m/s (53,3 km/h).

Finalmente pode-se concluir que:

- A Região Norte enquadrada na Amazônia (Estado do Pará) é juntamente com a Região Sul, a de maior homogeneidade e unidade climática do Brasil;
- Não resta dúvida que a Região Norte do Brasil, embora não abarcando toda a Amazônia, se constitui na mais extensa região de *clima quente superúmido* do mundo;
- Apesar da escassez de dados climatológicos ao longo do LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari, traçou-se em linhas gerais o comportamento das condições climáticas que servirá de base para instalação da Linha de Transmissão entre Tucuruí, Xingu e Jurupari.

3.6.3.2

Geologia

AAR

A Área de Abrangência Regional (AAR) da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari ocupa trechos das províncias estruturais: Rio Branco, Tapajós, Amazônica e Parnaíba (ALMEIDA *et al.*, 1977).

As províncias estruturais Rio Branco e Tapajós pertencem ao Cráton Amazônico, que na AAR compreende trechos da província geocronológica Transamazonas (2,26 a 1,95 Ga) e seus domínios: Bacajá, Carecuru e Bloco Amapá (VASQUEZ e ROSA COSTA, 2008).

As províncias Amazônica e Parnaíba representam as extensas coberturas sedimentares fanerozóicas que ocorrem na plataforma Sul Americana, e que na AAR correspondem a trechos das bacias sedimentares do Amazonas, Marajó e Parnaíba (**Figura 3.6.3.2.a**).

A província geocronológica Transamazonas, com evolução principal ocorrida no intervalo de 2,26 a 1,95 Ga, é constituída por terrenos de médio e alto grau metamórficos representados por rochas gnáissicos migmatíticas e granulíticas; rochas metavulcânicas e metassedimentares deformadas e metamorfisadas nas fácies xisto verde a anfíbolitos, suítes graníticas orogênicas e anorogênicas.

O domínio Bacajá, que ocorre na AII e AID, é constituído por associação granulítica arqueana / paleoproterozóica (granulitos e charnoquitos, 3009 - 2597 Ma), representada na AII e AID pelo Complexo Cajazeira; seqüência metavulcano-sedimentar neoarqueano associadas a arcos de ilha / magmáticos (Micaxisto Bacaja e Anfíbolito Itatá, 2359 Ma), associação granito-gnaissico- migmatítica arqueana / paleoproterozóica (ortognaisses migmatíticos, 2671 – 2338 Ma) que na AII e AID constituem o Complexo Xingu; suítes plutônicas pré-colisionais granitóides de arcos de ilhas e magmáticos (2215 – 2133 Ma), suítes plutônicas sin e tardicolisionais (granitóides e charnoquitos, 2114 – 2094 Ma), suítes plutônicas tardi e pós colisionais (granitóides e charnoquitos 2086 – 2069 Ma), representados na AID pela suíte intrusiva João Jorge; e Suíte plutônica pós orogênica (granitóides, 1096 Ma).

A presença de seqüências metavulcânicas e metassedimentares Micaxisto Bacaja e Anfibolito Itatá, associam-se depósitos minerais de ouro.

O domínio Caecuru, que ocorre na margem esquerda do Rio Amazonas, é constituído por seqüências vulcano-sedimentares (2267 Ma) associadas a arcos de ilha / magmáticos, suítes plutônicas pré-colisionais (2150 – 2139 Ma), suítes plutônicas sin e tardicolisionais (2098 – 2096 Ma), suítes plutônicas pós-colisionais (2050 – 2030 Ma), ocorrendo ainda suítes plutônicas alcalinas (1753 Ma) e rochas alcalinas ultramáficas e carbonáticas neoproterozóicas.

O Bloco Amapá, que também ocorre na margem esquerda do Rio Amazonas é constituído por associação granulítica arqueana / paleoproterozóica (granulitos e charnoquitos, 2096 – 2086 Ma), associação granito-gnaíssico- migmatítica arqueana / paleoproterozóica (ortognaisses migmatíticos, 2652 – 2628 Ma); suítes plutônicas pré-colisionais (granitóides 2218 - 2145 Ma), suítes plutônicas tardi e pós colisionais (granitóides 2065 – 2049 Ma), e seqüência vulcano-sedimentares associadas a arcos de ilha / magmáticos (2087 Ma).

A bacia sedimentar do Amazonas ocupa a porção central da AAR sendo constituída por rochas paleozóicas e mesozóicas representadas por arenitos, diamictitos, folhelhos e siltitos do Grupo Trombetas e das formações Erecê, Curuá e Maecuru, pelo Diabásio Penatecaua; por sedimentos Formação Alter do Chão e lateritas maduras do Terciário inferior, que podem constituir depósitos minerais de alumínio. Essas rochas em parte são interceptadas pelo empreendimento.

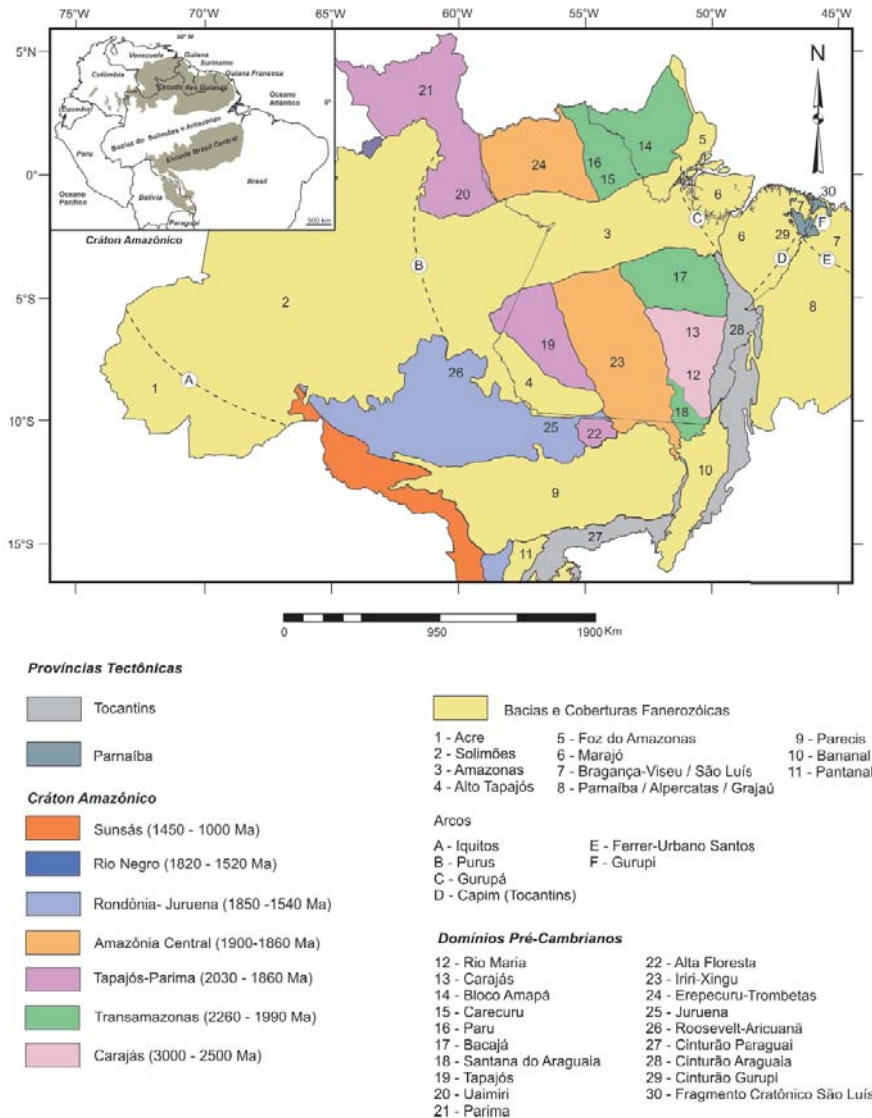
A província Amazônica é constituída ainda pela bacia do Marajó, representada na AAR por sedimentos inconsolidados de origem fluvial e fluvio lagunar, que não tem interferência com o empreendimento.

Na porção central da Província Amazônica ocorre extensa sedimentação aluvial holocênica, associada à planície fluvial do rio Amazonas, que será seccionada pelo empreendimento.

A bacia sedimentar do Parnaíba representada por arenitos, siltitos e folhelhos cretáceos da Formação Itapecuru, tem ocorrência restrita na AAR, e não interfere com o empreendimento.

Os elementos geotectônicas que caracterizam a Área de Abrangência Regional são apresentados na **Tabela 3.6.3.2.a**, sendo a distribuição mostrada na **Figura 3.6.3.2.b**.

Figura 3.6.3.2.a
Províncias tectônicas do norte do Brasil



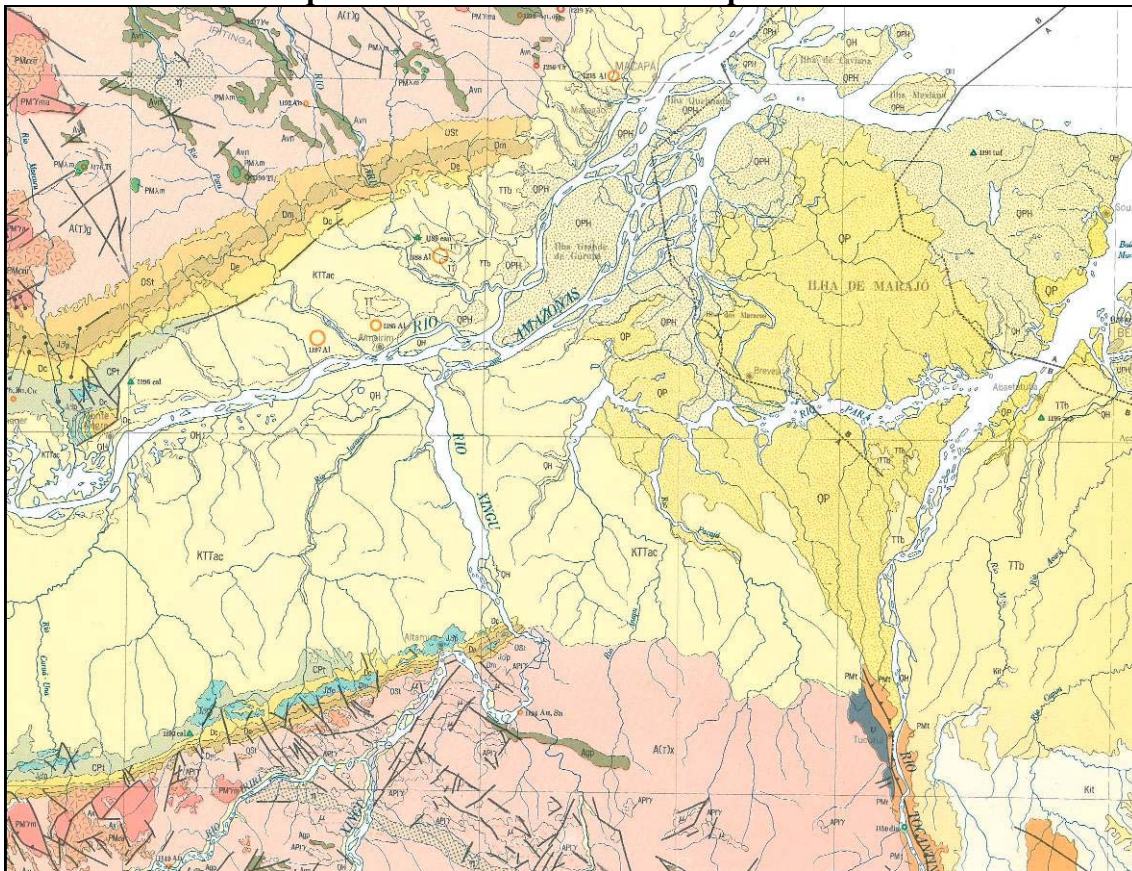
Fonte: Compilado de Vasquez e Rosa-Costa (2008). Modificado de Almeida *et al* (1977 e 1981) e Santos (2003).

Tabela 3.6.3.2.a
Entidades tectônicas e unidades litoestratigráficas que ocorrem na AAR do empreendimento

Domínios Tectono-estruturais	Entidades Tectônicas		Unidades Litoestratigráficas	
Coberturas Fanerozoicas	Bacias Mezo-Cenozoicas	Bacia do Marajó (IV)	Aluviões areno-argilosos com níveis de cascalho	QPH
			Aluviões areno-argilosos com níveis de cascalho e laterita	QP
			Sedimentos detrito lateríticos	TT, TTb
	Bacias Paleozoicas	Bacia do Amazonas (III)	Quartzo grauvacas, arenito e argilito	KTtac
			Basaltos e diabásios	JK β
			Arenito, siltito, folhelho, conglomerado, calcário, dolomito e evaporito	CPt
			Folhelho, siltito, arenito, diamictito	Dc
			Siltito, arenito	De
			Arenito, siltito e folhelho	Dm
			Arenito, siltito, folhelho	Ost
Bacia do Parnaíba (II)	Arenito, calcário marga e folhelho	Kit		
Sistemas Orogenéticos Paleoproterozoicos e Arqueanos	Craton Amazônico	Província Transamazonas (2,26 – 1,99 Ga)	Rochas alcalinas	Pmλ m
			Granitos	PMγa, γc, γm, γs γma,
			Vulcânicas ácidas e intermediárias	PM α
		Granitóides e granodioritos	API γ	
		Domínio Bacajá (Ia)	Metavulcanicas sedimentares: xisto, quartzito, filito, formação ferrífera, metachert, calcossiláticas, anfíbolitos metavulcanicas ácidas, intermediárias e maficas	Agp, Aj, Avm
		Domínio Caecuru (Ib)		
		Bloco Amapá (Ic)	Metabasito, diorito, metaultramáfica e migmatito	μ
			Charnoquito	η
	Migmatitos, gnaisses, granitóides e anfíbolitos	A(T) x, A (T) g		

Fonte: Elaborado com base em Almeida *et al* (1977), Schobbenhaus *et al* (1995), Biazzi *et al* (2003), Balila *et al.* (2004) e Vasquez e Rosa-Costa (2008).

Figura 3.6.3.2.b
Elementos tectônicos que caracterizam a AAR do empreendimento



Fonte: Baseado no Mapa Geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000; Schobbenhaus *et al* (1995).

AII

A AII é constituída por rochas do embasamento cristalino associadas à província geocronológicas Transamazonas, do Craton do Amazonas; rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, coberturas detrito lateríticas do Terciário Inferior e sedimentos aluviais holocênicos.

As Entidades tectônicas e unidades litoestratigráficas que ocorrem na AII do empreendimento são apresentadas na **Tabela 3.6.3.2.b**, sendo a sua distribuição apresentada na **Figura 3.6.3.2.d (Folhas 1 e 2)**.

Embasamento Cristalino

No trecho Tucuruí – Belo Monte as rochas do embasamento cristalino constituem terrenos de médio e de alto grau metamórfico representados por gnáisses migmatíticos e granulitos; suítes graníticas orogênicas e anorogênicas, associadas ao domínio Bacajá da província geocronológicas Transamazonas (VASQUEZ e ROSA-COSTA, 2008).

O Complexo Xingu é constituído por ortognaisses e migmatitos, ricos em ortoanfíbolitos, com idade de 2.974 ± 15 Ma (Pb – Pb) e 2859 ± 2 Ma (U – Pb). Essas rochas apresentam composição tonalítica tendo de modo subordinado composição granodiorítica e trondhjenítica. As rochas do Complexo Xingu sustentam relevos de Colinas pequenas e médias e de Morrotes e Morros.

A unidade Enderbitto Cajazeira é constituída por granulitos, charnoquitos, kinzigitos de textura granoblastica, e milonitos com porfiroclastos de quartzo, hornblenda e biotita, mesopertita, antipertita e ainda ocelos de feldspato alcalino e/ou plagioclásio. Essas rochas com idade de 2074 ± 8 Ma sustentam relevos de Colinas pequenas e médias e de Morrotes e Morros e ainda relevos de Rampas e Escarpas dissecadas na Serra do Trucará, próximo a Tucuruí.

Tabela 3.6.3.2.b

Entidades tectônicas e unidades litoestratigráficas da AII

Domínios Tectono-estruturais	Entidades Tectônicas		Unidades Litoestratigráficas	
Coberturas Fanerozóicas	Coberturas Cenozóicas		Aluviões areno-argilosos com níveis de cascalho	Q2 a
			Cobertura detrito laterítica e bauxita	EN dl
	Bacias Cenozóicas	Bacia do Marajó	Grupo Barreiras: arenito fino e grosso, siltito, argilito e lentes de conglomerado	EN b
	Bacias Paleozóicas	Bacia do Amazonas	Formação Alter do Chão: quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito	K2 ac
			Indiviso: Folhelho, siltito, arenito, diamictito	D2C 1c
			Formação Ererê: siltito, arenito, folhelhos	D2 e
			Formação Maecuru: Arenitos e pelitos bioturbados	D2 ml
			Grupo Trombetas: folhelhos e siltitos carbonosos e piritosos, silixitos, diamictitos, e arenitos finos a médio.	S3D it
Sistemas Orogenéticos Paleoproterozóicos e Arqueanos	Craton do Amazonas	Província Transamazonas (2,26 – 1,95 Ga)	Suíte intrusiva Maloquinha: granito, sienogranito, monzogranito e granodiorito	PP3 γ mi 1,87 Ga U-Pb
		Domínio Bacajá	Granito João Jorge: monzogranito, sienogranito	PP2 γ jj 1,9 – 2,0 Ga
			Enderbitto Cajazeiras: charnoquito, enderbitto e kinzigito	A3PP2ca 3,0 – 2,6 Ga
			Complexo Xingu: gnaisse tonalítico e granodiorítico, granitóide indiferenciado	A3PP2 xi 2,86 Ga U-Pb

Fonte: Elaborado com base em Almeida *et al* (1977), Schobbenhaus *et al* (1995), Biazzi *et al* (2003), Balila *et al*. (2004) e Vasquez e Rosa-Costa (2008).

O Granito João Jorge, com idades de 1,9 a 2,0 Ga, é composto por monzo e sienogranitos e raros granodioritos de granulação média a fina, inequi a equigranular, leucocráticos com faixas miloníticas e cataclásticas. Essas rochas são constituídas por feldspato alcalino, agregado de quartzo feldspato, biotita, titanita, epidoto, allanita, pirita, calcopirita, muscovita e granada, podendo apresentar mineralizações auríferas

filoneanas, mas que não se tem registro na área do empreendimento. O Granito João Jorge sustenta relevo de Colinas pequenas e médias e de Morrotes e Morros.

A Suíte Intrusiva Maloquinha é composta por granitos leucocráticos de cores vermelha e rosa, equigranulares de granulação média e ainda termos com granulação fina e grossa inequigranulares e porfíricos, que se associam a sienogranitos e feldspato alcalino granito, e de modo subordinado por monzogranitos, sienogranitos e quartzomonzonitos. Essas rochas com idades entre 1877 ± 12 Ma e 1864 ± 18 Ma (U-Pb) (SANTOS *et al*, 2001), sustentam relevo de Colinas pequenas e médias e de Morrotes e Morros.

Rochas sedimentares

As rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, na AII são representadas pelas seguintes unidades: Grupo Trombetas, Formação Maecuru, Formação Ererê e Formação Alter do Chão.

O Grupo Trombetas é constituído por uma seqüência transgressiva representada por ambiente fluvio estuarino na base, que passa a marinho raso, glacio marinho e nerítico litorâneo no topo. Essa unidade é constituída por folhelhos e siltitos carbonosos e piritosos, silixitos, diamictitos, e arenitos fino a médio. Essas rochas sustentam relevo de Morrotes e Morros.

A Formação Maecuru depositada em ambiente fluvio deltaico a nerítico é constituída por arenitos finos que predominam e por intercalações de arenitos conglomeráticos, folhelhos e siltitos. Esses arenitos que sustentam relevo de Morrotes e Morros apresentam feições pseudocarísticas de cavernas e abrigos desenvolvidos nas encostas mais inclinadas e escarpadas, que constituem a Província Espeleológica Altamira-Intaituba, onde já foram descritas pelo menos 27 feições, muitas das quais na Serra de Urubuquara.

A Formação Ererê constituída por siltitos piritosos, arenitos médios e folhelhos e depositada em ambiente de planície de maré. Essas rochas sustentam relevo de Colinas pequenas e médias, que formam um corredor de direção nordeste, rebaixado em relação aos relevos de Morrotes e Morros adjacentes.

A Formação Alter do Chão é uma seqüência espessa depositada em ambiente lacustrino – deltaico durante o Neocretáceo e o Terciário. É constituída por arenitos finos a médios argilosos e caulíníticos, intercalados com camadas de pelitos (siltitos e argilitos) e conglomerados de modo restrito. Essas rochas sustentam relevos de Rampas e de Rampas e Colinas amplas que representam antiga superfície de aplanamento e agradiação, que caracteriza a Depressão do Amazonas. Ao longo das principais drenagens é comum a presença de relevos dissecados de Colinas pequenas e médias, Morrotes e de Escarpas dissecadas de baixa amplitude.

As Coberturas Detrito Lateríticas que ocorrem na área corresponde as lateritas maduras descritas por Costa (1991), que se caracterizam por apresentar perfil laterítico completo composto pelos horizontes: pálido transicional no contato com a rocha, argiloso,

bauxítico e/ou fosfático e crosta ferruginosa na superfície. O horizonte bauxítico e/ou fosfático é constituído por hidróxido e/ou fosfatos de alumínio, que apresentam estruturas esferolítica (oólitos e pisólitos), maciça, terrosa, cavernosa, colunar e vermicular. A crosta ferruginosa é constituída por agregados de nódulos, ou de fragmentos, concreções esferolíticas, pisolitos compostos fragmentos de hidróxidos de ferro interligados por finos córtex microcristalinos. Essas coberturas comumente se relacionam a presença de depósitos de bauxitas, ferro, ouro, níquel e ainda lateritas fosfáticas e titaníferas. No entanto não existe registro de reservas dentro da AII e da AID.

A Cobertura Laterítica Madura comumente ocorre associada ao relevo de Rampa, desenvolvendo-se tanto sobre rochas sedimentares como do embasamento cristalino.

O Grupo Barreiras é constituído por uma fácies siliclástica representada pela presença de argilito, arenito fino e grosso, siltito, e lentes de conglomerados; e uma fácies carbonática representada por: biocalcirruditos, margas, calcilutitos e brohermitos, depositados na sub-bacia de Cameté, da Bacia sedimentar de Marajó. Essas rochas que tem ocorrência restrita na AII sustentam na margem esquerda do Rio Tocantins relevo de Morros amplos.

Os depósitos de aluviões que ocorrem longo das drenagens da região são constituídos por areia fina, silte e argila, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica, e níveis de cascalho, geralmente descontínuos, com seixos de quartzo, quartzito, calcedônia e laterita. Esses depósitos se distribuem em diferentes níveis topográficos em relação ao rio constituindo planícies de inundação, baixos terraços, terraços elevados.

Ao longo dos canais atuais e nas pontas das ilhas ocorrem barras arenosas, constituídas por areias medias e grossas e cascalho fino de quartzo, laterita e calcedônia.

Características geotécnicas dos materiais

As rochas que ocorrem na Área de Influência Indireta e na Área de Influência Direta do empreendimento constituem cinco (5) agrupamentos distintos quanto às características da alteração e ao seu comportamento frente às diferentes atividades antrópicas, destacando-se: os granitóides, gnaisses e granulitos; arenitos e conglomerados; argilitos, folhelhos e siltitos; os depósitos detrito-lateríticos e os sedimentos aluviais.

Granitóides, Gnaisses e granulitos

Embora essas rochas apresentem composições variadas tem alterações bastante semelhantes, podendo ser analisadas conjuntamente. A alteração dessas rochas resulta na formação de solos argilosos, por vezes argilo-siltosos e micáceos, rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matações imersos na massa de solo. Na região os horizontes de alteração estão laterizados e endurecidos constituindo o horizonte pálido transicional das coberturas lateríticas.

O solo superficial é argiloso e argilo arenoso também com grânulos de quartzo, que constitui Argissolos Vermelho-Amarelos. Na região é comum a presença de afloramentos de rocha, campos de blocos e matacões, com diâmetros de 0,6 a 3 m, na superfície do terreno, tanto no relevo de Morrotes e Morros, como no relevo de Colinas pequenas e médias.

Arenitos e conglomerados

As rochas arenosas e os conglomeráticas que ocorrem associados às unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Amazonas, têm granulação variando de muito fina a grossa incluindo também arenitos conglomeráticos e conglomerados, havendo na área um predomínio dos arenitos finos e médios.

Essas rochas sedimentares na região comumente apresentam intercalações de argilitos, folhelhos, siltitos dando origem a solos areno-argilosos a argilo-arenosos, com espessuras variáveis de 1 a 5 m, que constituem Latossolos Amarelos.

Esses arenitos, na área de estudo, sustentam ainda escarpas dissecadas com solos rasos e afloramentos rochosos e de modo localizado cavernas e abrigos de origem pseudocarstica (Formação Maecuru).

Argilitos, folhelhos e siltitos

Os argilitos, folhelhos, siltitos associados principalmente ao Grupo Trombetas e a Formação Ererê, e de modo subordinado as formações Maecuru e Alter do Chão apresentam solos de alteração e superficial são geralmente silto-arenoso, argiloso siltoso, argiloso ou muito argiloso dependendo da associação granulométrica da rocha.

O solo residual é argiloso ou argilo-arenoso, tem compacidade fofa a muito fofa e espessuras de 1,0 a 4,5 m, dependendo da sua posição na encosta. Esses materiais geralmente se associam a presença de Latossolo Vermelho Amarelo associado a Argissolo Vermelho-Amarelo.

Depositos detrito-lateríticos

As Coberturas detrito laterítica matura constituídas por areias inconsolidadas, argilas, concreções ferruginosas, lentes conglomeráticas; com espessos lateritos ferruginosos; e uma zona superior, com solo argilo-arenoso com blocos e nódulos de concreções lateríticas e níveis de seixos de quartzo, que recobrem o horizonte de argila mosqueado, ocorrem preferencialmente nos divisores de águas.

Nos topos do relevo plano em que ocorrem, esses materiais dão origem a solos argilosos a muito argilosos, Latossolos Amarelos que se associam a Plintossolos Pétricos Concrecionários, de alta permeabilidade, que inibe a ocorrência de processos erosivos e o escoamento superficial favorecendo a infiltração.

Sedimentos aluviais

Os sedimentos aluviais são inconsolidados, com baixa capacidade de suporte, sendo constituídos por: areia fina silto-argilosa, argila orgânica, argila siltosa e cascalhos. Os sedimentos aluviais têm espessuras variadas, tendo na base camadas de areias e cascalhos finos.

A distribuição dos sedimentos aluviais na AII e AID ocorre associada às características do canal fluvial, havendo trechos com planícies largas e contínuas e trechos com sedimentação restrita, devido ao predomínio de canais fluviais erosivos. Os sedimentos aluviais geralmente associam-se a presença de Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e Plintossolos Háplicos.

Com base nos atributos do embasamento rochoso e dos sedimentos que ocorrem na área de estudo foi feita uma caracterização dos possíveis problemas e fragilidades associadas a esses materiais, bem como estabelecidas diretrizes e orientações gerais de manejo, a fim de minimizar os impactos e degradações ambientais, quando da interferência sobre os diferentes terrenos (**Tabela 3.6.3.2.c**).

Tabela 3.6.3.2.c

Atributos, solos associados, características geotécnicas e medidas preventivas para a ocupação de áreas constituídas por tipos de rocha que ocorrem na Área de Estudo

TIPOS DE MATERIAIS	PROBLEMAS ESPERADOS	RECOMENDAÇÕES
<p>Sedimentos aluviais</p> <p>Areia fina, areia argilosa e argila siltosa, matéria orgânica e ocasionalmente cascalhos em planícies de inundação e baixo terraços.</p>	<p>Enchentes sazonais</p> <p>Presença de áreas alagadiças, freático elevado e solos moles,</p> <p>Erosão lateral e vertical do canal e das margens,</p> <p>Estabilidade precária das paredes de escavação;</p> <p>Recalque de fundações;</p> <p>Danificação das redes subterrâneas por recalque;</p> <p>Danificação do subleito das vias devido à saturação do solo;</p> <p>Risco de contaminação do lençol freático</p>	<p>- Evitar a ocupação, proteger e recuperar as planícies de inundação, os fundos de vale e as matas ciliares e implantar projetos que evitem a ocupação por residências, indústrias e sistema viário e evitem a degradação dos recursos hídricos.</p> <p>Promover a estabilidade e proteção contra a erosão das margens dos cursos d'água.</p> <p>-Adotar medidas que acelerem a estabilização dos recalques e melhorem as condições de suporte e resistência do solo nos projetos de aterros.</p> <p>-Adotar medidas adequadas para minimizar os recalques e evitar a danificação de tubulações.</p> <p>-Implantar sistemas de drenagem superficial e subterrânea eficientes, de modo a evitar a saturação do subleito viário.</p>

TIPOS DE MATERIAIS	PROBLEMAS ESPERADOS	RECOMENDAÇÕES
<p>Depositos Detrito Lateríticos</p> <p>Constituídos na base por areias inconsolidadas, argilas, concreções ferruginosas e eventuais lentes conglomeráticas; na zona média, apresentam espessos lateritos ferruginosos; e na zona superior, tem solo argilo-arenoso e concreções ferruginosas. De modo subordinado ocorrem sedimentos argilo-arenosos com blocos e nódulos de concreções lateríticas e níveis de seixos de quartzo, que recobrem o horizonte de argila mosqueado.</p>	<p>Problemas de trafegabilidade causados pela elevada plasticidade e baixa aderência dos solos argilosos.</p> <p>Dificuldade para a abertura de cavas, fundações e canais devido a presença de horizontes espessos de laterita.</p> <p>Processos erosivos em áreas de solo exposto (jazidas), devido ao uso da laterita como material para agregado de pavimentação.</p>	<p>-Utilizar revestimento granular para melhorar as condições de aderência.</p> <p>- Os solos argilosos podem ser usados como núcleo de aterro.</p> <p>-Retaludamento, restauração da cobertura de solo e de vegetação nas áreas de solo exposto das jazidas de laterita (agregado).</p>
<p>Arenitos e conglomerados</p> <p>Rochas sedimentares com porcentagem maior que 80% de areia e quartzo, que podem ocorrer intercalados com outras rochas porém subordinadas.</p> <p>O solo de alteração pode ser arenoso, areno-siltoso e areno-argiloso conforme a composição ou rocha associada.</p>	<p>-Podem apresentar instabilidade com quedas de blocos e rupturas clássicas devido ao diaclasamento ou o acamamento desfavorável e a presença de planos de percolação.</p> <p>- Recalque diferencial devido à baixa densidade do solo de alteração;</p> <p>- Ocorrência de processo de <i>piping</i> que pode provocar erosão remontante;</p> <p>- Os Solos de alteração francamente arenosos são muito sensíveis a erosão laminar e em sulcos.</p>	<p>- Drenar os locais com surgência d'água;</p> <p>- Em subleito de vias usar revestimento com argila para melhorar a capacidade de suporte e a resistência a erosão. Nas rampas, utilizar revestimento granular para melhorar a aderência;</p> <p>- Adotar cuidados especiais de drenagem (coleta, condução lançamento e dissipação de águas pluviais) e proteção superficial nas obras de terra,</p>
<p>Siltitos, folhelhos e argilitos</p> <p>São rochas sedimentares finas constituídas por silte e argila associados a areias finas a muito finas.</p> <p>O solo superficial pode ser silto-argiloso, silto-arenoso, argiloso siltoso, argiloso ou muito argiloso dependendo da associação granulométrica da rocha.</p>	<p>- Expansão e contração dos solos;</p> <p>- Desagregação superficial intensa, favorece os processos de erosão superficial e em sulcos;</p> <p>- Queda de blocos associada ao fraturamento e ao descalçamento devido à desagregação;</p> <p>- Rupturas clássicas em taludes de corte</p> <p>- Baixa aderência dos solos superficiais argilosos.</p>	<p>- Proteção de taludes, logo após a escavação para evitar a desagregação; priorizando-se proteção com emulsão asfáltica ou concreto projetado;</p> <p>- Evita o uso desses materiais como materiais de empréstimo;</p>
<p>Gnaisses e Granitóides</p> <p>São rochas de origem ígnea e metamórfica constituídas essencialmente de quartzo, feldspato e mica, podendo apresentar granulometria fina a grossa, e ainda bandas com xistosidade bem desenvolvida.</p> <p>O solo de alteração é areno-siltoso a argilo-siltoso por vezes micáceos e rico em grânulos de quartzo e feldspato, sendo comum à presença de matacões imersos. O solo superficial é argiloso e argilo arenoso também com grânulos de quartzo.</p>	<p>- Erosão em sulcos nos cortes e aterros, sendo mais intensa nos cortes devido a constituição do solo de alteração,</p> <p>- Escorregamento em taludes de corte na transição solo/rocha, comumente associado a surgências de água;</p> <p>- Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta;</p> <p>- Dificuldade de escavação, cravação de estacas e de terraplanagem devido à presença de matacões;</p> <p>- Possibilidade de recalques diferenciais de fundações de estruturas devidos implantação sobre matacões.</p>	<p>- Avaliar a possibilidade de ocorrência de matacões e a irregularidade do topo rochoso, para a implantação de obras civis;</p> <p>- Implantar redes pública e sistema viário conjuntamente em função da presença de matacões;</p> <p>- Utilizar o solo superficial para o acabamento de obras de terra e revestimento de vias;</p> <p>- Proteger os taludes de corte e as áreas de solo exposto, logo após a sua exposição, bem como implementar sistema de drenagem e cobertura vegetal.</p>

Fonte: Compilado de Campos (1988), SHDU/ CSTDE/ EMLASA/ IPT (1990) e Nakazawa (1994)

3.6.3.3 Cavidades

Embora muitas das cavernas estejam descritas nos documentos pesquisados ELETRONORTE/CNEC (1987) e ELETRONORTE/ELETROBRAS (2001), deve-se considerar que existem diferentes denominações para algumas feições, pois muitas delas aparecem em apenas em um dos documentos consultados. A **Tabela 3.6.3.3.a** relaciona e localiza algumas dessas feições, observadas nas imediações de Volta Grande, cuja distribuição está apresentada na **Figura 3.6.3.3.a - Mapa de Cavidades da AII (Folhas 1 e 2)**.

As rochas arenosas e os conglomeráticas que ocorrem associados às unidades paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Amazonas, descritas na **Seção 3.6.3.2** sustentam escarpas dissecadas com solos rasos e afloramentos rochosos e de modo localizado cavernas e abrigos de origem pseudocarstica (Formação Maecuru).

A cavidade mais próxima à LT Tucuruí – Xingu – Jurupari encontra-se a 2,6 km, Caverna de Kararaô (Mapa 3.6.3.3.a). A lista completa de cavernas e abrigos da Formação Maecuru são apresentados na **Tabela 3.6.3.3.a**, a seguir.

Tabela 3.6.3.3.a
Cavernas e abrigos em arenitos da Formação Maecuru, identificados na imediação de Volta Grande

CAVERNA / ABRIGO	EXTENSÃO (m)	COTA (m)	COORDENADAS	
Caverna Planaltina (frag)	1500	178	0325022	9626537
Caverna Limoeiro	1200	142	0300447	9611563
Caverna Pedra da Cachoeira (frag)	520	158	0352082	9632873
Caverna do Kararaô (frag) (R)	310	131	0409107	9652843
Caverna Leonardo da Vinci	176	90	0380506	9651519
Caverna M'baepuá	70	230	0300508	9611658
Abrigo do Sismografo	14	160	0363895	9636466
Caverna Sétimo Dia	87	---	0325022	9626599
Caverna Preus	30	---		
Caverna do Arrependido	58	---		
Caverna Urubuquara	62	---		
Caverna Bate – Loca	74	---		
Caverna Tic - Tac	30	100 e 150		
Abrigo Aturiá	1,5	50 / 100	51°46'36"	03°10'20"
Abrigo Tatu	20	200 / 250	52°13'36"	03°17'16"
Abrigo do Beja	7	100 / 150	52°23'52"	03°18'37"
Gruta Cama da Vara (frag)	15	195	52°14'14"	03°17'43"
Loca Ultrajano	12	---	---	---
Caverna Assurini	---	---	0367967	9640534
Caverna do Itamar	---	---	0367250	9598405
Caverna Sugiro	---	---	0362770	9635292
Abrigo Pedra do Navio	---	---	0363516	9636855
Caverna Belo Horizonte	---	180	52°42'20"	03°28'02"
Abrigo Ibitinga	---	220	52°36'21"	03°26'28"
Abrigo Paratizão	15	130 / 140	52°02'10"	03°15'00"
Gruta do Jôa	---	150	52°56'45"	03°12'16"

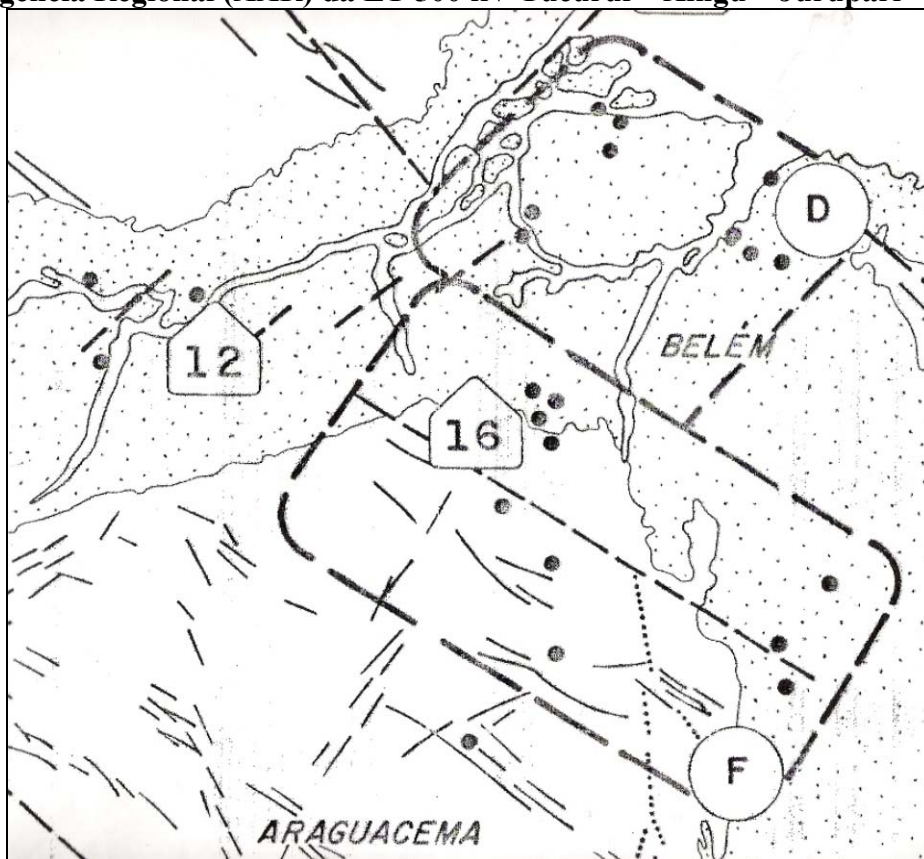
Fonte: Elaborado com base nos dados da ELETRONORTE/CNEC (1987) e ELETRONORTE/ELETROBRAS (2001). OBS: (frag) - fragmentos de interesse arqueológico; (R) Interferência com o Reservatório.

3.6.3.4
Sismicidade

AAR

A Área de Abrangência Regional (AAR) da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari, segundo Mioto (1993), ocupa as zonas sismogênicas de Itacaiunas e Belém, as quais apresentam atividade sísmica significativa, porém de baixa magnitude. Na **Figura 3.6.3.4.a** são mostradas as zonas sismogênicas que ocupam parte da AAR da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari.

Figura 3.6.3.4.a
Zonas sismogênicas de Itacaiunas (F) e Belém (D), que ocupam parte da Área de Abrangência Regional (AAR) da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari



Fonte: Compilado de Mioto (1993)

A Zona Sismogênica de Itacaiunas se caracteriza pela presença de grandes estruturas de direção NW onde se destacam: os lineamentos Bacajá e Carajás, e a Sutura Central do Pará, que condiciona o segmento sul da Volta Grande do Rio Xingu. Essa zona sismogênica é interceptada em boa parte do traçado da linha de transmissão.

Embora essa zona sismogênica apresente baixa atividade sísmica natural, na área do reservatório de Tucuruí foram observadas duas fases de atividade sísmica induzida. A primeira no período de 1985 a 1989, como resposta ao enchimento do reservatório com eventos maiores apresentando magnitude entre 2,8 m_D e 3,4 m_D . A segunda fase ocorreu no período de 1994 a 1999 quando o evento de maior magnitude atingiu 3,6 m_R , (BARROS, 2001).

A Zona Sismogênica de Belém associa-se a bacia sedimentar do Marajó, sendo delimitada a sul pela Falha de Tucuruí e a norte pela sutura Gurupi, ambas de direção NW. Os sismos que ocorrem nessa zona apresentam baixa magnitude, embora se tenha registro de evento com magnitude significativa na Ilha do Marajó, com valor de 4,8 m_b .

3.6.3.5 Geomorfologia

AAR

Área de Abrangência Regional (AAR) da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari está inserida no Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Florestadas Equatoriais (AB’SABER, 1973).

O Domínio Morfoclimático das Terras Baixas Florestadas Equatoriais é caracterizado pela presença de morros mamelonares, com relevos residuais representados por pães de açúcar (*inselbergs*) e níveis de pedimentos embutidos, nas áreas cristalinas; e pela presença de planícies de inundações labirínticas e meândricas associadas a tabuleiros extensos com vertentes semi-mamelonizadas nas áreas sedimentares. Ocorrem ainda terraços com cascalho, lateritas, rios negros e drenagens perenes (AB’SABER, 1973).

Nesse domínio predominam processos de intemperismo químico, bioquímico e processos de infiltração, sendo a erosão laminar e em sulcos reduzidas devido ao papel protetor da Floresta Ombrofila Densa e Aberta. Com a redução do escoamento pluvial devido à ação da floresta, que favorece a infiltração e a dissolução, nos espessos mantos de intemperismo, a carga fluvial dos rios é constituída em sua maior parte por colóides e húmus. O predomínio de elementos solúveis e em suspensão dá aos rios um fraco poder abrasivo, o que favorece a manutenção das soleiras lito-estruturais, que sustentam níveis de base locais e a deposição em planícies aluviais (MOREIRA, 1975).

Na AAR são reconhecidas doze unidades de relevo, que foram diferenciadas com base no Mapa Geomorfológico do Brasil (IBGE, 1993) (**Figura 3.6.3.5.a**).

Na porção central da AAR e com interferência com a AII e AID do empreendimento tem-se as seguintes unidades de relevo: Depressão da Amazônia Meridional, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, Planalto Marginal do Amazonas, Depressão do Amazonas e Planície Fluvial do Amazonas.

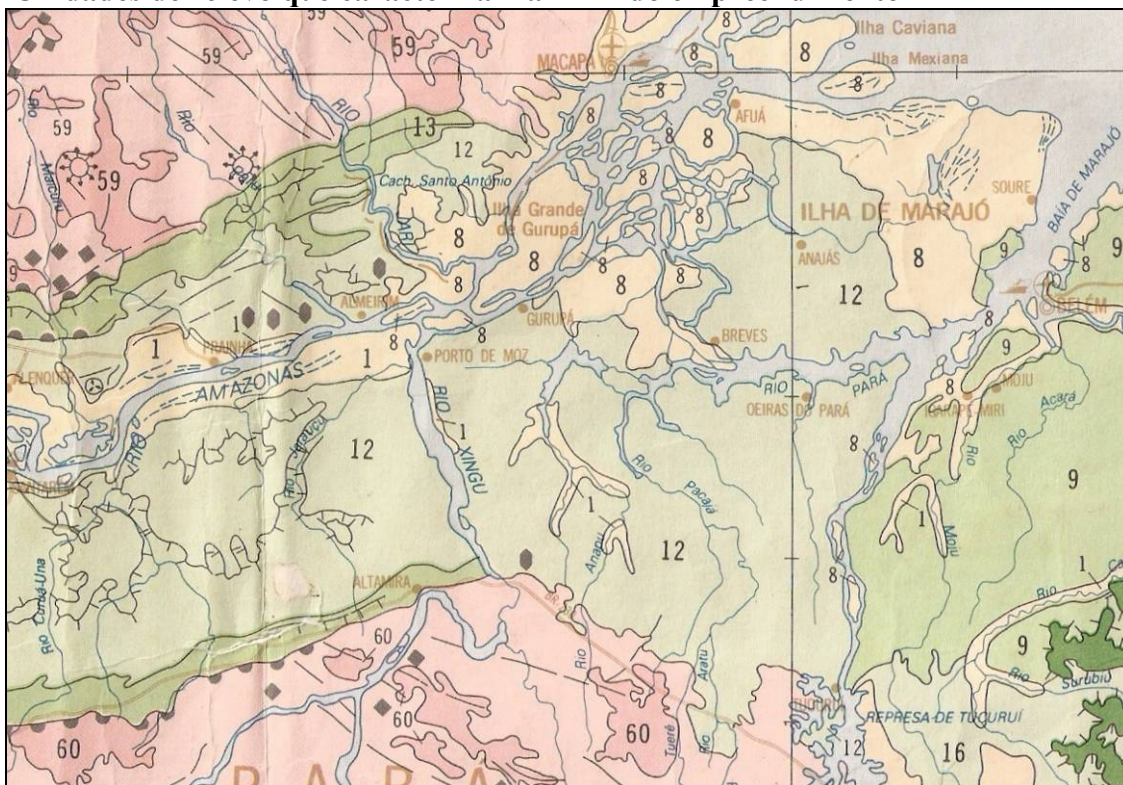
As demais unidades de relevo identificadas na AAR são: Depressão da Amazônia Setentrional, Planalto Residual do Norte da Amazônia, Depressão do Médio Tocantins-Araguaia, Depressão Goiano Paraense, Chapadas do Meio Norte, Tabuleiros Paraenses e Planície Fluvio-marinha do Amazonas, que não apresentam interferência com o empreendimento.

A Depressão da Amazônia Meridional (IBGE, 1993) é uma unidade de relevo de grande extensão, que se estende do paralelo 10° S até o paralelo 3° S, na região de Volta Grande do Rio Xingu.

Essa unidade de relevo, que abriga parte da AII e AID do empreendimento, constitui uma extensa superfície de aplanamento que a sul apresenta altitudes de entre 380 a 430 m, e cai para norte atingindo altitudes de 150 a 200 m no contato com o Planalto Marginal do Amazonas.

Associado a essa unidade ocorre extensos relevos residuais que formam o Planalto Residual do Amazonas, sendo ambos sustentados por rochas do embasamento cristalino que constituem o Craton Amazônico.

Figura 3.6.3.5.a
Unidades de relevo que caracterizam a AAR do empreendimento



Fonte: Compilado do Mapa de Unidades de Relevo do Brasil, na escala 1: 5.000.000 (IBGE, 1993).

OBS: Planície Fluvial do Amazonas (1); Planície Fluvio-marinha do Amazonas (8); Tabuleiros Paraenses (9); Depressão do Amazonas (12); Planalto Marginal do Amazonas (13); Depressão do Médio Tocantins-Araguaia (16); Chapadas do Meio Norte (18); Depressão Goiano Paraense (37); Planalto Residual do Norte da Amazônia (59); Planaltos Residuais do Sul da Amazônia (60); Depressão da Amazônia Setentrional (61); Depressão da Amazônia Meridional (62).

O Planalto Residual do Amazonas (IBGE, 1993) é uma unidade de relevo que juntamente com a Depressão da Amazônia Meridional abriga trechos da AII e AID do empreendimento.

Essa unidade é constituída por relevos residuais de diferentes dimensões, com altitudes variáveis de 500 a 750m, e por amplitudes de 80 a 300m em relação aos terrenos adjacentes.

A Unidade de relevo Planalto Marginal do Amazonas (IBGE,1993) compreende uma faixa alongada de direção ENE, com altitudes de 250 a 300 m, caracterizada pela presença de relevos dissecados em colinas, com vales erosivos, que se associam a feições cuestasiformes sustentadas por rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Amazonas.

Essa unidade que deverá ser interceptada pelo empreendimento, apresenta feições pseudocarsticas de cavernas e abrigos desenvolvidos nas encostas mais inclinadas nos arenitos da Formação Maecuru, e que constituem a Província Espeleológica Altamira-Intaituba, onde já foram descritas pelo menos 27 feições, muitas das quais na Serra de Urubuquara.

A Unidade de relevo Depressão do Amazonas (IBGE, 1993), ocupa a maior parte da AAR, apresenta altitudes de 50 a 200 m, e é caracterizada por relevos aplanados, que quando dissecados ao longo das drenagens dão origem a relevos de colinas pequenas, morrotes e escarpas de baixa amplitude.

Essa unidade de relevo, que constitui extenso trecho da AII e AID do empreendimento, abriga o baixo curso dos rios Tocantins e Xingu, e é constituída em sua quase totalidade por sedimentos Formação Alter do Chão e lateritas maduras do Terciário inferior.

A unidade de relevo Planície fluvial do Amazonas (IBGE, 1993) caracteriza um relevo de acumulação formado pela deposição de sedimentos aluviais dos rios Amazonas, Xingu e Tocantins. Nessa unidade em função do grau de alagamento e período de inundação diferenciam-se tipos de planície e de feições fluviais tais como: ilhas, paranás, furos, lagos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo *slikke* e *schorre*, praias, canais anastomosados, meandros abandonados e igapós. Essa unidade deverá ser interceptada pela AII e AID do empreendimento.

A Depressão da Amazônia Setentrional do mesmo modo que sua congênere a sul caracteriza uma ampla superfície de aplanamento sobre a qual se desenvolvem relevos colinosos e colinosos dissecados, com altitudes de 80 a 330 m, sustentados por rochas arqueanas e proterozóicas do Craton do Amazonas.

O Planalto Residual do Norte da Amazonia, no trecho da AAR, é constituído quase que essencialmente por sienogranitos e monzogranitos proterozóicos, que sustentam relevos de morros, escarpas, morrotes e chapadões, que constituem remanescentes de superfícies de aplanamento preservadas em altitudes de 300 a 500 m.

A Depressão Goiano Paraense e a Depressão do Médio Tocantins Araguaia têm ocorrência restrita na AAR, não tendo nenhuma interferência com empreendimento. Essas unidades de relevo constituem extensa superfície de aplanamento caracterizada pela presença de relevos aplanados e dissecados em colinas, que são sustentados por rochas sedimentares mesozóicas da Bacia do Parnaíba (Formação Itapecuru).

A unidade de relevo Chapada do Meio Norte tem ocorrência também bastante restrita na AAR e se caracteriza pela presença de relevos residuais tabulares sustentados por arenitos mesozóicos e coberturas detrito lateríticas.

Os Tabuleiros Paraenses representam uma extensa superfície de aplanamento sustentada por sedimentos terciários da Bacia Sedimentar do Marajó (Grupo Barreiras e Formação Ipeuna).

A unidade de relevo Planície Fluvio-marinha do Amazonas constitui a ampla área de sedimentação da foz do Rio Amazonas e Tocantins, sendo caracterizada por relevos de acumulação que formam planícies fluvio-marinhas colmatadas e sujeitas a inundações pluviais. Essa unidade de relevo se associa a Bacia Sedimentar do Marajó.

AII

Os estudos geomorfológicos realizados na AII do empreendimento tiveram por objetivo caracterizar os tipos relevos, quanto à morfografia, morfometria, condicionantes litoestruturais, cobertura detritica e dinâmica superficial.

Os estudos foram realizados com base na compilação e análise de dados bibliográficos e cartográficos, interpretação de imagens de sensores remotos, e trabalhos campo que permitiram elaborar mapa geomorfológico para área de estudo e reinterpretar os dados existentes.

Os estudos geomorfológicos foram realizados tendo-se como referência os critérios descritos por Ponçano *et al* (1981) e Pires Neto (1992). Esses estudos visaram uma aproximação progressiva na caracterização dos atributos do relevo e da rede hidrográfica, sendo utilizados mapas geomorfológicos, geológicos e pedológicos, nas escalas 1:5.000.000 e 1:1.000.000 que estão relacionados na **Tabela 3.6.3.5.a**.

Para interpretação do relevo e elaboração do mapa geomorfológico foi utilizado o Modelo Digital de Terreno Sombreado (NASA –SRTM), com base no qual se elaborou base cartográfica com curvas espaçadas de 30 m, e imagens de satélite nas escalas 1:250.000 e 1:100.000.

Tabela 3.6.3.5.a**Mapas utilizados na caracterização e na avaliação dos atributos e fragilidades dos relevos da AII**

TIPO DE MAPA	ESCALA	REFERÊNCIA
Geomorfológico do Brasil	1: 5.000.000	IBGE (1993 e 2006)
Zonas Sismogênicas	1: 5.000.000	MIOTO (1993)
Estruturas Neotectônicas da Região Amazônica	Diversas	COSTA (1996)
Solos do Brasil	1: 5.000.000	IBGE/EMBRAPA (2001)
Geológico do Brasil	1: 2.500.000	DNPM (1995)
Geomorfológico e Exploratório de Solos da folha de: Belém	1: 1.000.000	RADAMBRASIL (1974)
Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (SIG) – Folha Belem	1: 1.000.000	CPRM (2004)

Unidades de Relevô

O Mapa de Unidades de Relevô (IBGE, 1993) delimita no trecho estudado da AII e AID do empreendimento as seguintes unidades de relevô: Depressão da Amazônia Meridional, Planaltos Residuais do Sul da Amazônia, Planalto Marginal do Amazonas, Depressão do Amazonas e Planície Fluvial do Amazonas.

Depressão da Amazônia Meridional

A Depressão da Amazônia Meridional (IBGE, 1993) é uma unidade de relevô de grande extensão, que constitui uma superfície de aplanamento, com altitudes de 280 a 400 m, a sul, e caimento para norte, apresentando altitudes de 200 a 130 m, no contato com o Planalto Marginal do Amazonas e com a Depressão do Amazonas. Associado a essa unidade ocorre relevos residuais que formam o Planalto Residual do Amazonas.

Na Depressão da Amazônia Meridional foram mapeados pelo RADAMBRASIL (1974a) relevos com diferentes graus de dissecação, ocorrendo nas áreas menos dissecadas o predomínio das unidades de mapeamento: colinas com vales pouco aprofundados (dcta), colinas com topo aplanado e inselbergs (dctai), formas tabulares com dissecação incipiente (ditr), que com base na abordagem de mapeamento realizado foram descritos como Colinas médias e pequenas.

Nas áreas mais dissecadas as unidades de mapeamento diferenciadas foram: colinas com vales encaixados e ravinas (dcrv); colinas, cristas e ravinas (dckr); e ainda dissecados em ravinas com vales encaixados (drv), que foram mapeadas como Morrotes e Morros.

Esses relevos são sustentados de modo geral por granulitos e charnoquitos, (Complexo Cajazeira); granitos, gnaisses e migmatitos (Complexo Xingu); granitoides e charnoquitos (suíte plutônica tardi e pós colisionais João Jorge), que constituem o Domínio Bacajá do Craton do Amazonas.

Planalto Residual do Sul da Amazônia

O Planalto Residual do Sul da Amazônia (IBGE, 1993) é uma unidade de relevo que ocorre na AII e AID. Essa unidade é constituída por relevos residuais com altitudes variáveis de 180 a 270 m, e por amplitudes de 40 a 120m em relação aos terrenos adjacentes.

Esses relevos residuais foram mapeados pelo RADAMBRASIL (1974a) como: relevos dissecados em cristas e vales encaixados (dk); colinas com vales encaixados (dcv) e *inselbergs* (Egi) que foram classificados nesse estudo como Morros.

Por se tratar de relevos residuais nesse compartimento predominam nascentes de rios e canais de baixa hierarquia, que se caracterizam por canais erosivos em rocha, por um escoamento torrencial, e pela presença de rápidos, cachoeiras.

Essa unidade do mesmo modo que a Depressão da Amazônia Meridional é constituída por rochas ígneas e metamórficas do Domínio Bacajá do Craton do Amazonas.

Planalto Marginal do Amazonas

A Unidade de relevo Planalto Marginal do Amazonas (IBGE, 1993) compreende uma faixa alongada de direção ENE, com altitudes de 80 a 300 m, que limita o médio e o baixo curso do Rio Xingu, e abriga a jusante da Volta Grande o trecho inicial da *ria* que constitui o trecho inferior do Rio Xingu.

Na AII e na AID, foram diferenciados pelo RADAMBRASIL (1974) os relevos de colinas com vales encaixados (dcv); colinas com vales encaixados e ravinas (dcvr), e dissecados em ravinas e vales encaixados (drv), que foram mapeadas como Morrotes e Morros, e como Colinas pequenas e Morrotes. Ocorre ainda nessa unidade relevos com dissecação incipiente com ravinas (dr) classificado como Colinas pequenas e médias.

Essa unidade de relevo é constituída predominantemente por rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, ocorrendo de modo localizado associação granito-gnaissico - migmatítica arqueana / paleoproterozóica do Complexo Xingu.

Depressão do Amazonas

A Unidade de relevo Depressão do Amazonas (IBGE, 1993), que ocorre na AII e na AID, apresenta altitudes de 200 m a sul, no contato com o Planalto Marginal do Amazonas caindo para norte onde apresenta altitudes de 40 m no contato com a Planície Fluvial do Amazonas.

Essa unidade, que constitui remanescente de Superfície de Aplanamento erosiva-acumulativa, abriga a bacia do Rio Jarauçu, afluente da margem esquerda do baixo curso do Rio Xingu, que constitui uma *ria* com cerca de 120 quilômetros de extensão e larguras de 5 a 14 quilômetros. A *ria* é limitada por encostas íngremes e com escarpas

de baixa amplitude, mapeadas como Escarpas, que formam margens assimétricas mais elevadas na margem esquerda e mais baixas na margem direita.

Nessa unidade foram diferenciados pelo RADAMBRASIL (1974a) os relevos: superfície tabular de aplanamento em rochas sedimentares (Estb); Superfície pediplanada em rochas sedimentares (Esp) e interflúvios tabulares (dit), que foram mapeados nesse estudo como Rampas, que se associam a relevos de topo aplanado e Rampas e Colinas amplas onde se associam relevos com dissecação incipiente em topos convexos de baixa amplitude e relevos de topos planos. Ocorre ainda ao longo das drenagens maiores, relevo dissecado em ravinas com vales encaixados (drv), mapeados como Colinas pequenas e médias.

Planície Fluvial do Amazonas

A unidade de relevo Planície fluvial do Amazonas (IBGE, 1993) na AII e AID é caracteriza um relevo de acumulação formado pela deposição de sedimentos aluviais do Rio Amazonas e pela foz do Rio Xingu, onde predominam canais aluviais canais anastomosados e meândricos.

O RADAMBRASIL (1974a) diferenciou cinco tipos de relevo de acumulação denominados de: Planícies fluviais (Apf), Terraços fluviais (Atf), Planícies fluviais inundáveis periodicamente (Apfi); Planícies fluviais alagadas permanentemente (Apfa) e Planícies fluviais colmatadas (Apfc).

Em função do grau de alagamento e período de inundação foram diferenciados no mapeamento geomorfológico feito para a AII e AID cinco (5) tipos de relevo de acumulação fluvial: Terraço, Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação e Planície de inundação com ação de maré.

Tipos de Relevo

Com base no sistema de mapeamento adotado foram diferenciados na AII e AID da Linha de Transmissão Tucuruí – Jurupari treze (13) tipos de relevos sendo descritos: Escarpas, Morros, Morros amplos, Morrotes e Morros, Colinas pequenas e Morrotes, Colinas pequenas e médias, Rampas e Colinas amplas, Rampas, Terraço, Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação e Planície de inundação com ação de maré (**Figura 3.6.3.5.b**).

Escarpas

As Escarpas, descritas na **Tabela 3.6.3.5.b**, são relevos que formam degraus topográficos, que caracterizam o contato entre superfícies de relevo de diferentes idades, que se originou possivelmente devido a processos tectônicos, evoluindo por recuo erosivo à medida que se desenvolve a superfície mais baixa e mais nova.

Essa situação é observada na Serra do Trucará, onde as Escarpas são sustentadas por charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras) e apresentam inclinação suave e com baixa atividade morfo genética.

Nas margens da ria do Rio Xingu e na margem esquerda do Rio Amazonas, as Escarpas são sustentada por quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito da Formação Alter do Chão. As Escarpas nessas áreas apresentam amplitudes de 30 a 90 m, encostas íngremes e subverticais estão ativas evoluindo por escorregamentos freqüentes de media intensidade, que podem em alguns locais estar associado a solapamento de margens no período de enchente.

Morros

O relevo de Morros descrito na **Tabela 3.6.3.5.b** apresenta amplitudes de 150 a 270 m, e constituem relevos residuais sustentados por monzogranito e sienogranito (Granito João Jorge) e associados ao Planalto Residual do Sul da Amazônia. Na área de estudo esses relevos tem ocorrência restrita.

Morros Amplos

Esse relevo, descrito na **Tabela 3.6.3.5.b**, embora tenha amplitude de morro apresenta encostas suaves com vales erosivos abertos, sendo sustentado por: charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras). Esse relevo faz parte da Depressão da Amazônia Meridional e tem ocorrência restrita na área de estudo.

Morrotos e Morros

Esse relevo é constituído por morrotos com amplitudes de 30 a 50 m e morros com amplitudes de 100 a 130 m, que ocorrem formando grandes conjuntos que caracterizam a região entre Anapu e Tucuruí, e entre Belo Monte e Vitória do Xingu, ou ocorrem de modo isolado constituindo relevos residuais.

Os Morrotos e Morros apresentam topos estreitos, convexos e rochosos, com vales encaixados a muito encaixados e encostas com alta inclinação. As principais características deste relevo são apresentadas na **Tabela 3.6.3.5.b**.

Esses relevos são sustentados por monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, no embasamento cristalino e ainda por arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos paleozóicos da Bacia do Amazonas.

Tabela 3.6.3.5.b
Características dos tipos de relevo que ocorrem na AII

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Escarpas (E) Amplitude: 30 a 120 m Comp. de rampa 200 a 1000 m Inclinação: 10 a 33% Altitudes: 80 a 150 m</p>	<p>Formas assimétricas e alongadas. Perfis de vertentes descontínuos com segmentos retilíneos íngremes, e subverticais nos setores ativos, com afloramentos rochosos e/ou convexos menos inclinados com campos de matacões. Presença de corpos de tálus. Vales erosivos encaixados, com canais em rocha. Densidade de drenagem muito baixa. Sustentado por: quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito (Formação Alter do Chão) e charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras); e de modo suborfinado por arenitos finos e médios e arenitos conglomeráticos (Formação Maecuru).</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos e rastejo freqüente de média a baixa intensidade.</p>
<p>Morros (M) Amplitude: 150 a 270 m Comp. de rampa 600 a 1800 m Inclinação: 10 a 30% Altitude: 200 a 350m</p>	<p>Formas residuais de topos convexos e rochosos. Vertente de perfil contínuo, retilíneo, íngreme e rochoso, e/ou descontínuo com segmentos convexos e corpos de tálus. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem baixa a média. Sustentado por: monzogranito, sienogranito (Granito João Jorge); gnaiss tonalítico e granodiorítico, granitóide indiferenciado (Complexo Xingu).</p>	<p>Entalhe de drenagem, movimentos de massa do tipo: escorregamento planar e queda de blocos são ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Nos arenitos os processos erosivos e de assoreamento de canais são freqüentes e de alta intensidade, e as Escarpas estão ativas.</p>
<p>Morros amplos (Ma) Amplitude: 90 a 120 m Comp. de rampa 600 a 1200 m Inclinação: 8 a 15% Altitude: 100 a 150m</p>	<p>Morros de topos convexos, vertentes de perfil descontínuo convexo e/ou retilíneo, de inclinação suave. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média. Sustentados por charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras)</p>	<p>Terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas.</p> <p>Nos arenitos são terrenos muito sensível devido à inclinação das encostas e a erodibilidade do solo e da rocha alterada.</p>
<p>Morrotos e Morros (MTM) Amplitude: 40 a 120 m Comp. de rampa 500 a 900 m Inclinação: 8 a 25% Altitude: 80 a 150m</p>	<p>Associam-se morrotos e morros de topos estreitos, convexos e rochosos. Vertente de perfil contínuo, retilíneo, íngreme e rochoso, ou descontínuo com segmentos convexos com corpos de tálus. Vales erosivos encaixados. Densidade de drenagem média. São sustentados por: Monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, metabásicas, diabásios e ainda arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos.</p>	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

Colinas Pequenas e Morrotos

Esse relevo, descrito na **Tabela 3.6.3.5.c**, com amplitudes de 30 a 90 m, apresenta topos estreitos convexos por vezes rochosos, perfil de encosta contínuo, com segmentos retilíneos, campos de matacões e vales erosivos e estreitos, com canais em rocha.

Esse relevo sustentado por rochas da Formação Alter do Chão, tem seu desenvolvimento relacionado à dissecação fluvial da superfície de erosão e agradação, que constitui a Depressão do Amazonas. Na cabeceira do Rio Acaraí, a intensidade dos processos de erosão fluvial acabou por isolar muitos relevos residuais com remanescentes da Superfície de aplanamento preservados nos topos.

Colinas Pequenas e Médias

O relevo de Colinas pequenas e médias, descrito na **Tabela 3.6.3.5.c**, são formas de topos convexos estreitos ou largos, com vales erosivos abertos e talwegues entalhados, com amplitudes de 20 a 60 m e encostas retilíneas com inclinação de 2,5 a 10%, que se desenvolvem sobre os diferentes tipos de rocha que ocorrem na área de estudo.

No embasamento cristalino esse relevo caracteriza a maior parte da Depressão da Amazônia Meridional, onde muitas vezes constitui pedimentos dissecados com campos de matacões, que se desenvolvem ao longo dos rios principais no sopé dos Morrotes e Morros.

Na área de sedimentos da Formação Alter do Chão, esse relevo desenvolve-se ao longo dos vales fluviais principais como o rios Acaraí e Juruáçu, associado à fase de dissecação da Superfície de Aplanamento erosiva - acumulativa que caracteriza a Depressão do Amazonas.

Rampas e Colinas Amplas

As Rampas e Colinas amplas, descritas na **Tabela 3.6.3.5.c**, é um relevo de baixa amplitude e pouco dissecado que tem formas com encostas de baixa inclinação e com topos convexos nas colinas, e topos subhorizontais nas rampas. Esse relevo é resultante do desmantelamento da Superfície de Aplanamento erosiva-acumulativa que caracteriza a Depressão do Amazonas.

As Rampas e Colinas se desenvolvem sobre quartzo-arenitos, arenitos argilosos, argilitos, quartzo-grauvacas e brechas intraformacionais, da Formação Alter do Chão, que condicionam a ocorrência de processos de erosão laminar e em sulcos, boçorocas e escorregamentos frequentes e de alta intensidade. Esses terrenos são sensíveis à interferência devido aos processos erosivos e localmente devido à inclinação de suas encostas.

Rampas

As Rampas, descritas no Quadro 6, é um relevos planos de topos subhorizontais amplos, que constituem remanescente da Superfície de Aplanamento erosiva-acumulativa que caracteriza a Depressão do Amazonas e é sustentado por sedimentos detrítico-lateríticos (lateritas maduras), que se desenvolveram sobre sedimentos da Formação Alter do Chão.

Esse relevo apresenta baixa amplitude tem encostas com inclinação muito baixa, que se reflete no predomínio de vales abertos e erosivos com talvegues superficiais e canais em rocha, e pela ocorrência de processos erosivos do tipo erosão laminar, erosão em sulcos ocasionais e de baixa intensidade dinâmica. Essas características tornam esses relevos pouco susceptíveis à ocupação antrópica.

Tabela 3.6.3.5.c

Características dos relevos e Colinas pequenas e Morrotes Colinas pequenas e médias, Rampas e Colinas amplas e de Rampas, que ocorrem na AII

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Colinas pequenas e Morrotes (CpMT)</p> <p>Amplitude: 30 a 90 m Comp. de rampa 400 a 800 m Inclinação: 3 % a 18 % Altitudes: 60 a 100 m</p>	<p>Associação de formas dissecadas. Topos estreitos convexos por vezes rochosos. Perfil de encosta contínuo, com segmentos retilíneos, e campos de matações. Vales erosivos e estreitos, com canais em rocha, de primeira e segunda ordem. Densidade de drenagem baixa.</p> <p>Sustentado por: quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito (Formação Alter do Chão)</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos e rastejo localizado de média a baixa intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas.</p>
<p><i>Colinas pequenas e médias</i> (Cpm)</p> <p>Amplitude 20 a 60 m Comp. de rampa 300 a 800 m Inclinação: 2,5 a 10% Altitude : 50 a 150m</p>	<p>Colinas médias e pequenas de topos convexos largos ou estreitos. Perfis de vertentes contínuos retilíneos. Vales erosivos abertos. Drenagem de baixa a média densidade.</p> <p>São sustentados por: granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, metabásicas, xistos, e ainda por arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos.</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasionais e de baixa a média intensidade.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis à interferência.</p>
<p>Rampas e Colinas amplas (RCa)</p> <p>Amplitude: 20 a 60m Comp. de rampa 1000 a 2000 m Inclinação: < 5% Altitude: 50 a 130m</p>	<p>Colinas de topos convexos largos e Rampas de topo subhorizontal inclinados. Perfis de vertentes contínuos retilíneos e longos. Vales erosivos abertos. Drenagem de média densidade.</p> <p>São sustentados por quartzo-arenitos, arenitos argilosos, argilitos, quartzo-grauvacas e brechas intraformacionais (Formação Alter do Chão) com remanescentes localizados de cobertura detrítico-laterítica.</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos, e boçorocas são ocasionais e de média intensidade.</p> <p>Terrenos sensíveis à interferência devido aos processos erosivos e localmente devido à inclinação de suas encostas.</p>

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p><i>Rampas (R)</i></p> <p>Amplitude 20 a 60 m Comp. de rampa 1000 a 3000 m Inclinação: <5% Altitude 60 a 180m 200 a 250m</p>	<p>Rampas de topos subhorizontais amplos delimitados por encostas íngremes. Vales erosivos abertos e pouco encaixados. Drenagem de baixa densidade.</p> <p>São sustentados por quartzo-arenitos, arenitos argilosos, argilitos, quartzo-grauvacas e brechas intraformacionais (Formação Alter do Chão) com expressivas áreas de cobertura detrito-laterítica; e ainda por charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras).</p>	<p>Erosão laminar e em sulcos ocasional e de baixa intensidade. Terrenos pouco sensíveis à interferência.</p>

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta.*

Terraços

Os terraços ocorrem de modo isolado, na margem esquerda do Rio Tocantins, em Tucuruí. Os terraços, descritos na **Tabela 3.6.3.5.d**, elevam-se de 15 a 20 m acima do nível do canal, ocupando altitudes variáveis de 45 a 50 m, e corresponde a terrenos não mais afetados pelas inundações. A superfície do terraço é plana e extensa, sua borda de modo geral forma degrau abrupto sobre a Planície de inundação.

Os sedimentos fluviais associados aos terraços são constituídos por areia fina a média argilo-siltosa, podendo apresentar intercalações com níveis de cascalho na base.

É importante assinalar que na região de Tucuruí, no interflúvio Tocantins-Xingu e no Rio Xingu a montante da Volta Grande observa-se que tanto os depósitos de planície de inundação como os de terraço geralmente, ocorrem sobre o substrato rochoso, o que evidencia o caráter erosivo dos rios nessa região, onde é comum o afloramento de rocha nos canais fluviais.

Planícies

As planícies, descritas na **Tabela 3.6.3.5.d**, são relevos de acumulação fluvial que na área constituem quatro tipos básicos: Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação e Planície de inundação com ação de maré.

A Planície fluvial corresponde à associação de áreas não mais atingida pelas inundações (terraços baixos) e áreas inundáveis periodicamente, que se desenvolve ao longo dos rios da região. Esse relevo compreende além das formas de deposição aluvial o canal fluvial que pode estar encaixado em aluviões, onde geralmente é mais sinuoso, ou em rocha quando desenvolve rápidos, corredeiras e cachoeiras.

A Planície alagadiça corresponde às porções da planície fluvial do rio Amazonas que mesmo nos períodos de estiagem, se mantém submersa com lamina de água de alguns centímetros, formando brejos, alagadiços e lagos.

A Planície de inundação corresponde às áreas que são alagadas apenas no período das enchentes. Essas planícies são caracterizadas pela presença de: ilhas, paranás, furos, lagos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo *slikke* e *schorre*, praias, canais anastomosados, meandros abandonados e igapós.

A Planície de inundação com ação de maré corresponde terrenos alagados diariamente por influência da maré, nas margens dos canais fluviais desse trecho da planície do Rio Amazonas e na foz do Rio Xingu. Essas planícies fluviais com aspecto de planícies de maré são constituídas por sedimentos muito finos silto argilosos ricos em matéria orgânica, por vezes intercalados por camadas de areias muito finas. Em vários pontos da *Ria* do Xingu e do Rio Amazonas essas planícies são constituídas por areias finas a grossas, seixos e blocos de laterita, que formam praias. No período das enchentes essas planícies têm as suas dimensões ampliadas, devido à subida do nível dos rios, intensificando a deposição de finos sobre as planícies de inundação.

Tabela 3.6.3.5.d
Características dos terraços e dos diferentes tipos de planícies e que ocorrem na AII

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Terraços (T)</p> <p>Inclinação: < 3%</p> <p>Elevados: 15 a 20 m acima do rio</p> <p>Altitudes: 45 a 50 m</p>	<p>Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuos e apresentam bordas abruptas. Baixa densidade de drenagem.</p> <p>Constituídos por areia fina e média pouco argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, apresentando na base cascalho, que podem estar laterizados ou não.</p>	<p>Erosão laminar, em sulcos ocasionais e de baixa intensidade.</p> <p>Terrenos pouco sensíveis a ocupação, que, no entanto precisa ser controlada devido à proximidade dos rios e de APPs.</p>
<p>Planícies fluviais (Pf)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes Variáveis</p>	<p>Terrenos planos formados pela planície de inundação que é alagada no período das enchentes e baixos terraços não mais atingidos pelas cheias, contendo ainda brejos, alagadiços e lagos.</p> <p>Constituição: areias finas, silte e argilos, dispostos em camadas plano paralelas, e com cascalhos na base, formados por seixos pequenos de quartzo, sub-arredondado.</p>	<p>Inundações periódicas e permanentes nas planícies e nos alagadiços, deposição de finos e matéria orgânica por decantação durante as cheias.</p> <p>Solapamento e escorregamentos são freqüentes e de baixa intensidade nas margens da planície e dos baixos terraços. No período de estiagem as margens da planície são estáveis.</p>
<p>Planície alagadiça (Pa)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes Variáveis 5 a 10 m</p>	<p>Terrenos planos que se mantém submerso, com lamina de água de alguns centímetros mesmo nos períodos de estiagem, formando brejos, alagadiços, lagos, ilhas, paranás, furos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo <i>slikke</i> e <i>schorre</i>, canais anastomosados e meandros abandonados.</p> <p>São constituídas por: argilas e siltes que predominam, com eventuais níveis de areia fina e de cascalho, de cor bege acinzentada a cinza escuro, rica em matéria orgânica.</p>	<p>Nos baixos terraços a erosão laminar e em sulcos são processos de baixa intensidade e localizados.</p> <p>Terrenos sensíveis a ocupação devido ao risco de inundação e contaminação.</p>

Tipo de Relevo Morfometria	Morfografia e Substrato Rochoso	Morfodinâmica
<p>Planície de inundação (Pi)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes Variáveis 5 a 20 m</p>	<p>Terreno que é alagado apenas no período das enchentes e se caracteriza pela presença de: ilhas, paranás, furos, lagos, diques aluviais, cordões fluviais do tipo <i>slikke</i> e <i>schorre</i>, praias, canais anastomosados e meandros abandonados.</p> <p>Formada por areia fina a muito fina, silte, argila, argila orgânica e camadas de cascalho em arranjos diversos</p>	
<p>Planícies de inundação com ação de maré (Pf)</p> <p>Inclinação: < 1%</p> <p>Altitudes < 8 m</p>	<p>Terreno alagado diariamente por influência da maré que tem atuação intensificada no período das enchentes. Associam-se: planícies de maré e praias.</p> <p>Planície de maré constituída por argila e silte que predominam, com eventuais níveis de areia muito fina de cor cinza escuro a negra, rica em matéria orgânica. Praias constituídas por: areia fina a grossa e seixos de laterita de formas e tamanhos diversos.</p>	

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*.

AID

Aspectos Metodológicos

A análise integrada dos atributos do meio físico na Área de Influência Direta da Implantação da Linha de Transmissão Tucuruí – Jurupari teve por base os dados obtidos da pesquisa bibliográfica e os levantamentos nas escalas 1:250.000 e 1:100.000 executados para a AID, sobre o substrato rochoso, o relevo e o solo, sendo o resultado final apresentado na escala 1:100.000. A análise realizada teve os seguintes objetivos:

- Estabelecer tipos de terrenos com base nos seus elementos constituintes;
- Estabelecer a fragilidade e/ou o grau de risco a processos erosivos e de deposição nos terrenos e avaliar o seu potencial de uso;
- Subsidiar a avaliação dos impactos ambientais e a elaboração de prognósticos resultantes da implantação do empreendimento.

Para se atingir tais objetivos foram adotados procedimentos metodológicos específicos, que são descritos a seguir.

O conceito de terreno adotado nesse trabalho agrega as propostas de Mabbutt (1968), Austin & Cocks (1978) e Zonneveld (1992). Assim, considera-se que:

Os terrenos são áreas ou regiões que podem ser facilmente reconhecidas pela sua fisionomia tanto no campo como por meio de imagens de sensores remotos, sendo caracterizadas com base na forma de relevo, solo e vegetação (ZONNEVELD, 1992);

São áreas onde seus principais componentes são interdependentes e tendem a ocorrerem correlacionados;

São áreas relacionadas e uniformes pelo tipo de relevo, solo e vegetação, que podem ser descritas simultaneamente em relação as suas feições mais significativas e com relação a um propósito prático (AUSTIN & COOCKS, 1978);

O uso do terreno e os impactos associados dependem das combinações e interações de efeitos dos seus vários atributos (MABBUTT, 1968);

O conceito de terreno é fundamentado no estudo descritivo e qualitativo dos parâmetros ambientais: substrato rochoso, relevo, solos, vegetação e de seus recursos.

O estudo do terreno classifica o espaço segundo suas condições ambientais predominantes, suas qualidades ecológicas e avalia seu potencial de uso, bem como o de suas várias partes. Tais estudos têm sido utilizados para fornecer uma visão sintética do meio, para estudos científicos e aplicados ao planejamento das atividades antrópicas no meio físico.

A abordagem de terrenos tem como pressuposto a realização de estudos multidisciplinares integrados, o que se mostra muito mais eficiente para o planejamento territorial e para a análise ambiental. Esta análise é baseada no relevo, que é o aspecto do meio físico mais facilmente reconhecido pelo leigo e, portanto, pode ser prontamente identificável no campo, facilitando a implantação e a manutenção do zoneamento territorial adotado. O relevo, por sua vez, reflete a síntese histórica e dinâmica das interações entre o substrato rochoso, o clima e os movimentos tectônicos.

Os usos do relevo e do solo como fatores determinantes neste tipo de abordagem são de grande importância nas regiões tropicais, uma vez que as propriedades e o controle dos diferentes tipos de rocha na superfície são mascarados por espessos mantos de alteração, bem como pela presença de extensas superfícies de aplanamento.

Os parâmetros morfométricos do relevo como comprimento de rampa, amplitude e inclinação das encostas, e as propriedades das texturas e físico-químicas dos solos, refletem-se também na dinâmica superficial e nas características das formas de relevo, que por sua vez determinam as diferentes possibilidades de ocupação e de manejo do terreno.

Para subsidiar a análise dos terrenos afetados pelo empreendimento foi elaborada uma carta de inclinações com base no Modelo Digital de Terreno Sombreado (NASA – SRTM), com curvas interpoladas e espaçadas de 10 m. As classes de declividade adotadas e as suas relações com a dinâmica superficial estão apresentadas na **Tabela 3.6.3.5.e** e **Figura 3.6.3.5.c**.

Tabela 3.6.3.5.e
Relação entre inclinação das vertentes, processos de erosão e deposição mais freqüentes

Inclinação das Vertentes	Processos Dominantes	Efeitos Dominantes
Plano 0 a 2 %	Escoamento difuso muito lento a lento	Alagamentos , Erosão laminar localizados e de baixa intensidade
Suave ondulado 2 a 8%	Escoamento difuso lento a médio	Erosão laminar, em sulcos e fluvial localizada e de baixa intensidade
Suave ondulado a ondulado 8 a 15 %	Escoamento difuso é médio a rápido	Erosão laminar freqüente e de média intensidade
	Escoamento concentrado	Formação de Sulcos ou Ravinas localizados e de baixa intensidade
	Deslocamento lento de massas de solo	Rastejo de solo localizado e de baixa intensidade
Ondulado a Forte ondulado 15 a 30 %	Escoamento difuso rápido	Erosão laminar e Sulcos
	Escoamento concentrado rápido	Boçorocas localizadas
	Deslocamentos lentos e rápidos de massas de solo	Rastejo e Escorregamentos
Forte Ondulado 30 a 45%	Escoamento difuso muito rápido	Erosão laminar
	Escoamento concentrado muito rápido	Boçorocas freqüentes
	Deslocamentos rápidos de massas de solo e rocha	Escorregamentos
Montanhoso a escarpado > 45 %	Escoamento concentrado e torrencial	Sulcos ou ravinas
	Deslocamentos rápidos de massas solo e rochas	Escorregamentos e queda de blocos
		Formação de cones de dejeção e corpos de tálus generalizada

Fonte: Adaptado de IBGE (1992), Scholz (in DEMEK, 1972) e Gilsanz (1996).

A abordagem ainda prevê e incorpora os resultados de estudos de avaliação da aptidão agrícola, de classificação da terra e da capacidade de uso agropecuário, que são usos do meio físico, indispensáveis para o planejamento territorial.

A adoção das características do relevo como base para a análise dos terrenos é fundamentada no fato de que a superfície da Terra resulta da interação entre a litosfera, a atmosfera e a hidrosfera. Nessa interface se desenvolvem processos de troca de matéria e energia, que ao longo do tempo e do espaço condicionam a evolução de diferentes feições do relevo.

Tais processos, que ocorreram no passado e continuam a ocorrer hoje, resultam das relações históricas e dinâmicas entre as formas de relevo, o substrato rochoso, a cobertura detrítica e os processos erosivos e de deposição atuantes, que estão diretamente relacionados ao clima.

O relevo, modelado sobre os diferentes tipos de rocha, controla a distribuição dos diversos tipos de solo e da vegetação, e, em consequência dessas interações, controla a frequência e a intensidade dos processos erosivos e de deposição que ocorrem na superfície do terreno.

Esses elementos propiciam a realização de uma análise geoambiental integrada, fornecendo elementos para a compreensão da dinâmica da paisagem e para o entendimento das características estruturais e de composição da vegetação e dos ecossistemas terrestres.

Procedimentos

Para definir e caracterizar os terrenos foi utilizado o método paramétrico, que é baseado no estudo em separado e na classificação individual dos atributos do meio físico.

Na análise do meio físico foram avaliados aspectos do embasamento litoestrutural, do relevo e dos solos que apresentassem maior relevância para a caracterização e definição das potencialidades e fragilidades dos diferentes tipos de terrenos que ocorrem na AID.

O substrato rochoso que se refere aos diferentes tipos de rochas que ocorrem na AID foi avaliado com relação aos seguintes aspectos: quanto ao comportamento geotécnico, tendo em vista as diferentes atividades a que estes materiais poderão estar sujeitos, e quanto ao potencial mineral.

A análise do relevo compreendeu a caracterização de compartimentos de relevo que foram individualizados com base na sua morfografia, morfometria e morfogênese, bem como com relação ao seu condicionamento litoestrutural e à cobertura pedológica. Estas informações permitiram identificar o grau de estabilidade das encostas, do substrato rochoso e dos solos, apontando áreas de maior fragilidade frente aos processos erosivos potenciais e aos processos de acumulação, avaliando-se também feições específicas relevantes para a caracterização da área.

O estudo pedológico foi direcionado para a caracterização das principais associações de solo e relevo dos diferentes terrenos da que ocorrem na área.

Nessa análise, para cada uma das unidades de terreno identificadas foram avaliados os condicionantes lito-estruturais, os solos e os processos de erosão e deposição

predominantes, compondo-se, assim, um mapa que identifica áreas com constituintes e atributos semelhantes.

Atividades realizadas

Para a caracterização dos atributos dos terrenos foram realizadas as seguintes atividades:

Compilação de mapas (geológico, geomorfológico e pedológico) nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000, correlação de informações, adequação de conteúdos e denominações;

Interpretação de imagens de Satélite na escala 1:250.000 e 1:100.000 e do Modelo Digital de Terreno Sombreado (NASA – SRTM), para elaboração do mapa de terrenos estabelecidos com base nos seus elementos constituintes,

O conceito de terreno utilizado nessa avaliação refere-se a uma porção da superfície terrestre que é caracterizada pela similaridade do arranjo espacial de seus componentes e atributos, e que pode ser facilmente reconhecida pela sua fisionomia, tanto no campo quanto por meio de imagens de sensores remotos. Os terrenos definem-se por sua forma (relevo), sua constituição (substrato rochoso), sua cobertura detrítica (solos) e por sua dinâmica superficial.

Assim, considera-se que os terrenos são áreas relacionadas e uniformes pelo tipo de relevo, solo e vegetação, que podem ser descritas simultaneamente em relação às suas feições mais significativas e com relação a um propósito prático, onde o uso do terreno e os impactos associados dependem das combinações e interações de efeitos dos seus vários atributos.

Tipos de Terrenos

A Área de Influência Direta da LT de Transmissão Tucuruí – Jurupari é constituída por rochas do embasamento cristalino representado por: charnoquito, enderbito e kinzigito da unidade Enderbito Cajazeiras; gnaisse tonalítico e granodiorítico, granitóide indiferenciado do Complexo Xingu, monzogranito, sienogranito da unidade Granito João Jorge, que predominam no trecho Tucuruí - Belo Monte.

No trecho Belo Monte – Jurupari a AID é constituída principalmente por rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas representadas por: folhelho e siltito carbonoso e piritoso, silxito, diamictito, e arenito fino a médio do Grupo Trombetas; arenito fino e médio e arenito conglomerático da Formação Maecuru; siltito piritoso, arenito médio e folhelho da Formação Ererê; quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito da Formação Alter do Chão; e por aluviões silto-argilosos, areno-argilosos e com níveis de cascalho, associados às planícies aluviais do Rio Amazonas, Xingu e Tocantins.

A AID é caracterizada pela ocorrência de diferentes tipos de relevo onde se diferenciam: Escarpas dissecadas, Morrote e Morros, Colinas pequenas e médias, Rampas e Colinas amplas, Rampas, Terraços, Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação e Planície de inundação com ação de maré (**Figura 3.6.3.5.d**).

Os solos que ocorrem na AID apresentam estreita relação com o substrato rochoso e os tipos de relevo sendo diferenciadas diversas associações entre Latossolos Amarelos textura argilosa e média; Latossolos Vermelho Amarelos textura argilosa, Argissolo Vermelho Amarelo textura argilosa, Plintossolo Pétrico Concrecionário, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico e Afloramentos de Rocha. Nas planícies aluviais ocorre ainda associação de Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos.

Com base na análise integrada das características do relevo e dos atributos geológicos e pedológicos foram delimitados, na AID da Linha de Transmissão Tucuruí – Jurupari, seis (6) tipos de terrenos, sendo diferenciadas as Planícies fluviais alagadiças; os Terraços; os Aplanados; os Colinosos com morrotes; os Amorreados, e os Escarpados de baixa amplitude (**Figura 3.6.3.5.d** e **Figura 3.6.3.5.e**), cujas principais características estão apresentadas na **Tabela 3.6.3.5.f**.

Tabela 3.6.3.5.f
Unidades de terrenos que ocorrem na AID

Tipo de Terreno	Relevo	Substrato Rochoso e Cobertura Detrítica	Solos
Planícies fluviais alagadiças (1)	Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação; Planície de inundação com ação de maré	Areia fina a muito fina, silte, argila, argila orgânica e camadas de cascalho em arranjos diversos e praias de areia grossa e média.	GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico e Distrófico, textura argilosa e indiscriminada + NESSOLO FLÚVICO Eutrófico e Distrófico textura indiscriminada.
Terraços (2)	Terraços	Areia fina e média pouco argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, apresentando na base cascalho, que podem estar laterizados ou não.	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico, relevo plano e suave ondulado
Aplanados (3)	Rampas Rampas e Colinas amplas	Quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito (FM. Alter do Chão). .Charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras)	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura muito argilosa, argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico textura média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura indiscriminada

Tipo de Terreno	Relevo	Substrato Rochoso e Cobertura Detrítica	Solos
Colinosos com Morrotes (4)	Colinas pequenas e médias	gnaisse tonalítico e granodiorítico, granitóide (Complexo Xingu); granulitos, charnockitos e dioritos (Enderbito Cajazeiras).	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa
	Colinas pequenas e Morrotes	arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e ritimitos.	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada .
Amorreados (5)	Morrotes e Morros Morros amplos Morros	gnaisse tonalítico e granodiorítico, granitóide (Complexo Xingu); granulitos, charnockitos e dioritos (Enderbito Cajazeiras).	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura indiscriminada, + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa + AFLORAMENTO DE ROCHA
		arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos e ritimitos.	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada
Escarpados de baixa amplitude (6)	Escarpas	Quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito (FM. Alter do Chão).	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + Afloramentos Rochosos
		.Charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras)	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + NEOSSOLOS LITÓLICOS distrófico textura indiscriminada

Planícies fluviais alagadiças

As Planícies fluviais alagadiças correspondem aos terrenos rebaixados e planos com áreas de alagadiços temporárias ou permanentes que ocorrem associadas aos rios Amazonas, Xingu e Tocantins.

Esses terrenos descritos na **Tabela 3.6.3.5.g** e mostrado nas Fotos 1 a 30 (ver **Volume VIII**), são formados por areia fina a muito fina, silte, argila, argila orgânica e camadas de cascalho em arranjos diversos, que constituem depósitos pré atuais dos rios dispostos na forma de Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação; Planície de inundação com ação de maré. Sobre esses terrenos se desenvolve GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico e Distrófico, textura argilosa e indiscriminada e NESSOLO FLÚVICO Eutrófico e Distrófico textura indiscriminada.

Nestes terrenos é comum a presença de barras arenosas laterais e longitudinais, que formam praias nas planícies de inundação e nas ilhas.

Esses terrenos formam extensas áreas planas, sujeitas as enchentes sazonais com freático elevado, que faz com que os alagadiços se mantenham inundados durante longos períodos do ano, e constituam áreas com alto risco de contaminação. Ocorre ainda nesses terrenos processos de deposição de finos por decantação, deposição em barras, erosão lateral e vertical no canal, além de pequenos escorregamentos ocasionais e de baixa intensidade, na margem dos canais.

A presença de extensos alagadiços e de solos moles faz com que esses terrenos apresentem sérios problemas relacionados à estabilidade das paredes de escavação; recalque de fundações; tráfego, bem como para a execução de obras de terraplenagem e aração.

Os solos que ocorrem nessas áreas mal drenadas, alagadiças, apresentam fatores que inibem o crescimento das raízes, diminuem a absorção de água e reduzem a fotossíntese, condicionando o desenvolvimento florestas.

Tabela 3.6.3.5.g
Características e atributos dos terrenos Planícies fluviais alagadiças (Planície Fluvial do Rio Amazonas)

PLANÍCIES FLUVIAIS ALAGADIÇAS		
RELEVO	Planície fluvial, Planície alagadiça, Planície de inundação; Planície de inundação com ação de maré Inclinação:< 1 % Altitudes:5 a 20m	Terrenos planos que incluem a planície de inundação, áreas alagadas e pantanosas que apresentam freático elevado e áreas com praias arenosas além de áreas alagadas diariamente por influência da maré Podem apresentar margens abruptas, devido à erosão lateral do canal. Canais aluviais, em solo de alteração e rocha.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Areia fina a muito fina, silte, argila, argila orgânica e camadas de cascalho em arranjos diversos. Areia fina a grossa e seixos de laterita de formas e tamanhos diversos as praias.	
UNIDADES DE SOLOS	Associam-se GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico e Distrófico, textura argilosa e indiscriminada + NESSOLO FLÚVICO Eutrófico e Distrófico textura indiscriminada.	

PLANÍCIES FLUVIAIS ALAGADIÇAS	
DINÂMICA SUPERFICIAL	<p>Freático elevado, alagadiços e enchentes sazonais</p> <p>Alguns rios apresentam enchentes diárias devido ao efeito de maré.</p> <p>Deposição de finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral, erosão lateral e vertical do canal.</p> <p>Erosão em sulcos e pequenos escorregamentos freqüentes e de baixa intensidade, na margem dos canais.</p> <p>Erosão lateral e vertical do canal, solapamento de margens, intersecção de meandros.</p>
POTENCIALIDADES	<p>São solos com boa fertilidade e relevo aplainado. Terras com Aptidão Restrita e Regular para lavouras de nível tecnológico médio e alto respectivamente, para culturas de ciclo curto.</p> <p>Áreas aptas para a proteção e abrigo da fauna e da flora silvestre, para fins de recreação e turismo.</p> <p>Áreas de Preservação Permanente (APP).</p>
RESTRICÇÕES	<p>Freático elevado, enchentes anuais, alagadiços e solos moles, erosão lateral e vertical do canal e das margens, deposição de finos durante as enchentes, estabilidade precária das paredes de escavação, recalque de fundações, danificação das redes subterrâneas por recalque e problemas de trafego.</p> <p>Áreas favoráveis ao assoreamento</p>
DIAGNÓSTICO	<p>Terreno com alta susceptibilidade a ocupação devido ao risco de inundação e contaminação.</p>

Terraços

Essa unidade de terreno descrita na **Tabela 3.6.3.5.h** e nas Fotos 31 a 34, corresponde ao relevo homônimo que ocorre na margem esquerda do Rio Tocantins.

Os Terraços correspondem a depósitos fluviais mais antigos do Rio Tocantins, hoje não mais atingido pelas cheias. Esses terrenos são formados por areia fina a média, argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, com espessuras de 1,5 a 15 m, que podem estar laterizados ou não.

Sobre esses materiais se desenvolve LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico, relevo plano e suave ondulado.

Os Terraços apresentam topos subhorizontais quase planos e encostas de baixa inclinação, podendo apresentar aspecto colinoso próximo as áreas dissecadas pela drenagem.

A porosidade elevada e a permeabilidade dos materiais que constituem esses terrenos de baixa inclinação, condicionam baixa densidade de drenagem, e processos erosivos do tipo erosão laminar e em sulcos, ocasionais e de baixa intensidade, sendo terrenos bastante estáveis.

Tabela 3.6.3.5.h
Características e atributos dos terrenos do tipo Terraços (margem esquerda do Rio Tocantins em Tucuruí)

TERRAÇOS		
RELEVO	Terraços Inclinação: < 3% Elevados: 15 a 20 m acima do rio Altitudes: 45 a 50 m	Áreas planas ou onduladas, levemente inclinadas em direção ao rio. São descontínuos e apresentam bordas abruptas. Baixa densidade de drenagem.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Constituídos por areia fina a média, argilosa, rica em grânulos angulosos de quartzo, com espessuras de 1,5 a 15 m, que podem estar laterizados ou não.	
UNIDADES DE SOLOS	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico.	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial são localizados e de baixa intensidade.	
POTENCIALIDADES	Áreas de baixa inclinação e favoráveis a ocupação Aptidão restrita para culturas de ciclo curto e longo no manejo primitivo; e regular para ciclo curto e longo de desenvolvimento. Solos friáveis, com boa profundidade, moderadamente a bem drenados, retenção hídrica variável de baixa a moderada e características físicas favoráveis ao enraizamento.	
RESTRICÇÕES	Fertilidade muito baixa, excessivamente ácidos, presença de impedimentos na trabalhabilidade do solo (textura e presença de petroplintita). Erosão laminar, em sulcos e entalhe fluvial são localizados e de baixa intensidade. Terrenos planos com dificuldade de escoamento superficial.	
DIAGNÓSTICO	Terreno com susceptibilidade baixa a interferências antrópica.	

Aplanados

Essa unidade, descrita na **Tabela 3.6.3.5.i** e mostrada nas Fotos 35 a 52, é constituída por relevo de Rampas e de Rampas e Colinas, e corresponde a um área remanente de antiga superfície de aplanamento e acumulação. Essa unidade é sustentada por arenitos argilosos, argilitos, quartzo-grauvacas, quartzo arenitos e arenitos conglomeráticos, comumente laterizados da Formação Alter do Chão, que corresponde aos depósitos correlativos, dessa fase de aplanamento que nivela o topo do relevo que constitui essa unidade de terreno.

As Rampas e Colinas apresentam topos subhorizontais a convexos, quase planos e encostas de baixa inclinação. Os canais fluviais encaixados no relevo formam vales abertos erosivos e erosivos acumulativos que se associam a formas colinosas. Nas rupturas de declive formadas pelo entalhamento da drenagem é comum a exposição de horizontes de rocha laterizada e de leterita maciça e nodular.

Nas Rampas ocorrem Latossolos Amarelos de textura argilosa e média. Nas cabeceiras de drenagem e nos vales, quando o relevo fica colinoso, ocorrem Plintossolos Pétricos conccionarios, que se associam a presença de horizontes lateríticos.

Nas áreas onde esses terrenos são sustentados por charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras) associam se Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa + Latossolo Vermelho Amarelo textura média + Plintossolo Pétrico Concrecionário distrófico textura indiscriminada. Abaixo da ruptura de declive, que limita esses terrenos é freqüente a exposição de bancadas lateríticas com espessuras de 3 a 8 m.

Dada a baixa inclinação das encostas, a elevada porosidade e permeabilidade dos Latossolos Amarelos e Vermelho Amarelos, esses terrenos apresentam baixa densidade de drenagem, processos erosivos do tipo erosão laminar e em sulcos, ocasionais e de baixa intensidade.

No entanto, nos vales quando há aumento da inclinação das encostas é comum o desenvolvimento de erosão em sulco e laminar ao longo das estradas, e de assoreamento nos canais fluviais e nascentes. Esses processos embora localizados são de alta intensidade, comprometendo a qualidade das águas e a regeneração da vegetação nessas áreas, devido ao assoreamento e inundação do fundo do vale.

Tabela 3.6.3.5.i

Características e atributos dos terrenos Aplanados (margem esquerda do Rio Xingu, associados à Depressão do Amazonas; e na Serra do Trucara, associado ao Planalto Residual do Sul da Amazônia)

APLANADOS		
RELEVO	Rampas Rampas e Colinas Amplitude:20 a 60 m Comp. Rampa: 1000 a 3000 m Inclinação: < 5% Altitudes: 50 a 180 m e 200 a 250 m	Formas com topos subnivelados, amplos, convexos nas colinas e subhorizontais nas rampas, por vezes delimitados por encostas íngremes. Perfis de vertentes contínuos e extensos. Vales erosivos e erosivos acumulativos abertos.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Arenitos argilosos, argilitos, quartzo-grauvacas, quartzo arenitos e arenitos conglomeráticos, comumente laterizados (Fm. Alter do Chão), e ainda por charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras); Os horizontes lateríticos, constituídos por nódulos, blocos e fragmentos angulosos de laterita, com espessuras superiores a 3 m, formam pavimentos detríticos nos topos.	
UNIDADES DE SOLOS	LATOSSOLOS AMARELOS de textura argilosa e média e PLINTOSSOLOS PÉTRICOS concrecionário. LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura indiscriminada.	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Processos de erosão laminar e em sulcos localizados de intensidade baixa em condições naturais. Nas áreas de solo exposto, e associadas à drenagem de estradas ocorre: erosão laminar, em sulcos, generalizadas e de intensidade média a alta. Em áreas muito planas há dificuldade de escoamento da águas pluviais que formam alagadiços.	

APLANADOS	
POTENCIALIDADES	Áreas de baixa inclinação; Solos friáveis, com boa profundidade, moderadamente a bem drenados, retenção hídrica variável de baixa a moderada e características físicas favoráveis ao enraizamento. Aptidão restrita para culturas de ciclo curto e longo no manejo primitivo; e regular para ciclo curto e longo no desenvolvido.
RESTRICÇÕES	Fertilidade muito baixa, solos excessivamente ácidos, presença de impedimentos na trabalhabilidade do solo (textura e presença de petroplintita). Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido a obras de terraplenagem, aração ou devido a obras de drenagem de estradas que provocam a concentração do escoamento superficial e o assoreamento Dificuldades de escavação localizada devido a presença de bancadas lateríticas espessas
DIAGNÓSTICO	Terreno com susceptibilidade baixa a interferências antrópica, e com problemas localizados devido a erodibilidade dos solos arenosos e arenitos.

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. Intensidade dos processos: *baixa, média e alta*. Nível de Manejo: (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Colinosos com Morrotes

Esse tipo de terreno, descrito na **Tabela 3.6.3.5.j** e mostrado nas Fotos 53 a 98, corresponde à associação de relevos de Colinas pequenas e médias e de Colinas e Morrotes que se desenvolvem em áreas do embasamento cristalino e de rochas sedimentares.

No embasamento cristalino esses terrenos constituem a Depressão da Amazônia Meridional estando associado a ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa e média e PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa; e a presença de campos de matacões.

Nas áreas de rochas sedimentares esses terrenos têm sua origem relacionada à dissecação da Superfície de Aplanamento erosiva - acumulativa que caracteriza a Depressão do Amazonas e se associam a presença de LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada

Esses terrenos de modo geral são pouco sensíveis a ocupação havendo setores mais sensíveis à interferência devido à inclinação das encostas. Tais atributos são resultado do predomínio de solos argilosos, de baixa amplitude e de encostas com baixa inclinação, que condicionam processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo localizados e de intensidade média a baixa.

Tabela 3.6.3.5.j

Características e atributos dos terrenos Colinosos com morrotes que ocorrem na Depressão da Amazônia Meridional e na Depressão do Amazonas

COLINOSOS COM MORROTOS		
RELEVO	Colinas pequenas e médias Colinas pequenas e Morrotes Amplitude 20 a 90 m Comp. de rampa: 300 a 800 m Inclinação: 2,5 a 18% Altitudes: 50 a 150 m	Associam-se colinas pequenas, médias, morrotes e ressaltos residuais. As colinas têm topos convexos estreitos e amplos, vertente de perfil contínuo e retilíneo de baixa inclinação, e campos de matacões. Os ressaltos têm topo subhorizontal, convexo e por vezes rochoso. Vertentes de perfil descontínuo, com segmentos retilíneos a convexos íngremes. Vales erosivos abertos e bem marcados no relevo, com canais sobre rocha, matacões, blocos, seixos e areia grossa e média.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	granulitos, charnockitos, dioritos, gnaisses, granitóide, monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, metabásicas, xistos, e ainda por arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos.	
UNIDADES DE SOLOS	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa; associados a rochas do embasamento cristalino. LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada; associados as rochas sedimentares.	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar e em sulcos, assoreamento de canais fluviais e nascentes são frequentes e de média intensidade. Rastejo localizado e de baixa a média intensidade.	
POTENCIALIDADES	Solos profundos com boas características físicas, que necessitam de práticas complementares de melhoria, correção e adubação. Elevado potencial de produção devido ao caráter eutrófico e boa capacidade de armazenamento de água. Médio potencial de uso agrícola devido ao caráter distrófico do solo, apesar de haver a possibilidade das plantas explorarem horizontes profundos com reserva de elementos nutrientes Terras com aptidão BOA para a agricultura com nível de manejo C, REGULAR no B e INAPTA no A, que necessitam de práticas complementares de melhoria, correção e adubação. Potencial para ouro associado aos granitos e monzogranitos (Granito João Jorge).	

COLINOSOS COM MORROTOS	
RESTRICÇÕES	<p>Susceptibilidade a compactação, a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido à aração, a obras de terraplenagem ou a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial e assoreamento de talvegues.</p> <p>Deficiência de nutrientes, baixa fertilidade do solo e gradiente textural pode provocar degradação das pastagens e aumento de erosão.</p> <p>Apresentam restrições para a mecanização extensiva devido à densidade de drenagem e a presença freqüente de afloramentos rochosos.</p> <p>Instabilidade e queda de blocos por descalçamento em taludes de corte e em superfícies de encosta;</p> <p>- Dificuldade de escavação, cravação de estacas e de terraplanagem devido à presença de matacões;</p>
DIAGNÓSTICO	Terreno pouco sensível à interferência antrópica

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. Intensidade dos processos: *baixa, média e alta*. Nível de Manejo: (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Amorreados

Os terrenos Amorreados, descrito na **Tabela 3.6.3.5.k** e mostrado nas Fotos 99 a 138 , apresentam amplitude de relevo de 40 a 270 m, encostas com inclinação de 5% a 30%. Esses terrenos na margem esquerda do Rio Xingu se desenvolvem em rochas sedimentares paleozóicas, sobre as quais se formam LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada, associados às rochas sedimentares.

No divisor de águas Xingu – Tocantins os terrenos Amorreados são sustentados por rochas do embasamento cristalino sobre as quais se desenvolvem ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura indiscriminada, PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa e AFLORAMENTO DE ROCHA.

Esses terrenos caracterizados pela ocorrência de processos de erosão laminar e em sulcos, rastejo, escorregamentos e queda de blocos ocasionais e de baixa intensidade podem apresentar problemas localizados de estabilidade principalmente nas encostas íngremes e por vezes escarpadas, bem como problemas para implantação de fundações devido a grande quantidade de blocos e matacões existentes nos horizontes de alteração.

Nos locais onde esses terrenos são sustentados por arenitos os processos erosivos e de assoreamento de canais são freqüentes e de alta intensidade, afetando de modo mais significativo estradas e áreas de solo exposto.

Tabela 3.6.3.5.k**Características e atributos dos terrenos Amorreados (Depressão da Amazônia Meridional e no Planalto Marginal do Amazonas)**

AMORREADOS		
RELEVO	Morrotes e Morros Morros Morros amplos Amplitude: 40 a 270 m Compr. rampa: 500 a 1800 m Inclinação: 8 a 30% Altitude: 80 a 350 m	Associam-se morrotes e morros de topos estreitos, convexos e rochosos Vertentes de perfil contínuo ou descontínuo, com segmentos retilíneos: íngreme, escarpado, rochoso, e com segmentos convexos com corpos de tálus. Vales erosivos encaixados.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS COBERTURAS	E	Gnaiss tonalítico e granodiorítico, granitóide indiferenciado (Complexo Xingu), charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras) e monzogranito, sienogranito (Granito João Jorge); e ainda arenitos, arenitos conglomeráticos, folhelhos, siltitos, e ritimitos das formações Maecuru e Erere e do Grupo Trombetas.
UNIDADES DE SOLOS		ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura indiscriminada, + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa + AFLORAMENTO DE ROCHA, associados a rochas do embasamento cristalino. LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada, associados as rochas sedimentares.
DINÂMICA SUPERFICIAL		Erosão em sulco, reentalhe de drenagem, rastejo freqüentes de média a baixa intensidade. Movimentos de massa do tipo: escorregamento planar e queda de blocos são ocasionais e de baixa intensidade. Nos arenitos os processos erosivos e de assoreamento de canais são freqüentes e de alta intensidade.
POTENCIALIDADES		Baixo potencial de uso agrícola e mesmo pastagens devido a baixa capacidade de armazenamento de água, perfil de solo raso e freqüente associação com matacões Aptidão para abrigo e proteção da fauna e da flora silvestre e como ambiente para recreação e lazer. Áreas com potencial baixo para a ocorrência de abrigos e cavernas em arenitos e conglomerados
RESTRICÇÕES		Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos, rastejo e a movimentos de massa quando da remoção d cobertura vegetal natural. Solos rasos, com baixa fertilidade, problemas de toxidez por alumínio, baixa capacidade de retenção de umidade, e susceptibilidade a compactação superficial, a erosão hídrica e a movimentos de massa. Declividades altas, solos rasos e afloramentos rochosos.
DIAGNÓSTICO		Terrenos sensíveis à interferência devido à inclinação de suas encostas. Nos arenitos são terrenos muito sensível devido à inclinação das encostas e a erodibilidade da rocha alterada.

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. Intensidade dos processos: *baixa, média e alta*. Nível de Manejo: (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Escarpados de baixa amplitude

Os terrenos Escarpados de baixa amplitude, descrito na **Tabela 3.6.3.5.1** e mostrado nas Fotos 139 a 156, apresentam amplitude de relevo de 30 a 120 m, encostas com inclinação de 10% a 33%.

Nas margens esquerda do Rio Xingu e do Rio Amazonas, em frente a Ilha de Jurupari os terrenos Escarpados são sustentadas por: quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito da Formação Alter do Chão, que afloram de modo contínuo. Essas Escarpas têm amplitudes de 30 a 100 m são íngremes e ativas, apresentando inúmeras cicatrizes de escorregamento, erosão laminar e em sulco, que são generalizadas e de média a alta intensidade. Nessas áreas esses terrenos são muito sensíveis a interferência antrópica podendo apresentar problemas de estabilidade.

Os terrenos Escarpados de baixa amplitude na Serra do Trucará são sustentados por charnoquito, enderbito e kinzigito. Nessa área as encostas apresentam inclinação suave e se desenvolvem LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + NEOSSOLOS LITÓLICOS distrófico textura indiscriminada. Nesses terrenos os processos de erosão laminar, em sulcos e rastejo são frequentes de média a intensidade sendo os movimentos de massa ocasionais e de baixa intensidade.

Tabela 3.6.3.5.1

Características e atributos dos terrenos Escarpados de baixa amplitude (margem esquerda do Rio Xingu e na margem direita do Rio Amazonas, associados à Depressão do Amazonas; e na Serra do Trucará)

ESCARPADOS DE BAIXA AMPLITUDE		
RELEVO	Escarpas Amplitude: 30 a 120 m Comp. de rampa: 200 a 1000 m Inclinação: 10 a 33% Altitudes: 80 a 150 m	Formas assimétricas e alongadas. Perfis de vertentes descontínuos com segmentos retilíneos íngremes, e subverticais nos setores ativos, com afloramentos rochosos e/ou convexos menos inclinados com campos de matações. Presença de corpos de tálus. Vales erosivos encaixados, com canais em rocha. Densidade de drenagem muito baixa.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Sustentado por: quartzo arenito, quartzo-grauvaca, arenito e argilito (Formação Alter do Chão) e charnoquito, enderbito e kinzigito (Enderbito Cajazeiras); e de modo suborfinado por arenitos finos e médios e arenitos conglomeráticos (Formação Maecuru).	
UNIDADES DE SOLOS	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + Afloramentos Rochosos, nas rochas sedimentares. LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa e média + NEOSSOLOS LITÓLICOS distrófico textura indiscriminada, no embasamento cristalino.	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão laminar, em sulcos e rastejo frequentes de média a intensidade Movimentos de massa do tipo: escorregamento planar e queda de blocos são frequentes e de média a alta intensidade.	

ESCARPADOS DE BAIXA AMPLITUDE	
POTENCIALIDADES	Aptidão para abrigo e proteção da fauna e da flora silvestre e como ambiente para recreação e lazer. Áreas com potencial baixo a médio para a ocorrência de abrigos e cavernas, quando em arenitos e conglomerados.
RESTRICÇÕES	Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos, rastejo e a movimentos de massa, nas áreas ativas em margem se rios Solos rasos, com baixa fertilidade, problemas de toxidez por alumínio, baixa capacidade de retenção de umidade, e alta susceptibilidade a erosão hídrica e a movimentos de massa. Declividades altas, solos rasos e afloramentos rochosos.
DIAGNÓSTICO	Terreno muito sensível a interferências antrópica devido à presença de encostas instáveis

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. Intensidade dos processos: *baixa, média e alta*. Nível de Manejo: (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

3.6.3.6 Pedologia

AAR

Para a caracterização dos solos na Área de Abrangência Regional (AAR) da LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari foi adotado como referência o Mapa de Solos do Brasil, na escala 1:5.000.000 (IBGE/EMBRAPA, 2001), usando-se também os mapas exploratórios de solo do RADAMBRASIL, das Folhas Belém (1974a) e Araguaia/Tocantins (1974b). A legenda foi atualizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (SANTOS *et al.*, 2006).

Os solos da AAR apresentam ampla correlação com a distribuição dos compartimentos de relevo e a constituição do substrato rochoso, sendo sua distribuição apresentada na **Figura 3.6.3.6.a**.

Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS associam-se comumente a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS ambos com textura argilosa, nas áreas sustentadas por rochas ígneas e metamórficas do Cráton do Amazonas, que ocorrem na Depressão da Amazônia Meridional e na Depressão da Amazônia Setentrional.

Associações de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura argilosa, NESSOLOS LITÓLICOS e AFLORAMENTOS ROCHOSOS ocorrem nos relevos residuais do Planalto Residual do Sul da Amazônia e do Planalto Residual do Norte da Amazônia, que também são sustentados por rochas ígneas e metamórficas do Cráton do Amazonas.

Associação de GLEISSOLOS HÁPLICOS, NEOSSOLOS FLÚVICOS e PLINTOSSOLOS HÁPLICOS todos de textura indiscriminada, ocorrem na Planície fluvial e na Planície Fluvio-marinha do Amazonas formadas sobre sedimentos fluviais e fluvio marinhos holocenos.

Os LATOSSOLOS AMARELOS de textura argilosa e média associados a PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários são solos de ampla distribuição na AAR, estando associados à Depressão do Amazonas, aos Tabuleiros Paraenses e à Depressão do Médio Tocantins/Araguaia, que são sustentadas por sedimentos Formação Alter do Chão e lateritas maduras do Terciário inferior, por rochas sedimentares cretácicas da Formação Ipeituna e terciárias do Grupo Barreiras, associadas a Bacia Sedimentar do Marajó.

Os LATOSSOLOS AMARELOS argilosos associam-se, ainda, à presença de rochas sedimentares paleozóicas, que sustentam o Planalto Marginal do Amazonas, na margem direita do Rio Amazonas.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS de textura argilosa ocorrem na margem esquerda do Rio Amazonas, associados à ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS textura argilosa e NESSOLOS LITÓLICOS, que se desenvolvem sobre rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Amazonas que sustentam o Planalto Marginal do Amazonas.

Os NITOSSOLOS VERMELHOS textura argilosa que podem estar associados a CHERNOSSOLO ARGILÚVICO, e LATOSSOLOS VERMELHOS textura argilosa, são solos de ocorrência restrita estando diretamente relacionada a presença do Diabásio Penatecaua.

Tabela 3.6.3.6.a

Legenda atualizada das unidades de mapeamento de solos da AII, descritos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006)

LEGENDA RADAM	LEGENDA ATUALIZADA	UNIDADES DE MAPEAMENTO Segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006)
LATOSSOLOS		
LA1	LA1	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura muito argilosa, relevo plano
LA2	LA 2	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.
LA 3	LA 3	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Distrófico, relevo plano e suave ondulado.
LA4	LA4	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média, relevo suave ondulado e ondulado.
LA 5	LA 5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.
LA 6	LA6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada relevo ondulado e forte ondulado
LA 7	LA 7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada relevo suave ondulado e ondulado.
LA 8	LA 8	LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO AMARELO Distrófico, textura média + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico, textura indiscriminada relevo ondulado e forte ondulado, com áreas aplanadas.
LV 1	LVA1	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado.
LV3	LVA 3	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico textura média + NEOSSOLOS LITÓLICOS distrófico textura indiscriminada relevo suave ondulado e ondulado, com escarpas
NITOSSOLOS		
TR2	NV 2	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, relevo ondulado.
ARGISSOLOS		
PB1	PVA 1	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado.
PB2	PVA 2	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura indiscriminada, relevo ondulado e forte ondulado.
PB3	PVA3	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico textura argilosa relevo suave ondulado a ondulado.
PB4	PVA 4	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, textura indiscriminada, relevo

LEGENDA RADAM	LEGENDA ATUALIZADA	UNIDADES DE MAPEAMENTO Segundo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006)
		ondulado e forte ondulado.
PB5	PVA 5	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa, + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, textura média relevo suave ondulado.
PB6	PVA 6	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico textura argilosa + PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário distrófico textura argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico textura argilosa, relevo suave ondulado a ondulado.
GLEISSOLOS		
HG1	GX 1	GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico textura argilosa + NESSOLO FLÚVICO Tb distrófico textura indiscriminada, relevo plano.
HG3	GX 3	GLEISSOLO HÁPLICO Eutrófico e Distrófico, textura indiscriminada + NESSOLO FLÚVICO Eutrófico e Distrófico textura indiscriminada, relevo plano.
NEOSSOLOS FLÚVICOS		
A1	RU 1	NEOSSOLOS FLUVICOS Eutróficos e Distróficos + GLEISSOLO HÁPLICO Eutróficos e Distróficos ambos textura indiscriminada, relevo plano
NEOSSOLOS LITÓLICOS		
R 3	RL 3	NEOSSOLOS LITÓLICOS distróficos, textura indiscriminada + GLEISSOLO HÁPLICO Eutróficos e Distróficos ambos textura indiscriminada, relevo plano e suave ondulado.
AFLORAMENTO ROCHOSO		
AR	AR	AFLORAMENTO ROCHOSO

Fonte: Folha Belém (RADAMBRASIL, 1974a).

Os solos que ocorrem na região geralmente são muito intemperizados como os latossolos, neossolos quatzarênicos e parte dos plintossolos, que sofreram processo de lixiviação intenso ocorrendo geralmente em relevo aplainado ou colinoso.

Nas áreas de relevo embaciado ou plano, os solos normalmente apresentam processos de oxi-redução indicando hidromorfia permanente ou temporária, como os gleissolos, neossolos flúvicos e parte dos plintossolos. Os principais atributos dos solos, que ocorrem na área de estudo são descritos a seguir.

Latossolos (LA, LVA)

Compreendem solos minerais, não hidromórficos com horizonte B latossólico, profundos a moderadamente profundos, em avançado estágio de intemperização, resultado das profundas transformações do material de origem, demonstrando o alto grau de lixiviação desses solos. São praticamente desprovidos de minerais primários e secundários pouco resistentes ao intemperismo.

Esses solos apresentam capacidade de troca de cátions da fração argila baixa (<17cmolc/kg), baixa saturação por bases (<50%), o que os torna distróficos, com pH de fortemente ácido à extremamente ácido, sendo freqüente a presença de horizontes com altos teores de alumínio trocável caracterizando-os como álicos, ou seja, pobres em nutrientes. A drenagem interna do perfil é moderada a boa e são permeáveis. Dominam na área os de textura argilosa associados ao relevo plano a suave ondulado, seguidos das texturas médias, dependendo do material original em que se desenvolvem. No relevo suave ondulado e ondulado também aparece os de textura argilosa, normalmente associados aos Plintossolos (solos concrecionários).

O horizonte superficial A é do tipo moderado ou proeminente em alguns casos, com espessura que varia de 20 a 50 cm, de textura arenosa a média e estrutura granular. O horizonte subsuperficial B possui textura média e argilosa e estrutura maciça por vezes em blocos subangulares.

Na área de estudo predominam Latossolos Amarelos textura argilosa que se desenvolvem associados às rochas sedimentares da Formação Alter do Chão. A cor amarela indica a presença de óxidos de ferro hidratados, os quais são indicadores do ambiente pedológico úmido.

Os Latossolos Amarelos textura argilosa (LA 1, LA 4, LA 5 e LA 7) ocorrem em relevo plano e suave ondulado (Rampas e Rampas e Colinas amplas) associado à Latossolo Amarelo textura média.

Nos relevos ondulados e forte ondulados (Colinas pequenas e médias, Colinas pequenas e Morrotes, e Escarpas dissecadas) os Latossolos Amarelos textura argilosa (LA 2, LA 6 e LA 8) se associam a Plintossolo Pétrico Concrecionário distrófico, textura indiscriminada e Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura argilosa.

Ocorre ainda associação de Latossolo Amarelo Distrófico, textura média (LA 3) e Neossolo Quartzarênico Distrófico típico, nos terraços do Rio Tocantins, que apresentam como material de origem sedimentos fluviais arenosos e areno-siltosos, que sofreram pedogênese e reorganização de seus constituintes.

Os Latossolos Vermelho Amarelos Distrófico, textura argilosa (LVA 1 e LVA 3) ocorrem associados à Argissolo Vermelho Amarelo e Plintossolo Pétrico Concrecionário distrófico textura indiscriminada, em relevo suave ondulado, ondulado, e em relevos escarpados (Rampas, Morros amplos, Morrotes e Morros e Escarpas dissecadas) sustentados por granulitos, charnoquitos, enderbitos e kinzigitos (Enderbito Cajazeira).

Argissolos (PVA)

Ocorrem predominantemente em relevo ondulado a forte ondulado e nos segmentos mais inclinados das encostas, como segundo componente da unidade de Latossolo Amarelo de textura argilosa. Compreendem solos minerais com horizonte B textural,

não hidromórficos e moderadamente drenados, com argila de atividade baixa. São solos fortemente ácidos, bem desenvolvidos com profundidades em torno de 200 cm.

O horizonte superficial tipo fraco ou moderado, possui espessura entre 20 e 30 cm, a textura está entre argilosa e argilo-arenosa, com estrutura granular e subangular. Possui relação textural A/B de expressão (textura média/argilosa e argilosa), ou seja, incremento do teor de argila do horizonte superficial para o horizonte subjacente B. O horizonte subsuperficial B tem estrutura em blocos subangulares, com cerosidade e textura variando de franco argilo-arenoso a argila. A soma de bases, em geral, é baixa e como regra, saturação por bases inferior a 50% (distróficos) e a saturação por alumínio é superior a 50% (állicos), portanto pobres em nutrientes. A granulometria mostra a predominância de texturas argilosas.

Na área os Argissolos Vermelho Amarelos estão associados às rochas do embasamento cristalino: monzogranito, sienogranito (Granito João Jorge); gnaisse tonalítico e granodiorítico e granitóide indiferenciado (Complexo Xingu).

Os Argissolos Vermelho Amarelos (PVA 5 e PVA 6) predominam nas áreas de relevo suave ondulado e ondulado (Colinas pequenas e médias) associados com Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa e média e Plintossolo Pétrico Concrecionário distrófico textura argilosa.

Nas áreas de relevo ondulado e forte ondulado (Morrotes e Morros e Morros) os Argissolos Vermelho Amarelos (PVA 1, PVA 2, PVA 4 e PVA 6) associam-se a Neossolo Litólico Distrófico, textura indiscriminada e Plintossolo Pétrico Concrecionário distrófico textura argilosa.

Plintossolos (F)

São solos minerais, formados em condições de restrição a percolação de água, imperfeitamente ou mal drenados com processos de plintitização evidentes podendo ou não apresentar petroplintita (nódulos ou concreções ferruginosas decorrentes de seguidos processos de umedecimento e ressecamento acentuado sofrendo consolidação irreversível). Apresentam-se como concreções, lateritas, canga e tapanhoacanga. O horizonte plíntico ocorre em profundidades variáveis devido à presença, de camadas de impedimento à circulação de água ou do lençol freático. As cores desses solos são variadas, porém, dominam as pálidas com mosqueamentos avermelhados e alaranjados. São solos muito intemperizados, fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e atividade de argila também baixa.

Os solos concrecionários apresentam melhor drenagem e ocupam áreas mais altas em bordas de platôs. Enquanto os plínticos ocupam áreas mais aplainadas e rebaixadas.

Na área de estudo os Plintossolos Pétricos são encontrados associados à Latossolos e Argissolos e em diferentes situações de relevo.

Nitossolo (NV)

Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, de cor vermelho-escura com tonalidades arroxeadas, sendo derivados de rochas básicas. São solos, profundos ou de profundidade média, bem drenados e com textura argilosa e muito argilosa. Na área esses solos têm ocorrência restrita estando associado a relevo de Morrotes e Morros.

Gleissolos (GX)

Encontram-se nas zonas de inundação dos principais rios sobre sedimentos aluvionares recentes, nas planícies fluviais e nos depósitos de colúvios com declives inferiores a 3%. São solos hidromórficos constituídos por material mineral, pouco profundo, com horizonte A moderado ou proeminente, seguido de horizonte C Gleizado por influência do lençol freático a menos de 150 cm da superfície do solo. Encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água evidenciando ambiente redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido.

O horizonte superficial possui cores variáveis, normalmente neutras, textura também variável e estrutura maciça. No horizonte subsuperficial C a cor passa a mosqueada, neutra, de tons acinzentados, azulados ou esverdeados devido à redução e solubilização do ferro, expressando hidromorfia. A textura também é variável e com estrutura maciça. A soma de bases, alumínio trocável e os teores de carbono orgânico destes solos são muito variáveis dependendo da composição do material de origem e de sua época de deposição e, portanto, relacionam-se à origem, à idade dos sedimentos que são desenvolvidos e à qualidade das águas que os saturam.

Na área de estudo apresentam-se distróficos com baixa saturação por bases o que os torna com fertilidade natural baixa. Na área de estudo, ocorrem solos com saturação mais elevada, portanto ricos em nutrientes. São mal a muito mal drenados. Comumente estão associados a Nossolo Flúvico Eutrofico e Distrófico textura indiscriminada, e ocorrem nos diferentes tipos de planícies descritas na área.

Neossolos Flúvicos (RY)

Desenvolvem-se sobre sedimentos fluviais. São encontrados em relevo plano próximo à calha dos principais cursos de água. São solos predominantemente minerais de formação recentes, pouco desenvolvidos, resultantes de deposição fluvial em suas planícies. Tem seqüência de horizontes A fracamente desenvolvido e C, sendo estes, superposições de camadas sedimentares (estratos) de variadas texturas em profundidade.

Devido à natureza dos sedimentos, suas características físico-químicas variam muito. Sua fertilidade natural é variada, pouco profundos a profundos com drenagem moderada ou imperfeita, com predomínio de cores cinzentas.

Neossolo Litólico

São solos minerais não hidromórficos, rudimentares, pouco evoluídos, rasos (menor que 50 cm até o substrato rochoso), com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha matriz, ou sobre horizonte C pouco espesso. São, portanto, solos com horizonte A – R ou A – C – R. São solos suscetíveis aos processos de erosão e à desmoronamentos e quedas de blocos devido ao fraturamento da rocha.

Na área esses solos ocorrem associados aos Argissolos Vermelho Amarelos e a relevos mais dissecados e com presença de afloramentos rochosos.

Afloramentos de Rocha

Os Afloramentos de Rocha (AR) estão associados a setores íngremes das escarpas, a presença de matações localizados nos topos e sopés de encostas íngremes, que formam inselbergs, ou nos canais fluviais como na Volta Grande no Rio Xingu.

Essas ocorrências estão associadas provavelmente a composição mineralógica mais resistente da rocha e/ou devido ao menor grau de fraturamento da rocha.

3.6.3.7

Recursos Minerais

AII

O levantamento dos Direitos Minerários incidentes sobre a área do Empreendimento em pauta foi realizado junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), por meio de consulta ao Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), que possibilita a localização georreferenciada dos títulos minerários, associada às informações do Cadastro Mineiro (SICOM) que reúne as informações sobre a situação dos processos de mineração.

Estas informações foram sobrepostas à AII do Meio Físico do Empreendimento e resultou na verificação da existência de 56 processos ativos. A **Tabela 3.6.3.7.a** resume a situação dos processos de mineração localizados na AII do Empreendimento e na **Figura 3.6.3.7.a** é mostrada a sobreposição da localização destes, considerando as substâncias minerais requeridas, com o traçado da LT e sua AII.

Os direitos minerários ativos referem-se às seguintes substâncias: bauxita/alumínio (12), ouro (12), argila (7), ferro (6), cobre (5), níquel (5), zinco (3), granito (2), basalto (1) e diamante (1). Com relação à extensão das áreas, foram solicitados direitos sobre 117.208,1 ha para bauxita/alumínio, 59.566,8 ha para ouro, 40.655,5 ha para ferro, 50.000 ha para cobre, 27.768,75 ha para zinco e 2.709,2 ha para diamante. Para as demais substâncias foram solicitadas áreas iguais ou menores a 100 ha.

A maioria dos processos está em fase de requerimento e autorização de pesquisa (42), seguido por aqueles em fase de requerimento de licenciamento (8), sendo que dois (2) destes já tiveram as autorizações de licenças publicadas para a extração de argila. Além disso, existem duas solicitações para lavra garimpeira de ouro e duas consultas acerca de disponibilidade de área, também para a exploração de ouro.

Os locais de maior concentração de solicitação de direitos minerários ao longo da LT, localizam-se no Município de Tucuruí estendendo-se até a sua divisa com Pacajá e no Município de Vitória do Xingu, na região da divisa tríplice com Anapu e José Porfírio. As demais áreas encontram-se dispersas nos Municípios de Pacajá e Porto de Moz.

Tabela 3.6.3.7.a
Situação dos Processos de Mineração Localizados na AII do Empreendimento, junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)

Nº Processo DNPM/ano	Área (ha)	Fase/ Ano do último evento do processo	Requerente	Substância
852974/1996	1000	Requerimento de Pesquisa /1999	Paulo Roberto Fonseca Azevedo	Minério de Ouro
850482/2001	9963,93	Autorização de Pesquisa/2008	Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais Ltda.	Alumínio
850147/2002	8070,77	Autorização de Pesquisa/2009	Álvaro Agapito de Moura	Minério de Ouro
850039/2003	10000	Autorização de Pesquisa/2008	G.S. Extração e Comércio de Areia Ltda. EPP	Minério de Ouro
850576/2003	2,25	Licenciamento/2004	Serra & Serra Ltda.	Argila
850442/2004	48,78	Licenciamento/2008	Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A	Areia
850484/2004	318,65	Lavra Garimpeira/2007	Cooperativa dos Garimpeiros do Xingu Ltda. - COOXIN	Minério de Ouro
850739/2004	9800	Autorização de Pesquisa/2008	Xstrata Brasil Exploração Mineral Ltda.	Minério de Níquel
850234/2006	10000	Autorização de Pesquisa/2008	Companhia Vale do Rio Doce	Cobre
850222/2006	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Companhia Vale do Rio Doce	Cobre
850226/2006	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Companhia Vale do Rio Doce	Cobre
850371/2006	2	Licenciamento/2007	Jesus & Scaparo Ltda. - ME	Argila
850469/2006	8308,27	Autorização de Pesquisa/2008	G.S. Extração e Comércio de Areia Ltda. EPP	Minério de Ouro
850257/2007	19,48	Licenciamento/2008	Construções e Comércio Camargo Corrêa S/A.	Basalto
851059/2007	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita
851063/2007	7500	Autorização de Pesquisa/2009	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita
850115/2008	9966,39	Autorização de Pesquisa/2009	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850114/2008	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850389/2001	10000	Autorização de Pesquisa/2006	Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais Ltda.	Alumínio
850485/2001	10000	Autorização de Pesquisa /2008	Rio Tinto Desenvolvimentos Minerais Ltda.	Alumínio

Nº Processo DNP/ano	Área (ha)	Fase/ Ano do último evento do processo	Requerente	Substância
850486/2001	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Rio Tinto Desenvolvimentos Minerai Ltda.	Alumínio
850017/2002	1,69	Licenciamento/2002	Matilde Aparecida Bittencourt da Silveira	Argila
850673/2008	2709,2	Requerimento de Pesquisa/2008	Francisco Severino Barbosa Júnior	Diamante
850143/2002	2670,07	Autorização de Pesquisa/2007	Álvaro Agapito de Moura	Minério de Ouro
850086/2004	5,75	Licenciamento/2004	Jesus & Scaparo Ltda. - ME	Argila
850288/2006	1999,8	Autorização de Pesquisa/2008	Wagner Fernandes de Oliveira	Minério de Níquel
850940/2007	9884,73	Requerimento de Pesquisa/2007	Cooperativa dos Garimpeiros do Xingu Ltda. - COOXIN	Minério de Ouro
851061/2007	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita
850020/2008	50	Autorização de Pesquisa/2009	Valdir de Lima Vilas Boas	Granito
850113/2008	10000	Autorização de Pesquisa/2009	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850425/2008	10000	Requerimento de Pesquisa/2008	Vtech Empreendimentos Minerai Ltda	Minério de Zinco
852582/1997	50	Requerimento de Lavra Garimpeira /2005	Paulo Roberto Fonseca Azevedo	Minério de Ouro
850047/2001	50	Autorização de Pesquisa/2008	Egesa Engenharia S.A.	Granito
850641/2003	7924,96	Autorização de Pesquisa/2008	Cooperativa dos Garimpeiros do Xingu Ltda. - COOXIN	Minério de Ouro
850242/2004	10000	Autorização de Pesquisa/2008	Keystone Ltda	Bauxita
850740/2004	9000	Autorização de Pesquisa/2008	Xstrata Brasil Exploração Mineral Ltda.	Minério de Níquel
850224/2006	10000	Autorização de Pesquisa /2009	Companhia Vale do Rio Doce	Cobre
850225/2006	10000	Autorização de Pesquisa	Companhia Vale do Rio Doce	Cobre
850592/2006	2204,59	Autorização de Pesquisa/2008	G.S. Extração e Comércio de Areia Ltda. EPP	Minério de Ouro
850990/2007	100	Autorização de Pesquisa/2009	Wagner Fernandes de Oliveira	Minério de Níquel
851060/2007	9900,01	Requerimento de Pesquisa/2008	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita
851188/2008	5,2	Requerimento de Licenciamento/2008	Jesus & Scaparo Ltda. – ME	Argila
850422/2008	8618,41	Requerimento de Pesquisa/2008	Vtech Empreendimentos Minerai Ltda	Minério de Zinco
851062/2007	9992,88	Requerimento de Pesquisa/2008	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita
850618/2008	12,35	Requerimento de Licenciamento/2008	Industria Cerâmica Corte Real Ltda.	Argila
850656/2008	20	Requerimento de Licenciamento/2008	José V. S. Furtado	Areia
850424/2008	9150,33	Requerimento de Pesquisa/2008	Vtech Empreendimentos Minerai Ltda	Minério de Zinco
850661/2008	0,4	Requerimento de Licenciamento/2008	Cerâmica Marajá Filho Ltda. - ME	Argila
851226/2008	9890,43	Requerimento de Pesquisa/2008	Mineração Sao Jorge ltda.	Bauxita

Nº Processo DNP/ano	Área (ha)	Fase/ Ano do último evento do processo	Requerente	Substância
851225/2008	9960,84	Requerimento de Pesquisa/2008	Mineração Sao Jorge Ltda.	Bauxita
850573/2007	7120,04	Requerimento de Pesquisa/2008	Wagner Fernandes de Oliveira	Minério de Níquel
850165/2008	4494,17	Requerimento de Pesquisa/2008	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850165/2008	3129,81	Requerimento de Pesquisa/2008	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850037/2009	3065,14	Requerimento de Pesquisa/2009	Biochin Importadora e Exportadora Ltda.	Minério de Ferro
850145/2002	9884,73	Disponibilidade/2007	Álvaro Agapito de Moura	Minério de Ouro
850068/2006	250	Disponibilidade/2008	Lylla Luiza Sfredo	Ouro

Por fim, convém ressaltar que aspectos relativos às áreas de empréstimo e bota-foras, bem como o fornecimento de materiais minerais para a obra, são abordados com detalhe ao longo da **Seção 3.4**, Caracterização do Empreendimento e, mais especificamente na **Seção 3.4.8**, Infraestrutura de Apoio.

3.6.3.8 Patrimônio Paleontológico

AII

O diagnóstico paleontológico completo para a AII e AID do empreendimento, realizado por meio de levantamentos secundários de geologia e paleontologia, incluindo pesquisas na base PALEO da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM/Serviço Geológico do Brasil), encontra-se no **Anexo 8**.

O levantamento de dados geológicos e paleontológicos, realizado de forma conjunta, permitiu apontar as principais unidades litoestratigráficas que possuem conteúdo fóssilífero registrado e inferir a respeito de novos achados paleontológicos. Este fato deve-se à estreita relação entre as rochas e conteúdo fóssilífero, exceto no caso dos achados paleontológicos de megafauna, os quais podem ser encontrados em cavernas e calhas de drenagens.

Geologicamente, de acordo com o diagnóstico apresentado, o trecho atravessado pela LT é constituído por terrenos de médio e alto grau metamórficos representados por rochas gnáissico-migmatíticas, granulíticas e suítes graníticas que compõem o embasamento cristalino e rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas. Os sedimentos da Bacia do Amazonas são representados por folhelhos, siltitos, diamictitos, silxitos e arenitos finos a médio do Grupo Trombetas; arenitos, siltitos e folhelhos das formações Maecuru e Erecê e Grupo Curuá; por quartzo arenitos, quartzo grauvacas, arenitos e argilitos da Formação Alter do Chão; além de lateritas maduras do Terciário inferior; e ainda, por sedimentos inconsolidados de origem fluvial holocênica, associada à planície fluvial do rio Amazonas.

As rochas pertencentes ao embasamento, devido aos seus litotipos e idade de formação, possuem inexpressiva possibilidade para novos achados paleontológicos. Nas sucessões sedimentares posteriores, abrangidas pelas rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Amazonas, há várias ocorrências de microfósseis e macrofósseis, especialmente nas rochas de idade devoniana e cretácica.

As unidades litoestratigráficas potencialmente fossilíferas da Bacia do Amazonas, atravessadas pela LT, são representadas pelas rochas do Grupo Trombetas, Grupo Curuá e formações Maecuru, Ererê e Alter do Chão.

Em sedimentos do Grupo Trombetas foram encontradas associações de icnofósseis, além de fauna de braquiópodes e moluscos, consistindo em litotipos potencialmente importantes para a ocorrência de depósitos icnofossilíferos e fossilíferos.

A Formação Maecuru contém fauna de invertebrados marinhos devonianos que inclui crinóides, restos de trilobitas, moluscos, briozoários, corais, conulárias e tentaculítidas, além de outras espécies macroinvertebrados, principalmente em seu Membro Lontra. O registro fossilífero da Formação Ererê inclui trilobitas, braquiópodes, moluscos, ostracodes, escolecodontes e tentaculítídeos. Os sedimentos pertencentes ao Grupo Curuá não possuem registros de macrofósseis em seus depósitos, porém folhelhos pretos, pertencentes ao Grupo são rochas potencialmente passíveis de serem encontrados fósseis.

Nos litotipos da Formação Alter do Chão foram encontrados fragmentos de âmbar, marcas de raízes, restos de peixes, fragmentos de vegetais superiores, ostracodes e conchostráceos.

As ocorrências registradas, apresentadas no **Anexo 8** não foram observadas em municípios interceptados pela LT Tucuruí-Xingu-Jurupari. Os registros fossilíferos mais próximos localizam-se nos municípios de Brasil Novo (Grupo Trombetas e Formação Maecuru), Medicilândia (Grupo Trombetas e Formação Maecuru), Altamira (Grupo Trombetas), Monte Alegre (Grupo Trombetas, Formação Ererê e Formação Alter do Chão) e Oriximiná (Grupo Trombetas).

De acordo com o diagnóstico efetuado, apesar da inexistência de ocorrências paleontológicas nos municípios interferidos pela linha de transmissão (Tucuruí-Xingu-Jurupari), registros em outras porções da Bacia Geológica do Amazonas, indicam a possibilidade de novos achados. Considerou-se também que a área é pouco estudada, de difícil acesso e conseqüentemente pouco prospectada, o que provavelmente impossibilitou novas descobertas de fósseis, inclusive nos municípios seccionados pelo empreendimento.

A área de ocorrência das rochas paleozóicas restringe-se a um trecho compreendido entre os Vértices V04 e V07 e as rochas mesozóicas ao trecho entre os Vértices V07 e V20 da LT Tucuruí-Xingu-Jurupari, todos situados no segmento entre a SE Xingu e Jurupari.

Com relação às coberturas cenozóicas, compostas por sedimentos inconsolidados, apesar da inexistência de registros paleontológicos na região, atenção deve ser dada, pois estas podem apresentar vestígios da megafauna. As coberturas cenozóicas ocorrem predominantemente entre os Vértices V19 e V28, também do segmento da LT situado entre a SE Xingu e Jurupari e, em outros trechos de forma mais restrita, conforme apresentado no Mapa Geológico da AII (**Figura 3.6.3.2.d**).

3.6.3.9

Recursos Hídricos

AII

Águas Superficiais

Para a caracterização regional dos recursos hídricos superficiais foram utilizadas informações e dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas – ANA - (BRASIL/ANA, 2005; 2007a; 2007b; 2007c; 2009), nos Resumos Técnicos ou Cadernos Regionais das Regiões Hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia, que subsidiaram a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA/SRH, 2005; 2006), bem como relatórios técnicos e artigos produzidos por técnicos e pesquisadores da extinta Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM (SECTAM/NHM, 2005a; 2005b; 2006); além de outros relatórios (ELETRONORTE, 2002).

De acordo com a Divisão Hidrográfica Nacional, estabelecida pela Resolução CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2003, que define 12 regiões hidrográficas para o país, a AII do empreendimento pertence às Regiões Hidrográficas Amazônica e do Tocantins-Araguaia (**Figura 3.6.3.9.a**).

Figura 3.6.3.9.a
Divisão Hidrográfica Nacional (Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos)



Fonte: BRASIL/ANA, 2007a

A partir da observação da localização dos principais corpos d’água, ao longo da AII da LT Tucuruí – Xingu - Jurupari, mostrada na **Figura 3.6.3.9.b**, é possível verificar que aqueles pertencentes à Bacia do Rio Xingu fazem parte da Região Hidrográfica Amazônica, bem como o próprio Rio Amazonas e as Bacias dos Rios Anapu, Pacajá e Tocantins, fazem parte da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

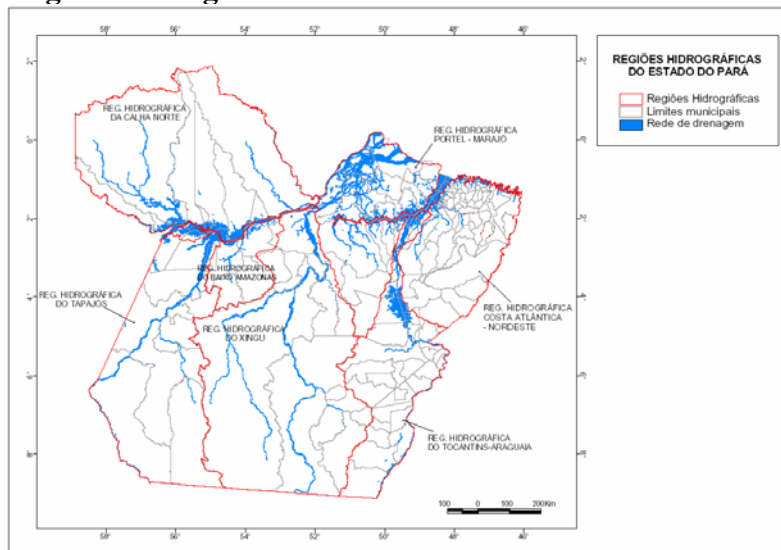
A Divisão Hidrográfica do Estado do Pará considera 20 grandes bacias hidrográficas, as quais, em termos de viabilidade de planejamento foram agrupadas em 7 Regiões Hidrográficas e 13 Subregiões ou Unidades Hidrográficas de Planejamento (UHPLAN), como apresentado na **Figura 3.6.3.9.c** e **Tabela 3.6.3.9.a** (SECTAM/NHM, 2006).

Tabela 3.6.3.9.a
Regiões Hidrográficas, Sub-regiões e Unidades de Planejamento (UHPLANS)

Regiões Hidrográficas	Área (km ²) da região hidrográfica	Sub-Regiões	UHPLAN
Costa Atlântica-Nordeste	122050,94	Atlântico	1
		Gurupi	2
		Moju-Capim	3
Tocantins-Araguaia	139942,45	Tocantins	4
		Araguaia	5
Xingu	313233,00	-	6
Tapajós	217732,54	-	7
Calha Norte	276327,05	Nhamundá-Trombetas	8
		Cuminapanema/Maicuru	9
		Paru/Jari	10
Baixo Amazonas	59741,02	-	11
Portel-Marajó	123209,90	Portel	12
		Arquipélago do Marajó	13

Fonte: Lima *et al.* (2003); Lima, Lima e Fontinhas (2002)

Figura 3.6.3.9.c
Regiões Hidrográficas do Estado do Pará



Fonte: SECTAM/NHM (2005b)

O empreendimento intercepta principalmente áreas das unidades UHPLAN 12 (Subregião Hidrográfica de Portel, Região Hidrográfica de Portel-Marajó) e UHPLAN 6 (Região do Xingu). As unidades UHPLAN 4 (Subregião Hidrográfica do Tocantins, Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia) e UHPLAN 10 (Subregião Paru-Jari, Região Calha Norte), localizadas nos extremos sul e norte da AAI do empreendimento, respectivamente, são interceptadas em pequenos trechos pela LT. Na **Tabela 3.6.3.9.b** são apresentadas as áreas e respectivas bacias hidrográficas pertencentes a estas unidades.

Tabela 3.6.3.9.b
Regiões Hidrográficas, Subregiões, Unidades de Planejamento (UHPLANs) e Bacias atravessadas pela LT Tucuruí-Xingu-Jurupari

Regiões Hidrográficas	Área (km ²) da região hidrográfica	Sub-Regiões	UHPLAN	Bacias Principais
Tocantins-Araguaia	139942,45	Tocantins	4	Tocantins
Xingu	313233,00	Xingu	6	Xingu
Calha Norte	276327,05	Paru/Jari	10	Paru
Portel-Marajó	123209,90	Portel	12	Pacajá Anapu

Fonte: adaptado de Lima, Lima, Fontinhas (2002)

A seguir é feita uma caracterização acerca da disponibilidade, qualidade e usos dos recursos hídricos superficiais das bacias dos Rios Xingu (Subregião do Xingu, de acordo com a divisão estadual e Região Hidrográfica Amazônica, de acordo com a divisão nacional) e Bacias dos Rios Anapu e Pacajá (Subregião de Portel, de acordo com a divisão estadual e Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, de acordo com a divisão nacional).

Informações relevantes acerca das bacias dos rios Paru (Subregião Calha Norte, de acordo com a divisão estadual e Região Hidrográfica Amazônica, de acordo com a divisão nacional) e Tocantins (Subregião Tocantins, de acordo com a divisão estadual e Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, de acordo com a divisão nacional), também interceptadas pelo empreendimento, serão apresentadas em conjunto com as informações das sub-regiões do Xingu e Anapu - Pacajá, respectivamente, devido ao posicionamento espacial adjacente a estas e às pequenas porções destas bacias atravessadas pela LT. O trecho da bacia do rio Paru atravessado pela LT é inferior a 2 km e do rio Tocantins é de cerca de 40 km.

Apesar da existência da divisão hidrográfica estadual para fins de gerenciamento dos recursos hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos não foi finalizado, tampouco foram criados comitês de bacia no Estado do Pará. Os planos de bacias interestaduais do Tocantins-Araguaia e dos afluentes da margem direita do rio Amazonas, encontram-se em elaboração.

Desta forma, devido à inexistência de informações mais detalhadas em nível estadual, as estimativas de disponibilidade da água são baseadas nos dados pluviométricos e fluviométricos (**Figura 3.6.3.9.b**) do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas e nas séries de vazões naturais utilizadas no planejamento do setor elétrico (BRASIL/ANA, 2007a).

Para a relação entre disponibilidade e demanda foi considerada como disponibilidade hídrica a vazão com permanência de 95% e as demandas foram calculadas considerando-se dados obtidos em censos demográficos, agropecuários e industriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e do projeto “Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN”, conforme apresentado em BRASIL/ANA (2007a).

Da mesma forma, as informações acerca de qualidade e usos foram obtidas em publicações da Agência Nacional de Águas (BRASIL/ANA, 2005; 2007a; 2007b; 2007c; 2009).

Bacia do Rio Xingu

O rio Xingu, um dos principais tributários da margem direita do rio Amazonas, apresenta uma bacia de forma alongada no sentido Sul-Norte, com largura máxima de 550 km no sentido Leste-Oeste, limitando-se ao Sul e Leste, com a bacia do Tocantins/Araguaia, a Oeste, com a bacia do Tapajós, e a Sudoeste, com a bacia do Paraguai (ELETRONORTE, 2002).

Com uma área total de 509.000 km² compreendida entre os paralelos 1° e 15° de latitude Sul e os meridianos 50° e 55° de longitude Oeste, a bacia representa 7,8% da área da bacia Amazônica.

Possui como principal formador o rio Coluene, que nasce no estado do Mato Grosso, a cerca de 800 m de altitude. Este, ao receber as águas do rio Sete de Setembro, passa a se

denominar Xingu. Seu curso tem extensão total de 1.815 km e os principais componentes de sua malha hidrográfica são os rios Iriri, Maniçauá-Miçu e Ronuro, pela margem esquerda, e Bacajá, Fresco, Comandante Fontoura e Suiá-Miçu, pela margem direita.

A porção da bacia hidrográfica do Rio Xingu compreendida na AII inclui parte do território dos municípios de Anapu, Senador José Porfírio, Vitória do Xingu e Porto de Moz. O corpo principal do Rio Xingu é interceptado pela LT Tucuruí – Xingu - Jurupari na região da Volta Grande do Xingu. A partir deste ponto a LT acompanha paralelamente o Rio Xingu até a altura da sede do Município de Porto de Moz, quando o traçado da linha segue em direção à Ilha de Jurupari, no rio Amazonas, e alcança sua margem norte até a futura SE Jurupari, no âmbito da bacia do rio Paru. No trecho da AII a bacia do rio Xingu tem como principais afluentes os rios Bacajá e Iriri, não interceptados pela LT e os rios Acarai e Jarauçu, interceptados.

Na parte sul da bacia, exceto nas cabeceiras, os cursos d'água possuem baixas declividades, percorrendo extensa planície, com trajetos tortuosos que formam lagos e braços mortos. No trecho compreendido entre a rodovia BR-080 e a cidade de Altamira, apresenta declividade média da ordem de 0,15 m/km, que se eleva, acentuadamente, na chamada Volta Grande do Xingu, entre Altamira e a localidade de Belo Monte, alcançando 0,60 m/km (ELETRONORTE, 2002).

Nesta região está previsto o aproveitamento hidroelétrico de Belo Monte, com potencial estimado em mais de 11.000 MW, conforme descrito na **Seção 3.6.5.2** (Aspectos Geopolíticos da AAR). Estudos publicados em 2004 (*apud* BRASIL/ANA, 2007c) apontaram que a Sub-bacia do Rio Xingu, incluindo parte dos rios Amazonas, Iriri e Paru possui um potencial total de 27.931 MW, incluído o projeto de Belo Monte, sendo que deste total foram inventariados 22.789 MW, representando aproximadamente 14% de todo o potencial inventariado no País.

As principais hidrovias administradas pela Administração das Hidrovias da Amazônia Oriental - AHIMOR, em sua área de atuação que envolve os Estados do Pará e Amapá, correspondem às hidrovias do Amazonas, do Marajó, do Tapajós-Teles Pires, além dos rios navegáveis Xingu, Trombetas e Jari. O rio Xingu é navegável regularmente em um trecho de 220 km, desde sua foz até a localidade de Belo Monte, no município de Altamira (PA). Em meses de estiagem, a profundidade mínima atinge 1,40 m, sendo mais utilizado para o transporte de combustível e de carga geral (BRASIL/ANA, 2007c)

A influência das marés é sentida na região da foz do rio Xingu em área de várzea do rio Amazonas (SECTAM/NHM, 2006). Vieira (2000 *apud* MCGRATH; PENA DA GAMA, 2005) distingue duas regiões de várzea do rio Amazonas: uma continental, que se estende do limite com a Colômbia até a cidade de Óbidos, com uma área de 87.600 km², e a várzea da marinha, que se estende de Óbidos até a foz do rio Xingu, com uma área de 70.081 km². A principal característica que diferencia essas duas regiões é a influência da maré.

O trecho da LT, aproximadamente entre Porto de Moz e a SE Jurupari, localiza-se em área de várzea marinha do rio Amazonas. Esta se forma sob a influência de dois regimes de inundação: um de enchentes periódicas e outro de enchentes diárias. As enchentes periódicas, anuais, enchem durante aproximadamente 5 meses e vazam por igual período, sendo que no clímax das enchentes, a água transborda, inunda as várzeas e permanece de 1 a 3 meses (NHM/SECTAM, 2006).

Este regime possibilita a instalação de um ambiente de alta produtividade, marcado pela fartura de peixes e solos férteis, porém, a forte sazonalidade (o tempo de inundação pode durar até 6 meses), dificulta o uso racional das mesmas. As maiores vazões na região amazônica são observadas entre os meses de maio a julho e as menores entre outubro e novembro (BRASIL/ANA, 2007a).

De acordo com dados apresentados nos resumos técnicos de subsídio ao desenvolvimento do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA/SRH, 2006), a bacia do rio Xingu possui uma vazão média de 9.701 m³/s, demanda por água de 2,9 m³/s e disponibilidade de 824.223 m³/hab./ano de água superficial. Este valor de disponibilidade é superior em mais de 450 vezes o valor recomendado pela UNESCO (2003 *apud* MMA/SRH, 2006) de 1.700 m³/hab./ano, sendo considerado como um valor confortável de disponibilidade.

Segundo dados de BRASIL/ANA (2007a), a relação entre a demanda total e a disponibilidade média em toda a Bacia do Xingu, bem como na bacia do Paru é inferior a 5%. Este índice classifica a retirada de água excelente e indica a necessidade de pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento, de acordo com classificação da ANA (2005 *apud* MMA/SRH, 2006).

Em termos de contribuição intermediária específica no trecho da AII, a bacia do Rio Xingu, apresenta uma vazão específica entre 10 e 20 l/s/km² e a bacia do Rio Paru entre 20 e 40 l/s/km², de acordo com BRASIL/ANA (2007a).

Apesar da bacia do Xingu não apresentar problemas de disponibilidade hídrica, problemas relacionados à sua qualidade existem e associam-se a acidentes com produtos perigosos em vias navegáveis, devido ao seu transporte e o armazenamento; ao uso de mercúrio utilizado para a recuperação do ouro em garimpos; ao desmatamento, erosão e contaminação das águas por agrotóxicos, devidos à expansão agrícola. Destes problemas os mais correntes na bacia do Xingu são mineração (sul de Altamira) e erosão e assoreamento nas cabeceiras (BRASIL/ANA, 2005).

Informações acerca da participação dos principais setores na demanda de água na Bacia do Rio Xingu não se encontram disponíveis em valores percentuais, no entanto, considera-se que ocorram baixas vazões de retirada, sendo que o uso animal é preponderante em relação aos demais usos, sendo seguido pela irrigação e uso urbano (BRASIL/ANA, 2009).

Bacias dos Rios Anapu e Pacajá

O rio Pacajá nasce na divisa do município de Novo Repartimento com Marabá e São Félix do Xingu, no Estado do Pará. Possui como principais tributários os rios Arataú, Pucuruí, Aruanã, Tueré e Arapari. Compreende total ou parcialmente os municípios de Anapu, Novo Repartimento e Portel. O empreendimento intercepta o corpo principal do rio Pacajá no município de mesmo nome.

O rio Anapu nasce na divisa dos municípios paraenses de Novo Repartimento, Pacajá e Anapu e seus principais afluentes são os rios Pracuí, Caxiuanã, Iaú-Iabu, Igarapés Pilão, São João e Praia. A LT em estudo atravessa seu corpo principal no município de Anapu.

As bacias dos rios Anapu e Pacajá pertencem à UHPLAN 12, denominada de Subregião Portel, Região Hidrográfica do Portel-Marajó, de acordo com a Divisão Hidrográfica do Estado. Com relação à Divisão Hidrográfica Nacional, pertencem à Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

Estudos acerca do balanço entre demanda e disponibilidade de água na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia foram calculados considerando-se a vazão de retirada para usos consuntivos e a disponibilidade hídrica (vazão com permanência de 95%). A vazão média desta região hidrográfica é de 13.624 m³/s e a disponibilidade média para toda a região hidrográfica é de 59.858 m³/hab./ano (BRASIL/ANA 2007a).

Na **Tabela 3.6.3.9.c** são apresentados dados do balanço entre demanda e disponibilidade de água na sub-região do Baixo Tocantins, onde se encontra a área atravessada pela LT Tucuruí – Xingu - Jurpari que inclui as bacias dos Rios Anapu e Pacajá. Nesta sub-região a demanda é de 7,3 m³/s e a vazão média de 3.590,1 m³/s. A relação entre a demanda total e a disponibilidade média é de cerca de 0,9%, ou seja, bem inferior a 5%, considerado excelente. Para este índice, de acordo com classificação da ANA (2005 *apud* MMA/SRH, 2005), considera-se a necessidade de pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento. O trecho do Rio Tocantins pertencente à AII também apresenta a relação entre demanda e disponibilidade inferior a 5% (BRASIL/ANA, 2007a).

Em termos de disponibilidade hídrica por habitante, a área das bacias dos Rios Anapu e Pacajá, atravessada pelo empreendimento, é considerada muito rica, com uma disponibilidade superior a 100.000 m³/hab./ano. Este valor é superior em mais de 50 vezes o valor recomendado pela UNESCO (2003 *apud* MMA/SRH, 2006) de 1.700 m³/hab./ano, sendo considerado como um valor confortável de disponibilidade.

Em termos de contribuição intermediária específica as Bacias dos Rios Anapu e Pacajá, apresentaram uma vazão específica entre 15 a 30 l/s/km² (ANA, 2009).

Tabela 3.6.3.9.c**Balço entre Demanda e Disponibilidade de Água na Sub-região do Baixo Tocantins, Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**

Subdivisão Hidrográfica 2	Demanda (m ³ /s)						Vazão (m ³ /s)		Dem /Disp %
	Urbana	Rural	Animal	Industrial	Irrigação	Total	Q	Q95	
Acará	0,265	0,166	0,199	0,098	0,048	0,777	494,4	46,5	1,67
Foz Tocantins	1,175	0,264	0,196	0,272	0,078	1,984	184,6	65,9	3,01
Guamá	0,689	0,306	0,614	0,202	0,047	1,858	817,1	136,0	1,37
Pará-Tocantins	0,069	0,146	0,136	0,008	0,001	0,359	1036,4	370,1	0,10
Tocantins 08	0,552	0,198	1,077	0,090	0,049	1,966	972,2	183,1	1,07
Tocantins 09	0,276	0,054	0,027	0,008	0,004	0,369	85,4	16,1	2,29
Total Baixo Tocantins	3,026	1,134	2,249	0,678	0,227	7,313	3590,1	817,7	0,89

Fonte: ANA/MMA (2005 *apud* MMA/SRH, 2005)

Os principais usos consuntivos de água para a sub-região do Baixo Tocantins são para uso urbano (41%), seguidos de criação animal (30,7%), rural (15,5%), industrial (9,3%) e irrigação (3,1%). Informações acerca da participação dos principais setores na demanda de água nas bacias dos rios Anapu e Pacajá não se encontram disponíveis em valores percentuais, no entanto, considera-se que o uso animal e irrigação sejam preponderantes em relação aos demais usos, seguindo a tendência de toda a Região Hidrográfica, que inclui também a bacia do rio Tocantins (BRASIL/ANA, 2009).

Com relação as vazões do Rio Tocantins em Tucuruí, dados apresentados em BRASIL/ANA (2007a), apontam vazões média de 10.948 m³/s, máximas (22.500 m³/s) entre os meses de fevereiro a abril e mínimas (2.500 m³/s) entre os meses de setembro e outubro. Ressalta-se que a usina de Tucuruí causa uma regularização de cerca de 43% na vazão média, resultando numa vazão regularizada de 4.755 m³/s.

Do exposto, considera-se que a relação entre as demandas e a disponibilidade de recursos hídricos apresenta uma situação confortável na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia que inclui as bacias dos rios Anapu, Pacajá e Tocantins, excetuando algumas regiões de cabeceiras, principalmente deste último, onde as atividades de irrigação se intensificaram nos últimos anos (BRASIL/ANA, 2007a).

Entre os principais conflitos que se verificam atualmente na região relacionados à qualidade dos corpos d'água podem-se destacar as atividades de mineração; o lançamento de esgotos domésticos; a contaminação por fontes difusas, incluindo agrotóxicos, fertilizantes, sedimentos carreados por ação erosiva em solos mal manejados, entre outros; e, o lançamento de efluentes com grande quantidade de matéria orgânica proveniente de matadouros e frigoríficos de bovinos e suínos nas proximidades de cursos d'água.

No entanto, no âmbito da AII não foram identificadas áreas críticas com fontes de poluição. De qualquer forma, destaca-se que os municípios de Anapu e Pacajá possuem

área desmatada entre 100-200 km² (dados de 2004, apresentados em BRASIL/ANA, 2005), e que a ocorrência de esgostos domésticos e efluentes industriais nas proximidades de Belém pode eventualmente comprometer a qualidade da água a montante, inclusive a região da foz do rio Xingu, devido ao regime de marés atuante na região de Portel-Marajó.

Nestas áreas de várzeas próximas ao mar, o regime das marés comanda as inundações que enchem e vazam duas vezes por dia, influenciando a direção das correntes, a intensidade da sedimentação, a qualidade da água, o transporte de sementes e a oscilação do nível das inundações (SECTAM/NHM, 2006).

Com relação ao aproveitamento hidroviário destaca-se a hidrovia Tocantins-Araguaia, a qual poderá alcançar mais de 3.000 km com a integração dos rios Tocantins, Araguaia e das Mortes, ligando o Brasil Central aos portos de Belém e Vila do Conde, no Pará e, pela ferrovia dos Carajás, aos portos de Itaqui e Ponta da Madeira, no Maranhão.

A navegação no rio Tocantins ocorre de forma descontínua em 1.152 km, divididos em três trechos: da foz até a barragem de Tucuruí, trecho com 254 km e calado mínimo 1,50 m; de Tucuruí até Imperatriz (MA), trecho com 458 km e calado mínimo de 1,00 m; e, de Estreito (MA) até a barragem de Lajeado, trecho com 440 km e calado mínimo de 1,00 m.

O trecho que vai da foz do Tocantins até a barragem de Tucuruí tem seu regime fluvial determinado pelas vazões efluentes da UHE Tucuruí e pela variação das marés, apresentando excelentes condições de navegabilidade para embarcações com calado de pelo menos 1,50 m, durante o ano todo. A interrupção entre os dois primeiros trechos ocorre pela existência da barragem de Tucuruí, cujo sistema de eclusas se encontra em construção (BRASIL/ANA, 2007c), conforme descrito na **Seção 3.6.5.2** (Aspectos Geopolíticos da AAR).

O potencial hidrelétrico total da Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, considerando-se a soma do potencial estimado e o inventariado, apresenta valor total de 26.285 MW. O potencial hidrelétrico instalado da Região Hidrográfica totaliza 6.981 MW, distribuídos em 28 centrais hidrelétricas. Entre as hidrelétricas destacam-se a usina de Tucuruí, localizada no baixo Tocantins, e as usinas Serra da Mesa, Cana Brava, Peixe Angical e Luis Eduardo Magalhães (Lajeado), localizadas no alto Tocantins. As usinas hidrelétricas em implantação ou previstas localizam-se a montante da Usina de Tucuruí, fora da AII do empreendimento (BRASIL/ANA, 2007c).

Águas Subterrâneas

A caracterização dos aquíferos na AII do empreendimento foi feita tomando como base os Cadernos Regionais das Regiões Hidrográficas Amazônica (MMA/SRH, 2006) e Tocantins-Araguaia (MMA/SRH, 2005), que subsidiaram a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos, além de informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (BRASIL/ANA, 2007a; 2007b) e aquelas obtidas na caracterização geológica da AII do empreendimento (**Seção 3.6.3.2**).

As potencialidades dos aquíferos foram calculadas a partir do Mapa Geológico e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, além dos dados fluviométricos do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (BRASIL/ANA, 2007a). Neste estudo, considerou-se que as reservas exploráveis correspondem a 20% das reservas reguladoras ou renováveis, ou seja, corresponde a 20 % do volume de água armazenada no aquífero acima do nível freático mínimo, sendo que para a definição deste escoamento básico dos rios foram utilizados dados das estações fluviométricas.

A análise da relação demanda e disponibilidade hídrica subterrânea foi feita utilizando o conceito de vazão de retirada potencial, que corresponde ao volume de água retirado pelos municípios situados sobre a área de recarga dos aquíferos (BRASIL/ANA, 2007a).

A partir da caracterização das unidades litoestratigráficas que ocorrem na área e do seu provável comportamento hidrogeológico homogêneo foram distinguidos dois Domínios Hidrogeológicos, quais sejam o Domínio Fraturado, com porosidade secundária fissural e o Domínio Poroso, com porosidade intergranular, apresentados no Mapa da **Figura 3.6.3.9.d**.

Na AII da LT Tucuruí-Xingu-Jurupari, os sistemas fissurais podem ser associados às rochas do embasamento cristalino constituídos por gnaisses migmatíticos e granulitos, representados na área pelas rochas do Complexo Xingu e Enderbitto Cajazeiras, além das suítes graníticas, representadas na área pela Suíte do Monzogranito São Jorge. Estas litologias ocorrem a sul da SE Xingu e podem apresentar aquíferos locais associados a zonas fraturadas e outras discontinuidades geológicas, no entanto, não existem dados detalhados acerca das suas disponibilidades hídricas e qualidade de suas águas.

Em geral, os sistemas aquíferos fissurais, têm baixa produtividade quando aflorantes, mas podem apresentar maior produtividade quando recobertos por coberturas detríticas de espessuras decimétricas, muito comuns na região amazônica. Estas áreas das coberturas, de porosidade primária, constituem-se em reservatórios hídricos de boa potencialidade, que permitem a recarga contínua do sistema fissurado subjacente. As vazões dos poços nestes terrenos situam-se, de modo geral, entre 6 e 8 m³/h (BRASIL/ANA, 2007a).

Os aquíferos sedimentares associam-se à Bacia Sedimentar do Amazonas, constituída por seqüências sedimentares que vão do Paleozóico, aflorante nas margens da bacia Amazônica, ao Cenozóico, que ocupa toda a porção central da bacia.

As rochas da Bacia do Amazonas que ocorrem na AII são representadas pelos sedimentos do Grupo Trombetas, Formações Maecuru e Ererê e Grupo Curuá, além da Formação Alter do Chão.

Dentre estas unidades litoestratigráficas, o sistema aquífero com maior conhecimento hidrogeológico e maior potencial de produtividade é o Aquífero Alter do Chão. Este sistema apresenta bons índices de produtividade em diversas áreas, sendo explorado nas regiões de Ilha de Marajó, Macapá, Belém Santarém e Manaus. Nessas regiões a captação é efetuada tanto por poços tubulares (com profundidade de 60 a 250 m), como por sistemas de ponteiros e poços amazonas. As vazões são extremamente variáveis (10 a 100 m³/h) (MMA/SRH 2005; 2006).

De acordo com dados apresentados em BRASIL/ANA (2007a), o Sistema Aquífero Alter do Chão é do tipo poroso e livre, possui uma área de recarga de 312.574 km², espessura máxima de 1.250 m, reserva renovável de 1.247,5 m³/s e explorável de 249,5 m³/s, as quais correspondem a cerca de 6,1% das reservas dos principais sistema aquíferos brasileiros.

Na região da cidade de Manaus, o aquífero Alter do Chão apresenta uma espessura de cerca de 200 m, sendo que a espessura média obtida em 145 poços consultados foi de 133 m. Ainda com relação a esta análise obtiveram-se médias de vazão de 53,8 m³/h, e de capacidade específica de 1,893 m³/h/m, a qual indica uma elevada produtividade. Os parâmetros hidrodinâmicos médios do sistema aquífero são: $7,0 \cdot 10^{-5}$ m²/s de transmissividade, $1,4 \cdot 10^{-5}$ m/s de condutividade hidráulica e $3,5 \cdot 10^{-2}$ de coeficiente de armazenamento (condições de aquífero livre) (COSTA, 1994 *apud* BRASIL/ANA, 2007a).

Quanto ao caráter qualitativo de suas águas, o sistema Alter do Chão apresenta água de boa qualidade com pH médio de 4,8 e sólidos totais dissolvidos inferiores a 100 mg. l⁻¹. No entanto, as concentrações de ferro alcançam até 15 mg/l, o que pode causar alguns inconvenientes, sendo os mais freqüentes manchas em instalações sanitárias e roupas, incrustação em tubulações e filtros de poços e mudança de gosto da água. Suas águas são predominantemente cloretadas sódicas ou potássicas e requerem, em geral, correção de acidez e dos altos teores de ferro (NHM/SECTAM, 2005a; BRASIL/ANA, 2007b).

A vazão de retirada potencial (consumo total de água dos municípios situados sobre a área de recarga do sistema aquífero) para o Sistema aquífero Alter do Chão foi estimada em 15, /s, resultando numa relação entre vazão de retirada potencial e reserva explorável (249,5 m³/s) de 5%. Ou seja, a demanda potencial representa uma parte muito pequena frente às grandes reservas exploráveis. Diferente, por exemplo, do Sistema Aquífero Beberibe que abastece a região metropolitana de Recife, cujo índice é de 2.255%, evidenciando uma grande exploração e existência de problemas de cunha salina do mar e queda do nível de água.

As águas subterrâneas do Sistema Alter do Chão são utilizadas para fins diversos, segundo informações da ANA (BRASIL/ANA, 2009), no entanto, sabe-se que na região amazônica a água subterrânea é utilizada preponderantemente para o abastecimento humano.

Na AII, além da ocorrência do aquífero Alter do Chão, que é o principal, ocorrem também potenciais unidades aquíferas compostas pelos sedimentos aluviais inconsolidados. Em geral, estes aquíferos têm uma importância fundamental na perenização e regularização das vazões dos cursos de drenagens superficiais e recarga dos aquíferos subjacentes. No entanto, como não se conhece o comportamento hidrogeológico dessas unidades litoestratigráficas, não há disponibilidade de cálculo das reservas.

De qualquer forma, estes aquíferos aluviais tem sido considerados como importante alternativa para o aproveitamento da água, mesmo em áreas úmidas, como mostra o estudo de Araújo e Tancredi (2002 *apud* BRASIL/ANA, 2007b). Estes autores avaliaram diferentes alternativas para o abastecimento da população de Santana do Araguaia, sudeste do Pará, município com 25.000 habitantes e concluíram que a melhor alternativa seria a captação por baterias de poços dos aluviões do rio Campo Alegre (BRASIL/ANA, 2007b).

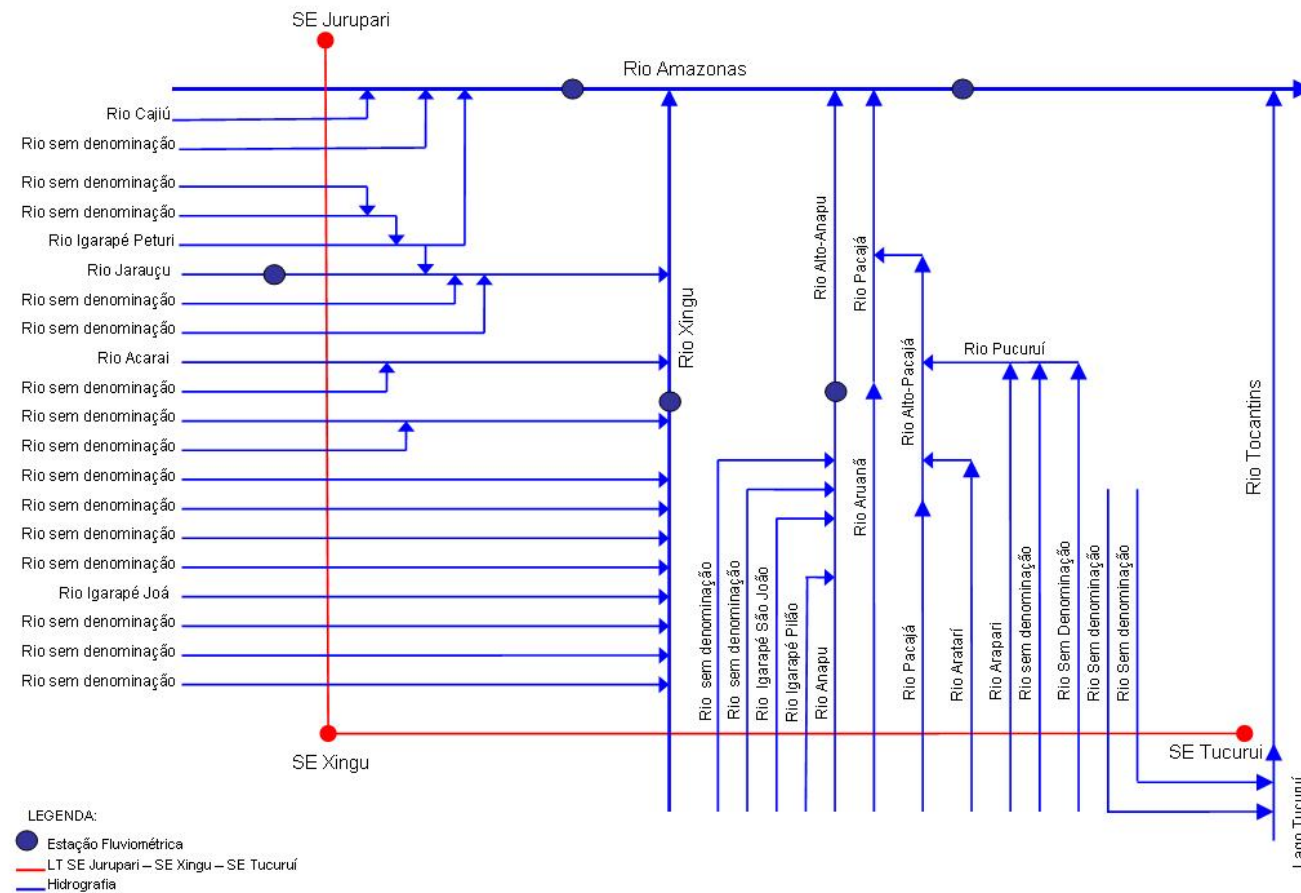
AID

Recursos Hídricos Superficiais

As informações que subsidiaram a caracterização dos recursos hídricos superficiais na AID foram levantadas através da análise da cartografia básica disponível e em vistorias.

Na **Figura 3.6.3.9.e** é apresentado um diagrama multifilar da hidrografia da região onde é possível verificar a interação dos principais corpos d'água e alguns de seus afluentes com a LT Tucuruí – Xingu - Jurupari. A seguir é feita uma descrição sucinta dos recursos hídricos superficiais da AID, no sentido da SE Tucuruí até a SE Jurupari (**Figura 3.6.3.9.f**).

Figura 3.6.3.9.e
Diagrama Multifilar da Hidrografia da AID



A partir da SE Tucuruí, em direção à SE Xingu, a LT inicia-se próxima a Hidrelétrica de Tucuruí. A partir deste ponto cruza afluentes do Rio Tocantins e do Lago de Tucuruí, pertencentes à bacia do Rio Tocantins.

Em direção ao rio Pacajá, no município de mesmo nome, a LT intercepta três afluentes do rio Pucuruí, principal afluente da margem direita do rio Pacajá, dentre estes o rio Arapari. Após o cruzamento do rio Pacajá a LT atravessa o Rio Aruanã, principal afluente da sua margem esquerda, completando o conjunto de drenagens que fazem parte da bacia do rio Pacajá, interceptadas pelo empreendimento.

Nas proximidades da sede do município de Anapu, o rio de mesmo nome é interceptado pela LT, além de mais três de seus afluentes pela margem esquerda, em seqüência: Igarapé Pilão, Igarapé São João e um terceiro sem denominação. Seguindo em direção norte, a LT atravessa um afluente do rio Pracuí, que também deságua do rio Anapu pela sua margem esquerda, completando o trecho compreendido pela bacia hidrográfica deste rio.

Na seqüência, a LT aproxima-se da região da Volta Grande do rio Xingu adentrando a bacia de drenagem deste rio. O corpo principal do rio Xingu é interceptado pelo empreendimento nas proximidades da localidade de Belo Monte. A partir deste ponto a LT intercepta dois afluentes do rio Xingu pela margem esquerda, os quais serão inundados pelo Reservatório dos Canais, a ser formado pelo sistema de barragens e diques pertencentes ao Sítio Belo Monte (ELETRONORTE, 2002). Este sítio constitui um dos três sítios de estruturas que farão parte do arranjo geral do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, a ser construído na região da Volta Grande do rio Xingu, a oeste da LT.

O Sítio Belo Monte, cujas coordenadas geográficas são 03° 07' de latitude Sul e 51° 46' de longitude Oeste, localiza-se a cerca de 10 km a jusante da intersecção do rio Xingu com a rodovia Transamazônica. Neste sítio, de acordo com ELETRONORTE (2002) está previsto o posicionamento da Casa de Força Principal e respectiva Tomada d'Água e o Canal de Fuga, existindo também, barragens e diques de terra/enrocamento, de fechamento de vales e selas adjacentes.

Os outros sítios que fazem parte do arranjo geral do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte são os sítios Bela Vista e Pimentel, além de diques e canais distribuídos ao longo do reservatório.

O barramento principal do rio se situa no Sítio Pimental localizado entre as coordenadas geográficas 03° 26' de latitude Sul e 51° 56' de longitude Oeste, a cerca de 40 km a jusante da cidade de Altamira. Neste sítio estão localizados o Vertedouro Principal e a Tomada d'Água/Casa de Força Complementar. O Sítio Bela Vista, também situado na margem esquerda do Xingu, entre as coordenadas geográficas 03° 19' de latitude Sul e 51° 45' de longitude Oeste, localiza-se numa posição intermediária entre os Sítios Pimental e Belo Monte, onde será implantado um órgão extravasor complementar ao Vertedouro Principal.

Destaca-se que com a criação do Reservatório dos Canais, situado na margem esquerda da Volta Grande do rio Xingu, e do Reservatório do Canal Principal do rio Xingu, situado a montante do Sítio Pimentel, haverá uma elevação da superfície freática do aquífero livre, a qual será mais acentuada nas faixas de solo mais próximas da margem dos reservatórios, principalmente nas áreas marginais planas, com declividade da ordem de 5% e entre as cotas 96 a 110m. Esta elevação do freático poderá provocar modificações na relação água/solo atual e um aumento da espessura da zona saturada.

Ao norte do Sítio Belo Monte, a LT possui traçado paralelo ao corpo principal do rio Xingu e intercepta vários afluentes da margem esquerda deste, dentre os quais: Igarapé Joá, rio Acaraí, Jarauçu, Igarapé Peturu e rio Cajuí.

A partir deste último, o traçado da LT segue em direção à margem direita do rio Amazonas, cruza seu corpo d'água pela Ilha de Jurupari e alcança a sua margem esquerda até a SE de Jurupari. Ressalta-se que aproximadamente entre os rios Acaraí e Jarauçu até a margem do rio Amazonas, o traçado da LT atravessa área de várzea marinha sob influência de regime de marés, além do regime de enchentes sazonais, conforme descrito nesta mesma seção, no item **Recursos Hídricos Superficiais da AII**.

O traçado proposto da LT percorre principalmente áreas rurais, exceto pequenos trechos de expansão urbana nos municípios de Anapu, Pacaja e, principalmente, Tucuruí. Desta forma, os usos da água são vinculados preponderantemente às atividades agrícolas e pastoris, além de outras modalidades de usos da água.

Destacam-se as travessias dos rios Xingu e Amazonas em razão do porte das suas drenagens e devido à proximidade do futuro Complexo Hidrelétrico de Belo Monte e localização em área de várzea marinha, respectivamente.

3.6.3.10

Águas Superficiais, Qualidade da Água e Limnologia

Para a execução dos trabalhos de implantação da LT na região do alagado, que coincide com a várzea alagável na margem direita do rio Amazonas e a sua transposição, serão adotados procedimentos construtivos diferenciados, tendo em vista que o solo da região em questão não tem suporte para o tráfego de veículos e equipamentos necessários, para a construção da linha de transmissão naquele trecho.

O detalhe da técnica construtiva no trecho alagado do rio Xingu é apresentado na **Seção 3.4.7.3** (Montagens Eletromecânicas). A instrução de controle ambiental – ICA – 09 do P.02 (Programa de Adequação Ambiental Contínua de Procedimentos Construtivos), elaborada para a construção no alagado está detalhada na **Seção 3.6.9**. Para a transposição do Amazonas, a técnica a ser empregada está detalhada na **Seção 3.4.7.3**.

Assim, a utilização dessas técnicas trará como consequência a eliminação de qualquer impacto na qualidade das águas superficiais deste trecho. Já nas travessias de todos os corpos d'água entre o alagado e as SE's de Xingu e Tucuruí, apresentada na **Figura 3.6.3.9.e**, o mesmo Programa 02 apresenta as medidas que serão tomadas e que garantem a eliminação de impactos na qualidade das águas superficiais.

Os aspectos limnológicos estão apresentados na **Seção 3.6.4.4.2**, onde se descrevem os resultados das amostragens realizadas nos três pontos de coleta para a ictiofauna e macrófitas aquáticas.

3.6.3.11

Análise Integrada do Meio Físico

Os componentes do meio físico apresentados neste diagnóstico podem ser agrupados em três grandes sistemas que caracterizam a região de inserção deste empreendimento, à saber: sistemas atmosféricos, sistemas flúvio-lacustres e sistemas terrestres.

A avaliação dos sistemas atmosféricos aponta que a região amazônica, e em especial o trecho compreendido pela LT 500 kV Tucuruí – Xingu – Jurupari, no Sul do Estado do Pará, apresenta fenômenos atmosféricos de diversas ordens escalares, que irão resultar em variações das caracterizações climatológica e meteorológica. Na mesoescala verifica-se a atuação dos fenômenos da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) do Atlântico Sul e do ENOS – El Niño/Oscilação Sul, enquanto em outra escala aparecem fenômenos como anticiclones, frentes frias e quentes e linhas de instabilidades convectivas. Tais fenômenos resultarão, para a região, em um clima equatorial, o qual apresenta pouca diferença sazonal da temperatura média e se caracteriza por ser superúmido.

A condição climática apresentada acima resulta em variações dos parâmetros meteorológicos, sobretudo de precipitação, umidade relativa do ar e insolação; que resultam em transformações de componentes e parâmetros dos demais sistemas do meio físico.

Neste sentido convém apontar inicialmente a relação entre estes sistemas atmosféricos e os sistemas fluviais da região amazônica, que na região de inserção do projeto podem ser caracterizados pelos rios Xingu e Amazonas, mas também por uma série de outros cursos d'água de médio (por exemplo, os rios Pacajá e Tucuruí) e pequeno porte (como por exemplo, os pequenos afluentes destes rios de médio e grande porte).

A relação entre estes sistemas atmosféricos e fluviais também é influenciada pela presença das formações florestais da região. Desta forma a região apresenta precipitações que variam ao longo do ano (com valores mais altos entre dezembro e maio), assim como as umidades relativas do ar e as evaporações, mas que mesmo no período de menores taxas, ainda se caracteriza por apresentar taxas bastante expressivas, se comparadas as demais regiões do país. Estes parâmetros meteorológicos resultaram em dinâmicas fluviais que apresentam maiores vazões nos cursos d'água, durante os

meses de dezembro e maio, mesmo período em que se verificam as maiores precipitações, umidades relativas do ar e evaporações.

Outra relação entre os sistemas flúvio-lacustres e os sistemas atmosféricos pode ser observado pelo fato de que as estações meteorológicas mais próximas de grandes corpos d'água, Tucuruí (próxima ao reservatório da UHE Tucuruí) e Porto de Moz (próxima da confluência do rio Xingu com o rio Amazonas), indicam que estas regiões possuem maiores temperaturas, precipitações e umidades relativas do ar, do que as demais regiões abrangidas pelas outras estações.

A integração destes sistemas ao sistema terrestre também resulta da maior disponibilidade de água nestes sistemas. No sistema terrestre esta maior disponibilidade de água resulta em maior ação geomorfológica das chuvas (sistema atmosférico) e dos cursos d'água (sistema fluvial/lacustre).

Esta ação pode ser observada principalmente em terrenos como planícies fluviais alagadiças e terraços, no caso da ação dos cursos d'água, e em terrenos colinosos com morrotes, amorreados e escarpados de baixa amplitude, no caso da ação das chuvas. Esta ação geomorfológica no caso dos cursos d'água está relacionado principalmente aos processos de erosão fluvial e assoreamento dos cursos d'água. Já a ação das chuvas está mais relacionado a processos erosivos e movimentos de massa.

Também é possível observar no diagnóstico do meio físico a relação entre os elementos que compõem os sistemas terrestres, conforme pode ser observado mais claramente nas **Tabelas 3.6.3.5.b, 3.6.3.5.c, 3.6.3.5.d e 3.6.3.5.f**. Um exemplo desta relação entre os elementos pode ser observada, por exemplo, no relação entre os terrenos do tipo planícies fluviais e os solos, nos quais observa-se que estes terrenos apresentam solos com maior disponibilidade de água, como os GLEISSOLOS, e solos formadas a partir da ação dos cursos d'água, como os NEOSSOLOS.

Por fim, convém dizer que fatores como a sismicidade, a presença de terrenos mais instáveis ou com a presença de cavernas não apresentam limitações de ocupação da AID. Assim a análise dos componentes do meio físico e a integração entre estes componentes não resulta em limitações ambientais significativas para a implantação do empreendimento. Neste mesmo sentido, a implantação e operação do empreendimento, em que pese os impactos ambientais decorrentes do mesmo, também não se impõem que limitantes à condição de estabilidades destes sistemas.