

ÍNDICE

3.6.3.6 -	Geomorfologia	1/55
a.	Introdução	1/55
b.	Aspectos Metodológicos	1/55
c.	Caracterização Geomorfológica das Áreas de Influência Indireta e Direta (AII e AID)	4/55
d.	Modelo digital de elevação	48/55
e.	Processos Erosivos Lineares e Movimentos de Massa	49/55
f.	Considerações Finais	54/55

Legendas

Figura 3.6.3.6-1 - Cartas topográficas utilizadas para o estudo geomorfológico	3/55
Figura 3.6.3.6-2 - Traçado da LT e a Hidrografia local	7/55
Figura 3.6.3.6-3 - Domínios Morfoestruturais na All da LT.	11/55
Figura 3.6.3.6-4 - Domínios Morfoesculturais na All da LT	15/55
Quadro 3.6.3.6-1 - Divisão Geomorfológica na All da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas	17/55
Figura 3.6.3.6-5 - Aspecto da topografia plana e do Igarapé que depositou os sedimentos em suas margens.....	18/55
Figura 3.6.3.6-6 - Tributário do Igarapé Tarumã dissecando o relevo tabular constituído sobre os arenitos da Formação Alter do Chão	19/55
Figura 3.6.3.6-7 - Interflúvio tabular dissecado do Igarapé Tarumã	20/55
Figura 3.6.3.6-8 - Erosão acelerada evidenciada por voçoroca às margens da BR - 174	20/55
Figura 3.6.3.6-9 - Interflúvio tabular preservado	21/55
Figura 3.6.3.6-10 - Frente de dissecação do Rio Urubu	22/55
Figura 3.6.3.6-11 - Planalto Dissecado do Rio Urubu	22/55
Figura 3.6.3.6-12 - Planalto de Presidente Figueiredo	23/55
Figura 3.6.3.6-13 - Morros Dissecados do Grupo Iricoumé, marcando uma amplitude de relevo de 70 m em média	24/55
Figura 3.6.3.6-14 - Colinas convexas com os morros dissecados do Grupo Iricoumé ao fundo	25/55
Figura 3.6.3.6-15 - <i>Inselberg</i> com afloramento em suas encostas convexas	26/55
Figura 3.6.3.6-16 - Manto de alteração com Latossolos Amarelos no ambiente geomorfológico de colinas baixas do Rio Jauaperi	27/55

Figura 3.6.3.6-17 - Planície arenosa inundável	28/55
Figura 3.6.3.6-18 - Frente de dissecação do Rio Anauá	29/55
Figura 3.6.3.6-19 - Colinas Médias do Rio Anauá	29/55
Figura 3.6.3.6-20 - Serra da Baraúna	30/55
Figura 3.6.3.6-21 - Superfície de baixa amplitude do ambiente de Colinas Dissecadas de Caracaráí	31/55
Figura 3.6.3.6-22 - Pediplano do Rio Branco	32/55
Figura 3.6.3.6-23 - Derrames Vulcânicos	33/55
Figura 3.6.3.6-24 - Saída da LT na SE de Engenheiro Lechuga	33/55
Figura 3.6.3.6-25 - Interflúvios tabulares preservados	34/55
Figura 3.6.3.6-26 - Planalto de Presidente Figueiredo	35/55
Figura 3.6.3.6-27 - Cachoeira da ASFRAMA localizada dentro da AID da LT	35/55
Figura 3.6.3.6-28 - Lajedo próximo à cachoeira da ASFRAMA	36/55
Figura 3.6.3.6-29 - A) Relevo residual na forma de cálice indicando a possível presença de cavernas no entorno. B) Fratura (vermelho) dentro da gruta do Maroaga controlando o processo de formação de túneis erosivos. C) Formação de crostas lateríticas nas paredes da mesma gruta. Por serem mais resistentes, estas permanecem com a estrutura horizontal, mesmo após o recuo erosivo da parede. D) Depósito formado pelas crostas lateríticas que tombaram das paredes da gruta do Maroaga. E) Diferença entre camadas de arenitos médios e finos, mais competentes, formando saliências no afloramento. F) Gotejamento nas paredes do arenito formando incisões arredondadas (copos)	37/55
Figura 3.6.3.6-30 - Britadeira expondo espesso manto de intemperismo. Através da imagem fica clara a suavização do topo tabular das formações sedimentares para um aspecto mais arredondado do embasamento cristalino	38/55

Figura 3.6.3.6-31 - Aspecto da baixa amplitude do relevo nesta porção da área de estudo	39/55
Figura 3.6.3.6-32 - Relevo movimentado da Serra Dourada	39/55
Figura 3.6.3.6-33 - Área do reservatório da UHE Balbina.	40/55
Figura 3.6.3.6-34 - Dorsos convexos com drenagem pouco entalhadas	41/55
Figura 3.6.3.6-35 - Depósitos de Areias Brancas.....	41/55
Figura 3.6.3.6-36 - <i>Inselbergs</i> presentes ao longo do traçado da LT	42/55
Figura 3.6.3.6-37 - Serra Grande destacando-se ao fundo da imagem.....	43/55
Figura 3.6.3.6-38 - Encostas íngremes da Serra da Balata	43/55
Figura 3.6.3.6-39 - Extenso leito do Rio Branco	44/55
Figura 3.6.3.6-40 - Derrames vulcânicos presentes na porção final do traçado da LT.....	45/55
Quadro 3.6.3.6-2 - Síntese das características geomorfológicas na AID da LT.....	46/55
Figura 3.6.3.6-41 - Modelo esquemático mostrando alguns dos produtos derivados das imagens de radar SRTM	49/55
Figura 3.6.3.6-42 - Trilha para a cachoeira da Iracema com sacos de areia tentando conter a evolução do sulco erosivo, originado a partir do processo de escoamento superficial	50/55
Figura 3.6.3.6-43 - Voçoroca ao lado da BR - 174, que segue no lado direito da imagem	51/55
Figura 3.6.3.6-44 - Mapeamento dos processos erosivos ao longo da AID da LT.....	52/55

3.6.3.6 - Geomorfologia

a. Introdução

O presente estudo contempla os aspectos geomorfológicos das áreas de influência indireta e direta (AII e AID) da Linha de Transmissão (LT) 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas, abordando sua evolução e dinâmica de processos. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica, bem como trabalhos de campo, realizados entre março e abril de 2012, para o registro e levantamento de dados locais sobre a área de estudo.

As pesquisas foram baseadas na caracterização litoestrutural, oriunda dos processos tectônicos regionais, e na dinâmica evolutiva dos processos erosivo-deposicionais, integrando-os à atual dinâmica de uso e ocupação do solo e transformações oriundas dos processos socioeconômicos.

Nesse sentido, o presente estudo geomorfológico priorizou identificar, caracterizar e mapear as unidades de relevo homólogas, levando em consideração tanto os aspectos descritivos, associados à geometria das formas de relevo, quanto os aspectos morfodinâmicos, além dos condicionantes geobiofísicos que contribuíram para a evolução do relevo ao longo do tempo geológico.

Sendo assim, consta neste estudo uma breve descrição da metodologia utilizada, caracterizações do contexto geomorfológico da AID e AII da LT (aspectos fisiográficos e morfológicos), descrição das técnicas de mapeamento empregadas sobre o modelo digital do terreno (obtido a partir das imagens de radar SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*), seguido da atual dinâmica de relevo ao longo do traçado (processos erosivos e movimentos de massa), para finalizar com a apresentação das unidades de mapeamento na AII e AID da LT.

b. Aspectos Metodológicos

O arcabouço teórico deste estudo foi subsidiado tanto a partir da concepção de Penck (1953) sobre o papel das forças endógenas e exógenas da terra na formação do relevo, quanto na abordagem metodológica desenvolvida por Ross (1990), na qual o relevo e o mapeamento são encarados como relação entre degradação (denudação) e agradação (deposição).

Segundo Argento (1994, p. 368), "a metodologia do mapeamento geomorfológico tem como base a ordenação dos fenômenos mapeados, segundo uma taxonomia que deve estar aferida a uma determinada escala cartográfica". Nesse sentido, para a realização do diagnóstico de

geomorfologia foram adotadas as técnicas de mapeamento abordadas por Ross (1992), associada às novas tecnologias de SIG desenvolvidas por Florenzano (2008) e Valeriano (2008), que empregam técnicas de sensoriamento remoto e modelos digitais de terreno para aprimorar o mapeamento geomorfológico.

Sendo assim, para a realização do diagnóstico de geomorfologia foram consultadas as cartas topográficas Boa Vista (NA.20-X-D-II), Novo Paraíso (NA.20-Z-B-VI), Mucajaí (NA.20-X-D-V), Serra do Copa (NA.20-Z-B-II), Serra Baraúna (NA.20-Z-B-III), Rio Urubu (SA.21-Y-A-I), Fazenda Rio Branco (SA.20-Z-B-III), Efigênio Sales (AS.21-Y-A-IV) e Igarapé Coanã (SA.20-Z-B-VI) na escala 1:100.000 e as cartas topográficas São José de Anauá (NA.20-Z-D), Rio Alalaú (SA.20-X-B) e Rio Curuiá (SA.20-X-D) na escala 1:250.000 produzidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério da Guerra (DSG), que serviram como base para o diagnóstico, na medida em que apresentam as características topográficas de toda a área de influência indireta do empreendimento (Figura 3.6.3.6-1).

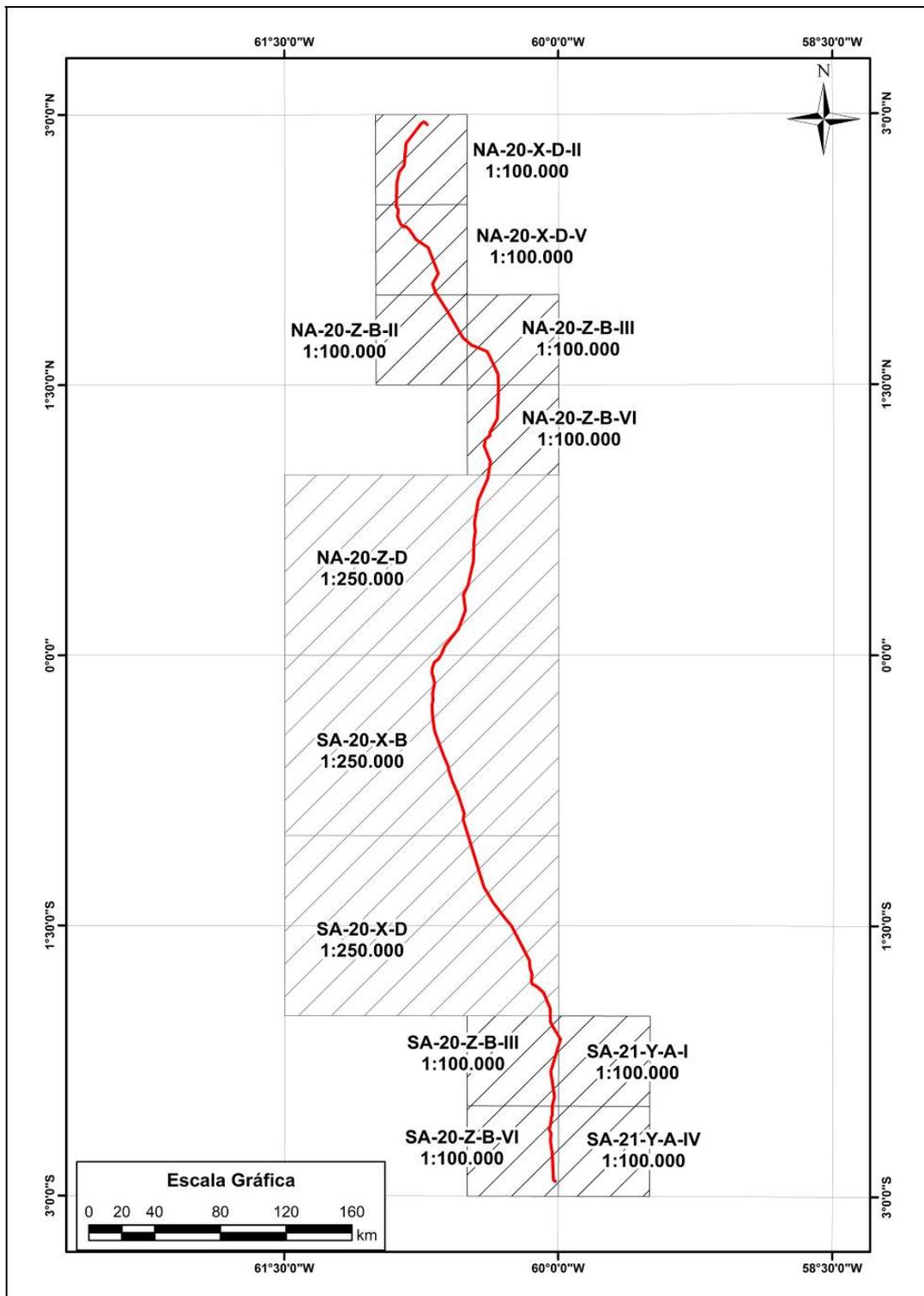


Figura 3.6.3.6-1 - Cartas topográficas utilizadas para o estudo geomorfológico

Além disso, também foram consultados trabalhos locais e regionais desenvolvidos e publicados pelo DNPM/MME, como bases bibliográficas e os estudos de solos, geologia, hidrogeologia, geomorfologia do Projeto RADAMBRASIL volumes V.08 (Folha NA.20 BOA VISTA e parte das Folhas NA.21 TUMUCUMAQUE, NB.20 RORAIMA e NB.21), V.10 (SA.21 SANTARÉM) e V.18 (Folha SA.20 MANAUS).

A partir da interpretação do conjunto de dados levantados pelas cartas topográficas, pela bibliografia publicada, entre eles o mapa geomorfológico do projeto RADAMBRASIL, em conjunto com as imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Folhas NA-20-X-D, NA-20-Z-B, NA-20-Z-D, NA-21-V-C, NA-21-Y-A, NA-21-Y-C, SA-20-X-B, SA-20-X-D, SA-20-Z-B, SA-21-V-A, SA-21-V-C, SA-21-Y-A) e da imagem de satélite LANDSAT 5 TM (2007) disponibilizada pelo INPE, foi realizada uma análise mais detalhada, objetivando cruzar esses dados para realizar um estudo dos processos evolutivos de dissecação do relevo.

Dessa forma, para a realização deste estudo foi realizada uma compilação de informações contidas em estudos acadêmicos, conforme bibliografia apresentada, nas cartas topográficas, no detalhamento dos aspectos morfológicos e morfométricos a partir de imagens SRTM, na foto interpretação das imagens LANDSAT e nas observações de campo.

c. Caracterização Geomorfológica das Áreas de Influência Indireta e Direta (AII e AID)

1. Caracterização Geomorfológica da AII

Localizada integralmente na bacia hidrográfica amazônica, a Linha de Transmissão 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas atravessa, de Sul para Norte, um relevo que foi fortemente trabalhado pela evolução geomorfológica de longo tempo. O embasamento cristalino, representado pelo Cráton Amazônico, e as rochas sedimentares da Bacia do Amazonas constituem dois domínios estruturais fundamentais que condicionaram, sobremaneira, a composição do relevo na área de estudo.

A dissecação promovida pelos rios e igarapés tributários ao Rio Negro, Jatapu e Uatumã, nestas duas grandes províncias geológicas, originou, na área de influência indireta da LT, formas específicas de relevo que merecem destaque em relação à sua morfogênese. Enquanto o relevo residual das rochas sedimentares da bacia sedimentar amazônica conserva um aspecto tabular, influenciado diretamente pelas estruturas plano-paralelas dos arenitos e folhelhos, a dissecação do relevo no embasamento cristalino promove o desenvolvimento de morros arredondados e serras alinhadas, em resposta às litologias ígneas das suítes graníticas e das rochas de alto grau metamórfico. Somam-se a estas, os morros com aspecto triangular, sustentados pelo magmatismo ocorrido no Cretáceo, que corroboram a influência dos condicionantes lito-estruturais na formação do relevo na área de estudo.

Neste aspecto, ressaltam-se os eventos de diastrofismo Cenozóico, que pela ação de movimentos tectônicos, como soerguimentos e abatimentos, foram responsáveis por significativas alterações na paisagem geomorfológica. Tal movimentação tectônica ocasionou rearranjos na rede de drenagem, exemplificados por feições anômalas nos canais, tal como segmentos retilíneos, abruptas inflexões, capturas de drenagem, além da formação de cachoeiras condicionadas por falhas e desníveis entre as margens dos canais (STERNBERG, 1950; COSTA et al., 1978; FORSBERG et al., 2000; COSTA et al., 2000.; NOGUEIRA & SARGES, 2001; FRANZINELLI & IGREJA, 2002; ALMEIDA-FILHO & MIRANDA, 2007 *apud* SARGES, 2011). A reversão do fluxo do Rio Amazonas em decorrência da elevação dos Andes no Neomioceno (HOORN, 1995), a captura da cabeceira do Igarapé Tartumã-Mirim e a captura do Rio Branquinho pelo Cuieiras (SARGES, 2011) são exemplos desta reordenação na rede de drenagem.

Além de modificar a rede de drenagem, estas movimentações tectônicas também alteraram a exposição das sequências sedimentares da bacia amazônica inserida na área de influência indireta da LT. As séries de depósitos da bacia do Amazonas apresentam efeitos da neotectônica, através de diversas falhas e fraturas, além de estruturas de abatimento do tipo *graben* onde, por exemplo, nos quilômetros 103 e 110 da rodovia BR-174 os sedimentos da Formação Alter do Chão são registrados sobre os arenitos da Formação Nhamundá (SOUZA & NOGUEIRA, 2009).

O traçado da Linha de Transmissão 500kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas (**Figura 3.6.3.6-2**) percorre, em sua grande extensão, relevos planos e homogêneos com baixa amplitude de relevo. Sobressaem-se na All os relevos dissecados em interflúvios tabulares e trechos conservados de uma antiga superfície pediplanada. As correspondências altimétricas entre os topos do relevo e o baixo grau de incisão da drenagem indicam, para a área de estudo, a existência de um aplainamento anterior à instalação da drenagem atual, que originou as formas em interflúvios tabulares (RIBEIRO DA COSTA et al., 1978).

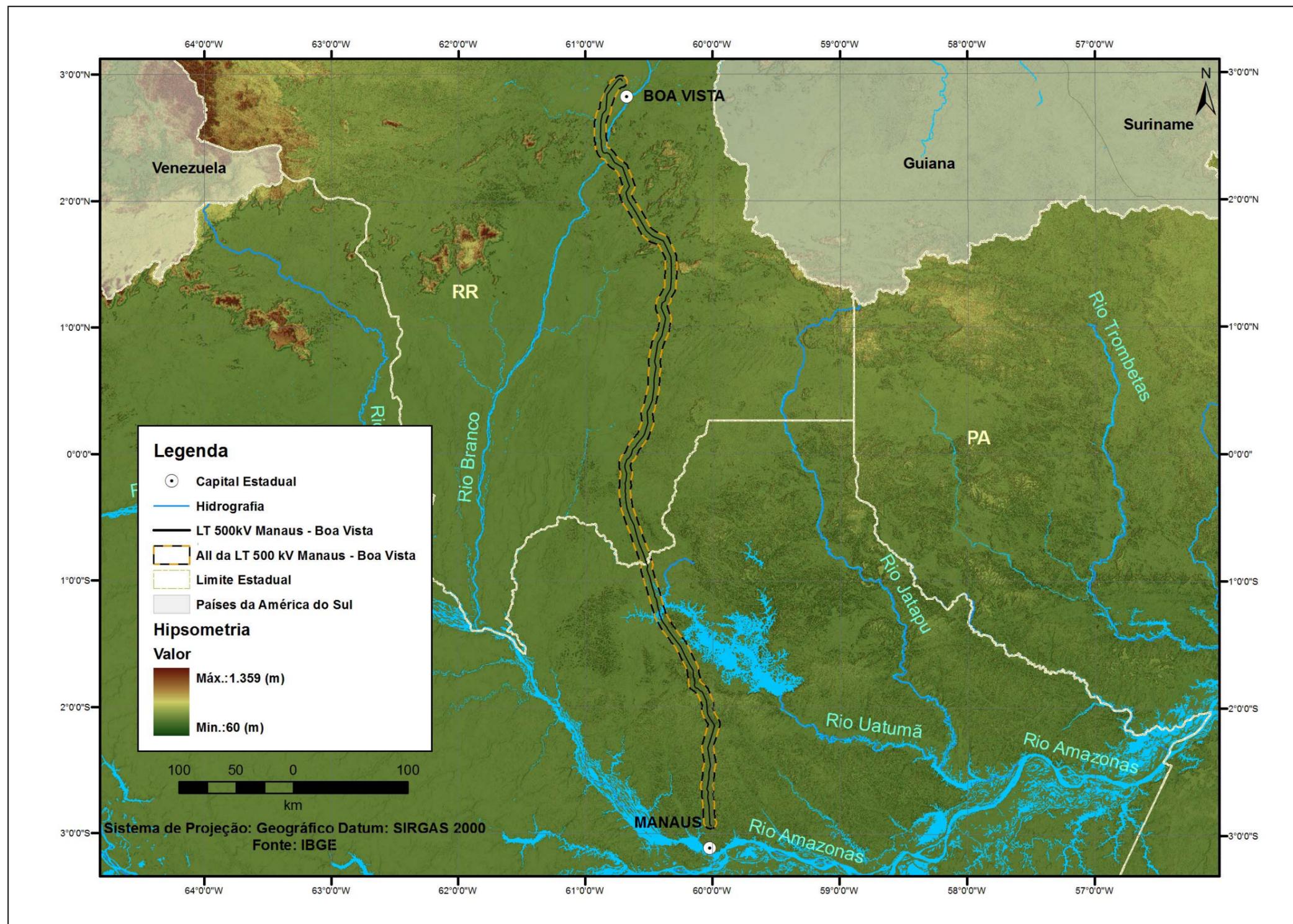


Figura 3.6.3.6-2 - Traçado da LT e a Hidrografia local

Dentro destas superfícies aplainadas destacam-se os relevos residuais isolados, com vertentes pedimentadas, que em alguns trechos afloram rochas na forma de *inselbergs*. Segundo Ribeiro da Costa et al. (1978), essa característica demonstra a ação de um clima com estação seca alongada que elaborou tais relevos. Como a pediplanação consiste no processo de aplainamento de extensas superfícies submetidas a clima árido ou semiárido, tal autor conclui que a pediplanação foi o fenômeno responsável pela elaboração de tais superfícies. Após a sua elaboração, o Pediplano Pioplestocênico (RIBEIRO DA COSTA et al., 1978) começou a ser desmontado pelo advento de um clima úmido. Apesar de possuírem bordas abauladas, os relevos tabulares deste planalto dissecado demonstram uma forte ação erosiva que acarretou no desgaste da paleo-superfície.

Em oposição ao relevo pediplanado, destaca-se na área de influência indireta da LT a presença de serras isoladas, sobretudo nas proximidades da cidade de Boa Vista. A grande amplitude topográfica destas elevações, que em alguns casos pode ultrapassar os 560 metros (Serra da Baraúna), marca o predomínio de encostas com alta declividade, escarpadas, com vales entalhados. Nestas serras, as cabeceiras de drenagem apresentam um regime torrencial, com uma resposta hidrológica rápida para os eventos pluviométricos. Este fato faz com que esta unidade do relevo apresente o maior potencial de erosão, inclusive o de processos acelerados como movimentos de massa. Apesar desta susceptibilidade natural, não foram identificadas cicatrizes erosivas recentes nas serras da Balada, Baraúna e Anauá.

Outra característica marcante do relevo na AII, ao longo dos cerca de 721 km da LT, são as grandes extensões de Terras Firmes atravessadas pela linha. As Terras Firmes são constituídas por relevos na forma de tabuleiros, baixos platôs e eventuais morros e serras isoladas, que são revestidas por densas matas (AB´SÁBER, 2003). Estas Terras Firmes ao longo do traçado da linha possuem, de maneira geral, um espesso manto de intemperismo, onde latossolos se desenvolveram influenciados pelo clima equatorial que abrange grandes porções da área de estudo. A forte incidência de energia solar, característica do clima equatorial, gera uma grande incidência de movimentos convectivos e, conseqüentemente, a formação de nuvens com grande extensão vertical (*cumulus*). A formação deste tipo de nuvens propicia chuvas rápidas e concentradas, que podem deflagrar erosão em áreas desmatadas pela intensificação do processo de escoamento superficial.

Tais Terras Firmes, além de possuírem solos espessos, adequados para o suporte das estruturas das torres da LT, são também as cabeceiras das bacias e sub-bacias dos Igarapés, que são cursos d´água de primeira e segunda ordem, tributários diretos dos rios da região. Qualquer intervenção mal realizada nas terras firmes pode comprometer a perenidade dos Igarapés, ressaltando o cuidado na etapa de construção da linha para que esta característica hidrológica seja preservada.

2. Mapeamento Geomorfológico da AII

Fundamentado na concepção de Tricart (1965) apud Ross (1990) sobre a importância do mapeamento geomorfológico, o presente estudo buscou realizar uma divisão hierárquica do relevo em táxons (ROSS, 1990) com vistas à adequação do mapeamento realizado na AII da LT com as bases geomorfológicas já existentes. Esse processo objetiva superar a dificuldade nos mapeamentos geomorfológicos em manter uma padronização que atenda às diversas perspectivas sobre a interpretação do relevo (ARGENTO, 1994).

Para a elaboração cartográfica e análise geomorfológica deste estudo foi adotada como base a classificação elaborada pelo DNPM/MME do projeto RADAMBRASIL, volumes V.08 (Folha NA.20 BOA VISTA e parte das Folhas NA.21 TUMUCUMAQUE, NB.20 RORAIMA e NB.21), V.10 (SA.21 SANTARÉM) e V.18 (Folha SA.20 MANAUS).

Sendo assim, os sistemas de relevo mapeados na AII (que, conseqüentemente, contemplam a AID) da LT foram identificados e delimitados a partir de uma divisão hierárquica em diferentes táxons. O primeiro táxon, Unidade Morfoestrutural, pode ser caracterizado como base para a compartimentação do relevo e nele as formas do relevo são interpretadas como consequência da estrutura geológica local, de acordo com sua gênese. Conforme os dados do projeto RADAM, as unidades morfoestruturais na área de estudo consistem no Pediplano Rio Branco-Rio Negro, Planalto Dissecado Norte da Amazônia, Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas, Depressão Periférica do Norte do Pará, Planalto Dissecado Rio Trombetas Rio Negro e nos Planaltos Residuais de Roraima (**Figura 3.6.3.6-3**).

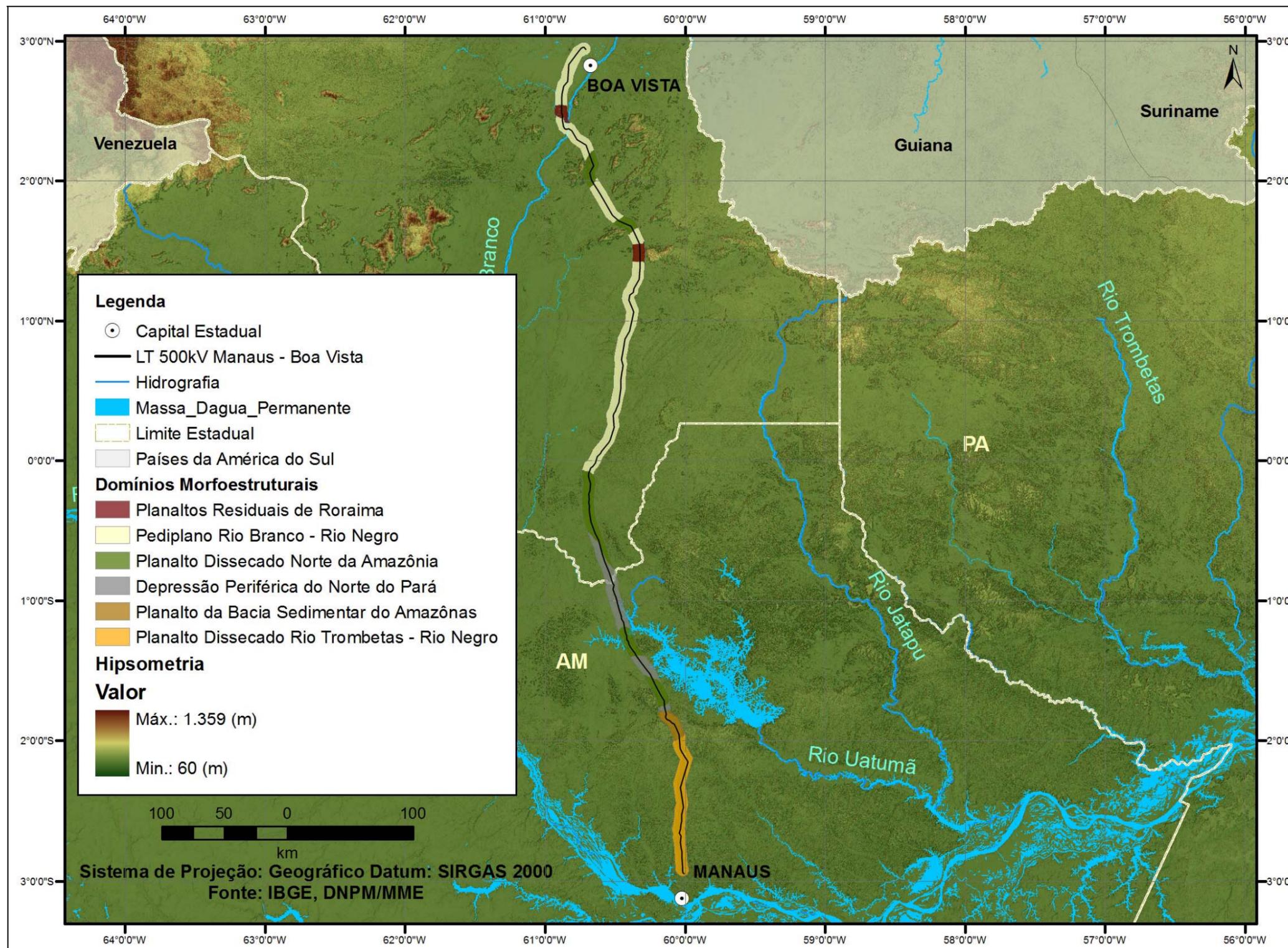


Figura 3.6.3.6-3 - Domínios Morfoestruturais na All da LT.

O segundo táxon, Unidade Morfoescultural, é marcada pela ação de agentes morfogenéticos exógenos (clima, ventos, águas e tempo de exposição) sobre as diversas estruturas geológicas. De acordo com o RADAMBRASIL, a AII da LT intercepta o Domínio Morfoclimático em Planaltos Dissecados e Superfícies Pediplanadas, a Faixa de Transição em Superfície Pediplanada e Planalto Dissecado, Faixa de Transição em Planaltos Residuais e o Domínio Morfoclimático em Patamares Erosivos e Superfícies Pediplanadas (**Figura 3.6.3.6-4**).

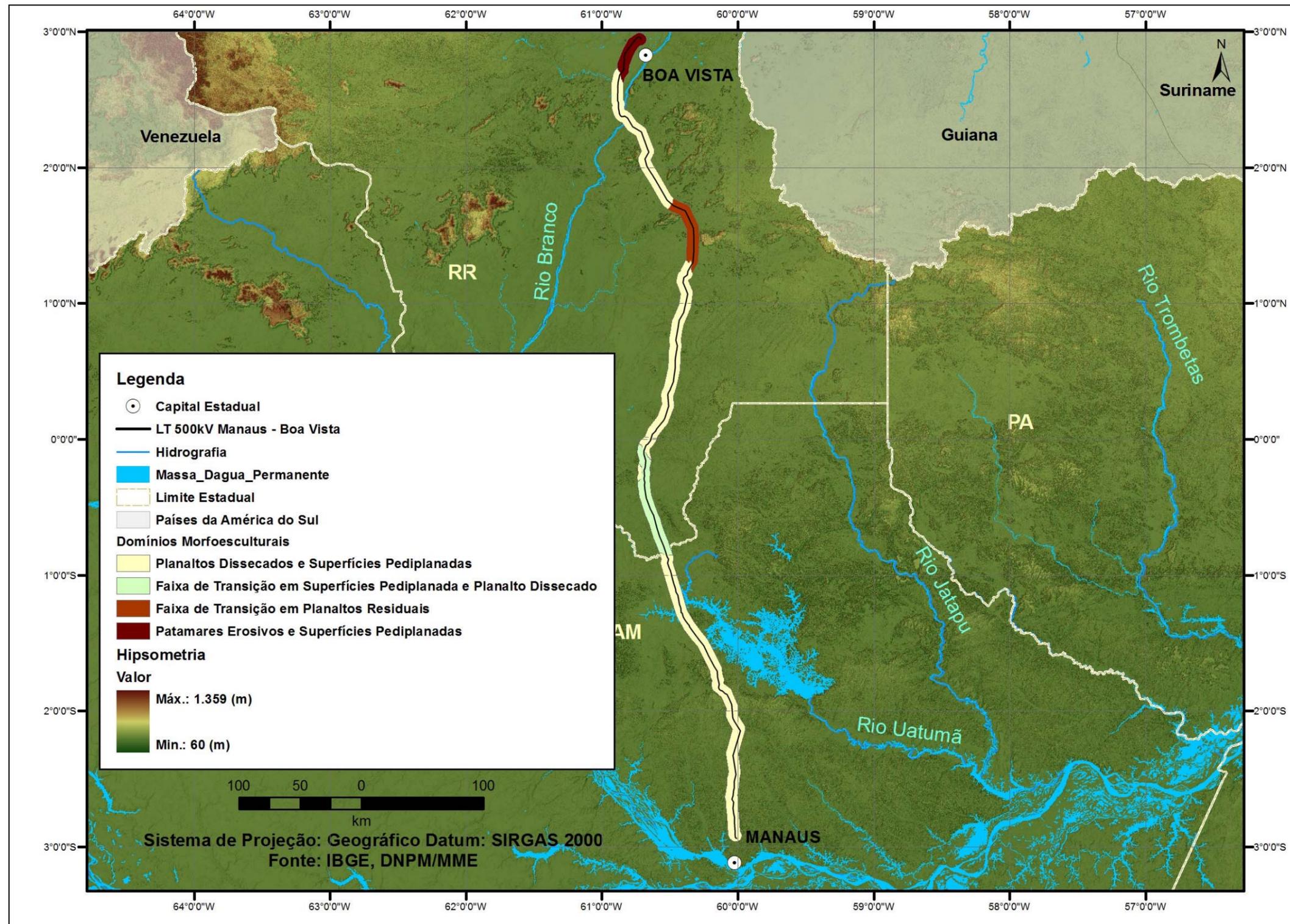


Figura 3.6.3.6-4 - Domínios Morfoesculturais na AII da LT

Por fim, o terceiro táxon, denominado de Sistemas de Relevo, pode ser descrito como áreas que demonstram um elevado grau de semelhança do relevo, com um conjunto típico de padrões morfométricos, de geometria das encostas, densidade de drenagem e coberturas não consolidadas. Este táxon irá compor as unidades geomorfológicas do mapeamento realizado na escala 1:250.000 para a All da Linha de Transmissão (Mapa de Unidades Geomorfológicas - 2517-00-EIA-MP-2003-01).

O quadro a seguir contém as divisões geomorfológicas mapeadas na Área de Influência Indireta da LT 500kv Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas (Quadro 3.6.3.6-1), conforme Mapa de Unidades Geomorfológicas - 2517-00-EIA-MP-2003-01 apresentado no Caderno de Mapas.

Quadro 3.6.3.6-1 - Divisão Geomorfológica na All da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas

Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Unidades Geomorfológicas
Planalto Dissecado Rio Trombetas - Rio Negro	Planaltos Dissecados e Superfícies Pediplanadas	Frente de Dissecação do Igarapé Tarumã-Açu Interflúvios Tabulares Dissecados do Igarapé Tarumã-Açu Interflúvios Tabulares Preservados do Igarapé Tarumã-Açu Frente de Dissecação do Rio Urubu Planalto Dissecado do Rio Urubu
Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas		Planalto de Presidente Figueiredo Frente de Dissecação do Igarapé Canoá
Depressão Periférica do Norte do Pará	Faixa de Transição em Superfícies Pediplanadas e Planalto Dissecado	Morros dissecados do Grupo Iricoumé Colinas Convexas
Planalto Dissecado Norte da Amazônia	Faixa de Transição em Superfícies Pediplanadas e Planalto Dissecado	Colinas Baixas Waimiri-Atroari Colinas Convexas Inselbergs Colinas Elevadas
	Planaltos Dissecados e Superfícies Pediplanadas	Morros dissecados do Grupo Iricoumé
Pediaplano Rio Branco - Rio Negro	Planaltos Dissecados e Superfícies Pediplanadas	Dorsos Convexos Colinas baixas do Rio Jauaperi Frente de Dissecação do Rio Anauá Inselbergs Colinas Médias do Rio Anauá Colinas Dissecadas de Caracaráí Pediaplano do Rio Branco Interflúvio Tabular Residual
	Patamares Erosivos e Superfícies Pediplanadas	Derrames Vulcânicos
Planaltos Residuais de Roraima	Faixa de Transição em Planaltos Residuais	Serras Isoladas
Depósitos Sedimentares Cenozóicos*	Planícies Fluviais *	Alvéolos
		Planícies Arenosas Inundáveis

* Os depósitos não aparecem no texto nem na Figura 3.6.3.6-3 e Figura 3.6.3.6-4, porque na escala de mapeamento de 1:1.000.000 do RADAM, que foi a base utilizada para a definição destes domínios, eles não foram cartografados. Entretanto, como para o presente estudo foi realizado um detalhamento, estes depósitos foram inseridos neste item e no Mapa de Unidades Geomorfológicas.

Dessa forma, de acordo com os dados do DNPM/MME e o detalhamento do mapeamento elaborado para o presente relatório (Mapa de Unidades Geomorfológicas - 2517-00-EIA-MP-2003-01 apresentado no Caderno de Mapas), 23 unidades geomorfológicas foram identificadas na Área de Influência Indireta do empreendimento, que serão descritas abaixo conforme sua ocorrência, de Manaus para Boa Vista, ao longo do traçado da LT:

Alvéolos

Distribuindo-se por todo o percurso da linha de transmissão, esta unidade geomorfológica é composta por sedimentos holocênicos inconsolidados depositados pela rede de drenagem. Estes depósitos encontram-se nos fundos de vale, sempre próximos aos eixos dos rios e igarapés, variando conforme a topografia local (Figura 3.6.3.6-5). Os depósitos coluvionares se interdigitam ou se sobrepõem aos depósitos aluviais, sendo, portanto, eventualmente mapeados na mesma unidade. A transição entre as baixa encostas convexas e os fundos de vale plano dos Igarapés são de difícil percepção, especialmente na época da cheia.



Figura 3.6.3.6-5 - Aspecto da topografia plana e do Igarapé que depositou os sedimentos em suas margens

Apesar da grande maioria dos alvéolos não serem cartografados na escala 1:250.000, os principais se destacam pelas suas dimensões que podem chegar a mais de 2 quilômetros. Os principais alvéolos mapeados ao longo do traçado do LT encontram-se nas margens dos seguintes rios: Rio Branquinho; Rio Branco; Rio Mucajaí e Rio Cauamé.

Frente de Dissecação do Igarapé Tarumã-Açu

Esta unidade corresponde ao pulso de força erosiva do nível de base do Rio Amazonas, constituindo um ambiente transicional entre os interflúvios tabulares e a planície do Rio Amazonas. Esta unidade possui distintas altimetrias, que variam localmente de acordo como grau de dissecação promovido pelo Igarapé Tarumã e seus tributários (**Figura 3.6.3.6-6**). Os processos erosivos nesta unidade se dão através de ravinas, além de ocasionais voçorocas, sobretudo nas margens das estradas. Cabe destacar que atividades antrópicas não planejadas podem deflagrar processos erosivos acelerados nessa unidade, especialmente quando os arenitos friáveis da Formação Alter do Chão são expostos, ressaltando a fragilidade morfodinâmica deste compartimento.



Figura 3.6.3.6-6 - Tributário do Igarapé Tarumã dissecando o relevo tabular constituído sobre os arenitos da Formação Alter do Chão

Interflúvio Tabular Dissecado do Igarapé Tarumã-Açu

Com topos alongados de até três quilômetros, os interflúvios tabulares desta unidade constituem um relevo ainda pouco dissecado pela frente erosiva originada pelo Igarapé Tarumã. A forma de dissecação em interflúvios tabulares se dá pela disposição plano-paralela dos arenitos da Formação Alter do chão, que constitui o substrato geológico (**Figura 3.6.3.6-7**). Sobre estes arenitos há uma espessa camada argilosa recobrimdo-os. Quando as atividades antrópicas desgastam esta camada argilosa (mais coesa) e atingem os arenitos, a erosão se dá de forma acelerada, uma vez que os arenitos possuem uma baixa coesão quando intemperizados (**Figura 3.6.3.6-8**).



Figura 3.6.3.6-7 - Interflúvio tabular dissecado do Igarapé Tarumã



Figura 3.6.3.6-8 - Erosão acelerada evidenciada por voçoroca às margens da BR - 174

Interflúvio Tabular Preservado do Igarapé Tarumã-Açu

Apesar de possuir um relevo bem similar ao interflúvio tabular dissecado do Igarapé Tarumã, esta unidade se diferencia pela maior continuidade dos interflúvios, que atingem até 4 quilômetros entre as drenagens que recortam esta unidade (Figura 3.6.3.6-9). Neste compartimento é possível observar a presença de *stonelines*, com concreções ferruginosas abaixo da camada argilosa que recobre os topos tabulares. Esta camada evidencia a existência de um clima com estação seca predominante, em época anterior à atual ou de um paleo nível freático mais alto do que o presente. Tal característica permite que se interpretem esses interflúvios tabulares como remanescentes de uma fase de pediplanação.



Figura 3.6.3.6-9 - Interflúvio tabular preservado

Frente de Dissecação do Rio Urubu

Dividindo os interflúvios tabulares sustentado pelas rochas sedimentares da bacia amazônica, a frente de dissecação do Rio Urubu marca o contato entre os folhelhos do grupo trombetas dos arenitos da formação Alter do Chão. Às margens do rio é possível observar uma pequena planície com depósitos aluvionares, dispostos numa fina camada sobre o embasamento. A frente erosiva originada por esta unidade foi responsável por talhar um relevo com amplitude de até 80 metros, com o rio seguindo na cota 20m (Figura 3.6.3.6-10).



Figura 3.6.3.6-10 - Frente de dissecação do Rio Urubu

Planalto Dissecado do Rio Urubu

O Planalto dissecado do Rio Urubu consiste em uma unidade geomorfológica que marca o degrau existente entre a frente erosiva provocada pelo referido rio e o planalto de Presidente Figueiredo (Figura 3.6.3.6-11). Caracterizado pelo aspecto tabular dos topos, este compartimento registra tanto a presença de terraços nas margens dos Igarapés, quanto interflúvios bem recortados pela rede de drenagem. Esta última característica imprime no relevo uma menor continuidade entre os topos tabulares presentes neste domínio.



Figura 3.6.3.6-11 - Planalto Dissecado do Rio Urubu

Planalto de Presidente Figueiredo

Com uma amplitude de relevo máxima de 80 metros, esta unidade geomorfológica registra largos interflúvios tabulares, com aproximadamente dois quilômetros de extensão (Figura 3.6.3.6-12). Os topos tabulares deste domínio por vezes são alinhados, constituindo um relevo monótono em que predominam formas residuais, com sedimentação de colúvios nas encostas e estreitos alvéolos nos fundos de vale. As vertentes desta unidade apresentam declividade média, são convexas e retilíneas, sendo o Igarapé Santa Cruz a maior drenagem que disseca esta unidade.

Esta unidade tem a característica de registrar uma grande ocorrência de cavidades naturais, o que lhe confere atenção na etapa de construção da LT. Durante as sucessivas campanhas de campo foi possível observar que as cavernas concentram-se nos arenitos da formação sedimentar Nhamundá, que dificilmente aflora no topo dos interflúvios tabulares. O topo plano destes interflúvios possui, em geral, uma espessa camada de argila com excelente capacidade de suporte para construções. Nesse sentido, os topos tabulares no planalto de Presidente Figueiredo conferem a melhor condição para a construção da LT, evitando a confrontação do traçado da linha com as cavernas existentes na região.



Figura 3.6.3.6-12 - Planalto de Presidente Figueiredo

Frente de Dissecação do Igarapé Canoa

Separando o planalto de Presidente Figueiredo dos morros do Grupo Iricoumé, a unidade de frente de dissecação do Igarapé Canoa corresponde ao nível do atual pulso erosivo que está erodindo os planaltos e morros residuais adjacentes. Com amplitude topográfica de 60 metros, os topos das colinas remanescentes nesta unidade possuem 120 metros em média. Esta frente de dissecação avança sobre as rochas da suíte intrusiva Mapuera, que é composta por diversos granitóides como sienogranitos e monzogranitos. As colinas desta unidade possuem um aspecto bem arredondado com menos de duzentos metros de extensão.

Morros Dissecados do Grupo Iricoumé

Esta unidade geomorfológica é formada pelo conjunto de morros dissecados que acompanham a sequência de rochas vulcânicas, compostas por riolitos, andesitos e dacitos. Esta unidade registra uma maior amplitude do que as colinas convexas que estão adjacentes a esta unidade, podendo chegar até 160m, com encosta de declividade média a alta (**Figura 3.6.3.6-13**). Esta condição de maior amplitude topográfica define uma frente erosiva mais intensa nas vertentes destes morros, marcando maior suscetibilidade à processos erosivos intensos como movimentos de massa e queda de blocos.



Figura 3.6.3.6-13 - Morros Dissecados do Grupo Iricoumé, marcando uma amplitude de relevo de 70 m em média

Colinas Convexas

Localizado após o planalto de Presidente Figueiredo, esta unidade conserva colinas com topo amplo, convexas, de baixa declividade (Figura 3.6.3.6-14). A unidade de Colinas Convexas compõe um compartimento de relevo arrasado, em que a amplitude de relevo é de 40 metros em média. Dentro desta unidade estão as cabeceiras dos Igarapés Coruja e Santo Antônio que drenam diretamente para o reservatório da UHE Balbina. A baixa declividade e amplitude do relevo dificultam a visualização da rede de drenagem que possui pequena planície de inundação. Matacões isolados também são observados nessa unidade, geralmente *in situ*, mantendo o aspecto de blocos empilhados pelo processo de avanço do intemperismo nos planos de fraqueza formado pelas fraturas. Ao serem desgastadas, as fraturas isolam os blocos que podem ser encontrados individualmente ou em grupo, formando campos de blocos.



Figura 3.6.3.6-14 - Colinas convexas com os morros dissecados do Grupo Iricoumé ao fundo

Colinas Baixas Waimiri-Atroari

Esta unidade encontra-se dentro da Terra Indígena Waimiri-Atroari e pode ser caracterizada pelas colinas de topo arredondado, que possuem 40 metros de amplitude em média. Os Igarapés do Andrade, Major Balbino destacam-se como os principais tributários do Rio Alalaú que juntamente com o Rio Uatumã, realizaram um forte trabalho erosivo sobre o embasamento cristalino desta região, garantindo as baixas amplitudes de relevo nesta unidade. Antes de chegar ao Rio Branquinho estão presentes na paisagem colinas mais elevadas que irão constituir outra unidade geomorfológica.

Inselbergs

Esta unidade é formada pelos relevos residuais característicos de uma antiga superfície de aplainamento. Sua ocorrência se dá a partir das rochas que compõe o embasamento cristalino da região de estudo, variando entre as mais diversas composições ígneas. Geralmente nestes *inselbergs* é possível observar afloramentos que revelam sua litologia (Figura 3.6.3.6-15). As vertentes convexas de aspecto arredondado neste compartimento se destacam na paisagem pelos topos com cotas altimétricas mais elevadas que as superfícies circundantes. Com registros ao longo de todo o traçado da LT, a amplitude dos *inselbergs* apresenta grande variação, sendo de aproximadamente 80 metros em média.



Figura 3.6.3.6-15 - *Inselberg* com afloramento em suas encostas convexas

Colinas Elevadas

Esta unidade surge no final da Terra Indígena Waimiri - Atroari e se estende até o Rio Branquinho. Neste compartimento do relevo são observadas colinas com uma elevação maior do que o entorno, em decorrência da suíte intrusiva Água Branca que remete a um arco magmático constituído por uma série de rochas plutônicas, que sustenta estas colinas. A amplitude de relevo nesta unidade é de 40 metros, alternando topos na cota de 120 metros e fundos de vale na cota dos 80 metros. As colinas elevadas distribuem-se em grupos, estando separadas entre si pelas Colinas Baixas Waimiri - Atroari.

Colinas Baixas do Rio Jauaperi

Esta unidade é caracterizada por um relevo de colinas convexas residuais altamente dissecadas, com declividade pouco acentuada. Este relevo ocorre sobre ortognaisses da Suíte Jauaperi, estando a colina mais alta na cota dos 100 metros. O forte intemperismo sobre esta unidade originou um espesso manto de alteração onde Latossolos Amarelos desenvolveram-se (Figura 3.6.3.6-16). Por vezes são encontradas planícies inundáveis próximas a esta unidade, sobretudo nos arredores do Igarapé Engenheiro Evaristo Preto, Igarapé dos Peixes e do Rio Trairi.



Figura 3.6.3.6-16 - Manto de alteração com Latossolos Amarelos no ambiente geomorfológico de colinas baixas do Rio Jauaperi

Planícies Arenosas Inundáveis

As planícies fluviais constituem uma paisagem topograficamente plana, sobre a qual prevalecem solos com textura predominantemente arenosa, que constantemente sofre saturação por efeito de variação na altura do lençol freático (Figura 3.6.3.6-17). Por vezes o relevo destas planícies pode ser caracterizado como mal drenado, dificultando a percolação da água em subsuperfície, o que pode dificultar a instalação de estruturas nesta unidade, apesar da sua topografia predominantemente plana.



Figura 3.6.3.6-17 - Planície arenosa inundável

Além de possuir normalmente o nível freático elevado, estas planícies estão altamente susceptíveis à inundações durante as cheias provocadas pelas grandes precipitações concentradas do verão. Especialmente esta unidade se distribui ao longo do traçado da LT após a cidade de Rorainópolis, concentrando-se, notadamente, na porção final da linha.

Dorsos Convexos

Localizada na borda da unidade de colinas baixas do Rio Jauaperi, a unidade de dorsos convexos se individualiza, principalmente, por possuir suas elevações com o aspecto alongado. Com topos na cota dos 100m essa unidade consiste nas nascentes e nos interflúvios dos pequenos Igarapés que cortam a Área de Influência Indireta da Linha de Transmissão neste ponto. Por vezes os topos destes dorsos são tão longos que podem ter mais de 3 km, ilustrando o caráter quase plano da topografia neste compartimento do relevo.

Frente de Dissecação do Rio Anauá

Esta unidade é composta pela frente erosiva do Rio Anauá que diseca o relevo de colinas na medida em que seus braços adentram no relevo mais conservado. O Rio Anauá segue encaixado, com um desnível de aproximadamente 3 metros para o terraço existente em seu entorno. As amplitudes de relevo não passam dos 30 metros nesta unidade, constituindo uma transição entre as colinas e os terraços formados pelo Rio Anauá (Figura 3.6.3.6-18).



Figura 3.6.3.6-18 - Frente de dissecação do Rio Anauá

Colinas Médias do Rio Anauá

As colinas médias do Rio Anauá possuem uma amplitude máxima de 40 metros, constituída sobre os granitos do Igarapé Azul. A cidade de Rorainópolis encontra-se sobre estas colinas, que registram um aspecto de aplainamento em retomada de erosão (Figura 3.6.3.6-19). As encostas curtas destas colinas possuem naturalmente baixo potencial erosivo, principalmente pelo fato deste domínio coincidir com os Latossolos Vermelho Amarelo bem coesos.



Figura 3.6.3.6-19 - Colinas Médias do Rio Anauá

Serras Isoladas

Nesta unidade geomorfológica estão as maiores amplitudes topográficas da área de influência da linha, sendo, do ponto de vista dos processos erosivos, o relevo com as maiores energias de transporte de material. O equilíbrio morfodinâmico presente neste local depende da tênue relação entre as rochas ígneas ácidas com as intempéries. O uso do solo mal planejado neste domínio pode deflagrar processos erosivos acelerados, uma vez que a susceptibilidade à erosão é alta nestas serras por conta das encostas com alta declividade e dos solos residuais jovens que recobrem este relevo (Figura 3.6.3.6-20).

As encostas das diversas serras presentes na All da LT apresentam vales com cabeceiras íngremes que as entalham até o nível de base dos rios e igarapés que seguem em seus sopés. Eventualmente apresentam durante seu percurso interrupções no perfil longitudinal de seus canais, na forma de cachoeiras. Estas drenagens encaixam-se em planos de falhas ou de fraturas, conforme os alinhamentos tectônicos.

Ao longo da All da LT as Serras recebem diversos nomes locais, como Serra da Balada, Baraúna e Anauá, ilustrando a quantidade de cristas alinhadas presentes na área de estudo.



Figura 3.6.3.6-20 - Serra da Baraúna

Colinas Dissecadas de Caracaraí

Esta unidade geomorfológica se estende do Rio Anauá até as proximidades do Rio Branco, correspondendo a um antigo Pediplano Pleistocênico (RIBEIRO DA COSTA et al., 1978), responsável pelo aplainamento desta superfície topográfica (Figura 3.6.3.6-21) e pelos relevos residuais isolados que se destacam na paisagem, sobretudo nas margens da All, através de serras e *inselbergs*. Estas colinas estão revestidas por um espesso manto de alteração com coloração avermelhada, contendo grande quantidade de mica e feldspato. Sobre o embasamento desta unidade, composto predominantemente pelas rochas da suíte metamórfica do Rio Urubu, desenvolveram-se Latossolos e Argissolos.



Figura 3.6.3.6-21 - Superfície de baixa amplitude do ambiente de Colinas Dissecadas de Caracaraí

Pediplano do Rio Branco

Com topografia de baixa amplitude e presença de áreas arenosas alagadas, esta unidade encontra-se no extremo norte da LT, no local onde será instalada a subestação de Boa Vista. Tesos, que constituem superfícies topográficas em um nível de cota enxuta, separam as áreas inundáveis que permeiam este domínio. As áreas alagadas são constituídas por depósitos orgânicos, enquanto os baixíssimos divisores (menos de 5 metros) são compostos por Argissolos arenosos de cor amarelo-acinzentada (Figura 3.6.3.6-22).



Figura 3.6.3.6-22 - Pediplano do Rio Branco

Interflúvio Tabular Residual

Esta unidade destaca-se em meio ao pediplano do Rio Branco, apresentando superfícies tabulares dissecadas, com vertentes convexas e retilíneas. Por vezes é possível observar sedimentação de colúvios e alúvios próximos à base das suaves encostas. Predominam neste ambiente amplitudes topográficas de 20 m, com baixos gradientes entre os divisores topográficos planos e o pediplano adjacente.

Derrames Vulcânicos

Esta unidade geomorfológica é formada pelos cones de dejeção de processos vulcânicos Cretáceos, que permanecem na paisagem exibindo os depósitos dos derrames piroclásticos (Figura 3.6.3.6-23). Os morros que compõe este domínio possuem aspecto triangular, sobretudo nas vertes que indicam o mergulho das camadas dos derrames vulcânicos. Com amplitude de até 140 metros, o processo de intemperismo sobre as rochas ígneas efusivas contribuiu para a pedogênese de Latossolos Vermelhos e Plintossolos Pétricos.



Figura 3.6.3.6-23 - Derrames Vulcânicos

3. Caracterização Geomorfológica da AID

Partindo de Manaus, a linha percorre primeiramente um relevo residual, composto por interflúvios altamente dissecados pelos Igarapés Guaraná, Preguiça, Tarumãzinho, Santo Antônio, Mariano e Leão que constituem braços do Igarapé Tarumã Açu. Neste local, o entalhe da rede de drenagem na AID da LT fez com que os topos aplainados fossem separados por vales de fundo plano, com uma pequena planície de inundação encaixada no sopé dos interflúvios. A transição do topo plano dos interflúvios tabulares em coalescência para o eixo dos canais dos Igarapés se dá através de encostas convexas de baixa declividade, numa amplitude média de 40 metros (Figura 3.6.3.6-24).



Figura 3.6.3.6-24 - Saída da LT na SE de Engenheiro Lechuga

Este relevo na AID se sustenta da subestação em Manaus até aproximadamente o km 37 da linha, onde a topografia sofre uma pequena transição para interflúvios mais preservados (Figura 3.6.3.6-25), com um amplo aspecto tabular. Nesta área, que se estende do km 37 até o km 106, o entalhe da rede de drenagem fez com que os canais seguissem discretamente em meio a este planalto dissecado, dificultando a percepção dos mesmos.



Figura 3.6.3.6-25 - Interflúvios tabulares preservados

Do km 106 até o km 132 a linha adentra o planalto de Presidente Figueiredo (Figura 3.6.3.6-26), que está esculpido sobre as rochas do Grupo Trombetas, que constitui a borda norte da sinéclise do rio Amazonas. Esse Grupo apresenta mergulho na direção sul, que se reflete no relevo com a diminuição das altitudes nessa direção. A amplitude topográfica entre o topo dos interflúvios tabulares e os fundos de vales nesta porção da linha não ultrapassa os 60m, com as vertentes descendo de forma convexa em declividade média (20°) dentro da AID.



Figura 3.6.3.6-26 - Planalto de Presidente Figueiredo

Esta porção da área de estudo conserva amplos registros de atividades tectônicas cenozóicas, especialmente por falhas normais e transcorrentes. Estas falhas deslocam os perfis lateríticos e os solos, apresentando indícios de controle na sedimentação recente e nas feições geomorfológicas como, por exemplo, cachoeiras (por exemplo, como visualizado na Figura 3.6.3.6-27).



Figura 3.6.3.6-27 - Cachoeira da ASFRAMA localizada dentro da AID da LT

Estas mesmas atividades tectônicas somadas à posterior dissecação foram responsáveis também pela exposição de arenitos da Formação Nhamundá, que constituem a base deposicional do Grupo Trombetas. Estes arenitos, com camadas de diferentes competências (fino/médio) e estruturas como falhas e fraturas são responsáveis pela grande ocorrência de cavidades naturais na região de Presidente Figueiredo (item 3.6.3.10 - Espeleologia). A espeleogênese destas cavernas, grutas e abrigos está diretamente relacionada ao entalhamento dos canais fluviais, no processo de incisão dos seus vales. A ação erosiva do escoamento das águas subterrâneas nesta rocha provoca a erosão granular da rocha, originando vazios, que podem evoluir para depressões, abrigos e cavernas (Figura 3.6.3.6-28).



Figura 3.6.3.6-28 - Lajedo próximo à cachoeira da ASFRAMA

Na área de estudo estas cavidades naturais são observadas, sobretudo na transição do topo dos platôs do relevo tabular para os fundos de vale planos, por onde drenam os igarapés, especialmente os tributários do Rio Urubu. Por vezes é possível observar no topo dos interflúvios blocos empilhados, com aspecto ruíniforme, indicando a existência de outras cavidades. Diversos processos geomorfológicos foram observados em campo e seguem ilustrados e comentados nas legendas da Figura 3.6.3.6-29.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Figura 3.6.3.6-29 - A) Relevo residual na forma de cálice indicando a possível presença de cavernas no entorno. B) Fratura (vermelho) dentro da gruta do Maroaga controlando o processo de formação de túneis erosivos. C) Formação de crostas lateríticas nas paredes da mesma gruta. Por serem mais resistentes, estas permanecem com a estrutura horizontal, mesmo após o recuo erosivo da parede. D) Depósito formado pelas crostas lateríticas que tombaram das paredes da gruta do Maroaga. E) Diferença entre camadas de arenitos médios e finos, mais competentes, formando saliências no afloramento. F) Gotejamento nas paredes do arenito formando incisões arredondadas (copos)

Do km 132 ao km 142 a LT sai do domínio dos depósitos sedimentares da Bacia do Amazonas para adentrar no embasamento cristalino do Escudo das Guianas, segmento norte do Cráton do Amazonas. Logo se percebe a transição de litologia dentro da AID, que é marcada na paisagem geomorfológica pelo aparecimento de colinas de topo arredondado, com uma incisão moderada (Figura 3.6.3.6-30). Dentre os topos das colinas destaca-se o Pico de Santa Inês (235 m), que é recortado pelos Igarapés Canoa, Santo Antônio e Canastra.



Figura 3.6.3.6-30 - Britadeira expõe espesso manto de intemperismo. Através da imagem fica clara a suavização do topo tabular das formações sedimentares para um aspecto mais arredondado do embasamento cristalino

Do km 140 ao km 188 a linha percorre um trecho onde a forte erosão das rochas cristalinas formou um relevo de baixa amplitude na AID, composto por pequenas colinas convexas que atualmente vem sendo utilizadas para pastagem nas proximidades da BR-174. Este relevo apresenta topos de extensão entre 500m e 1.000m, separados por vales alargados e de fraco grau de aprofundamento, onde os rios formam estreitas planície de inundação, mapeáveis somente em escalas superiores a 1:10.000 (Figura 3.6.3.6-31).



Figura 3.6.3.6-31 - Aspecto da baixa amplitude do relevo nesta porção da área de estudo

Do km 188 ao km 198, antes do reservatório da UHE Balbina os Andesitos basálticos, Dacitos, Tufos e riolitos do Grupo Iricoumé compõe na paisagem da AID novamente um relevo de maior amplitude, onde a incisão da drenagem é mais contundente. Destaca-se a Serra Dourada (Figura 3.6.3.6-32), que com seus 240m sobressai na paisagem. Neste ambiente geomorfológico são comuns campos de blocos, que afloram através de matacões arredondados com presença de caneluras esculpidas pelas águas pluviais.

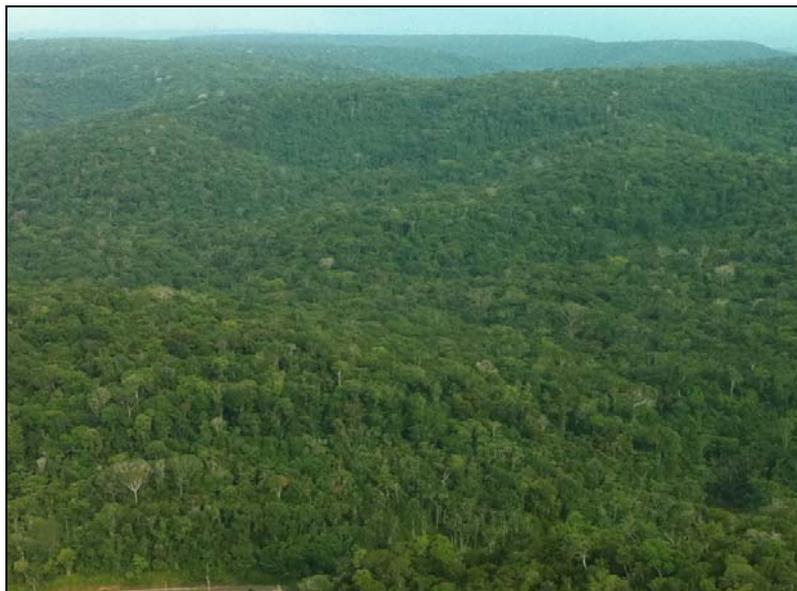


Figura 3.6.3.6-32 - Relevo movimentado da Serra Dourada

No km 198 da LT, próximo ao Posto de Vigilância Abonari, localizado na TI Waimiri - Atroari é possível observar o braço do Rio Abonari alagado pelo enchimento da UHE Balbina (Figura 3.6.3.6-33). Neste ponto, em que a LT terá que atravessar 2 km entre as margens do reservatório, é possível observar os antigos topos das colinas convexas de baixa amplitude afogados, formando ilhas fluviais. Estas novas ilhas são formadas por rochas cristalinas e possuem, como o relevo imediato, um espesso manto de intemperismo.



Figura 3.6.3.6-33 - Área do reservatório da UHE Balbina.

No trecho em que a LT percorre a Terra Indígena Waimiri - Atroari cabe destacar que, a partir do km 198, o relevo consiste na continuação do planalto cristalino dissecado. A topografia dentro da TI apresenta-se bem ondulada com encostas convexas, sem cabeceiras de drenagem em anfiteatro.

Ao final dos limites da Terra Indígena Waimiri - Atroari, a densa cobertura florestal é substituída por pastagens que ocupam um relevo suave ondulado, onde os dorsos convexas (Figura 3.6.3.6-34) são separados por uma incipiente rede de drenagem. Nestas colinas baixas, Latossolos Amarelos recobrem este relevo, que possui um espesso manto de intemperismo lotado de veios de quartzo, indicando a decomposição *in situ* do substrato geológico.



Figura 3.6.3.6-34 - Dorsos convexos com drenagem pouco entalhadas

Do km 331 até o 340 esta paisagem se mantém dentro da AID da LT, até que grandes depósitos de areia são encontrados (Figura 3.6.3.6-35). Estas áreas arenosas possuem a característica de serem parcialmente alagadas, e situam-se em posição interfluvial do km 340 até o km 350 da LT. O fato de estes depósitos arenosos estarem longe ou parcialmente ligados à drenagem principal, fez com que Ribeiro da Costa et al. (1978) interpretassem-nas como antigas *playas*, constituindo depósitos da fase de pediplanação. Estas feições geomorfológicas ocorrem sobre diversas litologias (sedimentar/ígneas) presentes na AID, comprovando que a pediplanação afetou similarmente litologias muito diferenciadas.



Figura 3.6.3.6-35 - Depósitos de Areias Brancas

Este planalto dissecado, mas sem a presença de depósitos de areia, segue na AID a partir do km 350 com a configuração geomorfológica de dorsos convexos pouco entalhados, em que *inselbergs* se destacam na paisagem até as proximidades do km 536 da LT (Figura 3.6.3.6-36). Os *inselbergs* constituem resíduos do processo de pediplanação, apresentando-se com elevações pouco alongadas e consideravelmente ilhadas, cuja gênese está relacionada ao processo de erosão típico do clima semiárido. Além deste fenômeno de ordem climática, certamente cabe destacar a erosão diferencial sobre as diversas litologias que compõem o embasamento cristalino desta região, como um fator colaborador para a gênese destes morros residuais.



Figura 3.6.3.6-36 - *Inselbergs* presentes ao longo do traçado da LT

Do km 536 até o km 630 são observadas diversas serras que adentram a área de estudo, sobretudo a Serra da Balata que é interceptada pela AID da LT. A grande amplitude de relevo destas elevações, que chegam até a 700m na Serra de Anauã, garante um ambiente de alta energia de transporte de materiais. Nesse sentido, processos erosivos acelerados como ravinas/voçorocas e movimentos de massa são mais suscetíveis nesta porção da área de estudo, uma vez que o equilíbrio morfodinâmico presente neste local depende da relação direta entre as rochas cristalinas com as intempéries. Atividades antrópicas não planejadas podem deflagrar processos erosivos acelerados, uma vez que a susceptibilidade à erosão é alta nestas serras por conta das encostas com alta declividade e dos solos residuais rasos que recobrem este relevo (Figura 3.6.3.6-37).



Figura 3.6.3.6-37 - Serra Grande destacando-se ao fundo da imagem

Destas serras nascem drenagens que alimentam o Rio Branco com um padrão essencialmente radial, em direção centrífuga para seu entorno das serras (Figura 3.6.3.6-38). Ao longo destas elevações os rios não apresentam alvéolos, sendo suas cabeceiras formadas por eixos apertados e íngremes. Em função da declividade das encostas e do substrato geológico, os solos nesta unidade são pouco profundos e cascalhentos, constituindo, predominantemente, solos da classe Neossolo Litólico.



Figura 3.6.3.6-38 - Encostas íngremes da Serra da Balata

Após atravessar estas serras, no km 630 a linha depara-se com o extenso leito do Rio Branco. Enquanto os demais rios da região apresentam um padrão meândrico com faixa de planície com marcas de canais abandonados, o Rio Branco tem seu curso tendendo à retificação, apresentando acumulação aluvial, formando uma larga faixa de aluviões ao longo do seu curso (Figura 3.6.3.6-39). Nestas faixas destacam-se os depósitos lineares fluviais tipo diques e pequenos lagos, resquícios de antigos canais abandonados pelo rio, que agora estão colmatados.



Figura 3.6.3.6-39 - Extenso leito do Rio Branco

Da travessia do Rio Branco até a SE de Boa Vista a linha encontra um relevo de baixa amplitude sobre o planalto cristalino dissecado. No km 712 derramamentos vulcânicos da Formação Apoteri (Figura 3.6.3.6-40) destacam-se na paisagem dentro da AID. Estes derrames sustentam-se na paisagem como *inselbergs*, ocorrendo em seus sopés depósitos de baixa encosta, ricos em blocos rochosos provenientes das avalanches detriticas e deslizamentos, recorrentes neste relevo. Estas elevações conservam um aspecto triangular, referentes à sequência de derrames ocorridos no período Cretáceo.



Figura 3.6.3.6-40 - Derrames vulcânicos presentes na porção final do traçado da LT

O Quadro 3.6.3.6-2 abaixo sintetiza as informações de relevo, geologia solos e dinâmica do relevo dentro da AID da LT, conforme a quilometragem da linha.

Quadro 3.6.3.6-2 - Síntese das características geomorfológicas na AID da LT

Quilometragem da LT	Relevo	Unidade Geológica	Solos	Dinâmica do Relevo
0 - 37 km	Relevo residual, composto por interflúvios tabulares altamente dissecados	Formação Alter do Chão.	Latossolos Amarelos	Processos erosivos acelerados em cortes de estrada (ravinas e voçorocas)
37 - 98 km	Interflúvios preservados com um amplo aspecto tabular	Formação Alter do Chão, Depósitos Quaternários e Grupo Trombetas	Latossolos Amarelos	Processos erosivos nas frentes de dissecação dos igarapés e nos cortes de estrada
98 - 124 km	Interflúvios tabulares do Planalto de Presidente Figueiredo	Grupo Trombetas e Formação Prosperança	Latossolos Amarelos	Processos erosivos nas frentes de dissecação dos igarapés e nos cortes de estrada
124 - 143 km	Colinas de topo arredondado com moderada incisão da rede de drenagem	Grupo Iricoumé e Suíte Mapuera	Gleissolos Háplicos, Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos	Baixa ocorrência de feições erosivas nas colinas cristalinas que possuem um espesso manto de intemperismo
143 - 185 km	Relevo de baixa amplitude composto por pequenas colinas convexas	Suíte Mapuera, Grupo Iricoumé, Formação Prosperança, Suíte Água Branca	Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho Amarelos	Escoamento superficial nas áreas de solo exposto e pastagens sobre as colinas de baixa amplitude
185 - 198 km	Relevo de maior amplitude com forte incisão da drenagem	Suíte Mapuera	Argissolos Amarelos	A forte declividade deste relevo torna propício do desenvolvimento de feições erosivas, sobretudo na Serra Dourada
198 - 200 km	Braço do Rio Abonari afogado pela UHE Balbina com colinas convexas de baixa amplitude formando ilhas	Suíte Mapuera e Depósitos Quaternários	Argissolos Amarelos	A presença da barragem mantém o nível freático elevado assim como gera a inundação permanente das planícies do Rio Abonari, promovendo, também, a eutrofização no fundo do reservatório
200 - 331 km	Planalto cristalino dissecado com relevo suave ondulado	Suíte Mapuera, Depósitos Quaternários, Rochas Máficas, Suíte Jauaperi e Suíte Água Branca	Argissolos Amarelos, Gleissolos Háplicos, Latossolo Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo	A densa cobertura florestal mantém o equilíbrio morfodinâmico, sem focos erosivos aparentes
331 - 340 km	Relevo suave ondulado com dorsos convexas de baixa declividade	Suíte Água Branca, Depósitos Quaternários, Suíte Jauaperi e Granito Igarapé Azul	Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho Amarelos, Argissolos Vermelho Amarelos e Espodossolos	A pequena amplitude de relevo neste trecho da LT faz com haja uma baixa energia no transporte dos materiais.
340- 443 km	Depósitos de areias brancas em relevo suave ondulado	Depósitos Quaternários e Granito Igarapé Azul	Argissolos Vermelho Amarelos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos	A baixa amplitude de relevo e o nível freático elevado promovem a saturação periódica do solo.

Quilometragem da LT	Relevo	Unidade Geológica	Solos	Dinâmica do Relevo
443 - 536 km	Planalto cristalino dissecado com presença de <i>inselbergs</i>	Depósitos Quaternários, Suíte Água Branca e Granito Igarapé Azul	Neossolos Quartzarênicos, Latossolos Amarelos	As colinas e os <i>inselbergs</i> presentes nesta porção do traçado possuem baixo potencial erosivo, principalmente pelo fato deste relevo estar recoberto por Latossolos Amarelos bem coesos
536 - 630 km	Serras Isoladas	Suíte Água Branca, Granito Igarapé Azul, Depósitos Quaternários, Suíte Mapuera, Suíte Murupu, Rio Urubu, Suíte Murupu, Grupo Iricoumé e Suíte Serra da Prata	Neossolos Quartzarênicos, Latossolos Vermelho Amarelos, Argissolos Vermelho Amarelos, Neossolos Litólicos, Gleissolos Háplicos e Espodossolos	A grande amplitude de relevo destas serras garante um ambiente de alta energia de transporte de materiais. Processos erosivos acelerados, como ravinhas/voçorocas e movimentos de massa são mais suscetíveis nesta porção da LT
630 - 709 km	Planície do Rio Branco	Depósitos Quaternários	Neossolos Quartzarênicos	Áreas suscetíveis à inundação do Rio Branco, constituídas por solos arenosos e depósitos orgânicos
609 km ao final da LT	Planalto cristalino dissecado com presença de <i>inselbergs</i> formados sobre derramamentos vulcânicos	Rio Urubu, Formação Boa Vista, Formação Apoteri e Depósitos Quaternários	Latossolos Vermelhos, Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Acinzentados, Plintossolos Pétricos e Gleissolos Háplicos.	Os focos erosivos nesta porção da LT recaem sobre os <i>inselbergs</i> . Sustentados por derramamentos vulcânicos, estes morros residuais são recobertos por uma fina camada de solo que pode ser facilmente erodida.

d. Modelo digital de elevação

A utilização das imagens orbitais SRTM em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) contribui como suporte para o mapeamento geomorfológico. As novas técnicas computacionais associadas aos SIGs permitem extrair dados que originam modelos numéricos do relevo, contribuindo tanto para a compartimentação do relevo, quanto nas interpretações da paisagem geomorfológica.

As imagens SRTM utilizadas no presente estudo foram obtidas a partir de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), realizado através de uma parceria entre as agências espaciais dos EUA (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI) (COELHO, 2008). O radar utilizado nesta missão espacial foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre, através de interferometria, possibilitando o emprego dos seus dados em análises da superfície terrestre.

A aquisição das imagens SRTM foi realizada através da Embrapa e para compor toda a área de estudo foram necessárias doze imagens (Folhas NA-20-X-D, NA-20-Z-B, NA-20-Z-D, NA-21-V-C, NA-21-Y-A, NA-21-Y-C, SA-20-X-B, SA-20-X-D, SA-20-Z-B, SA-21-V-A, SA-21-V-C, SA-21-Y-A) compatíveis com as folhas na escala 1:250.000 do IBGE. Estas cenas foram posteriormente mosaicadas para serem trabalhadas em conjunto.

Diante das imagens SRTM mosaicadas, dados numéricos do relevo foram extraídos possibilitando a elaboração das curvas de nível e de modelos digitais do terreno (**Figura 3.6.3.6-41**) que foram utilizadas para aprimorar o mapeamento geomorfológico da AII da LT. O mapeamento da linha de transmissão sobre o modelo digital do terreno, com as faixas altimétricas presentes na área de estudo encontra-se no **Mapa de Altimetria- 2517-00-EIA-MP-2008-01** apresentado no **Caderno de Mapas**.

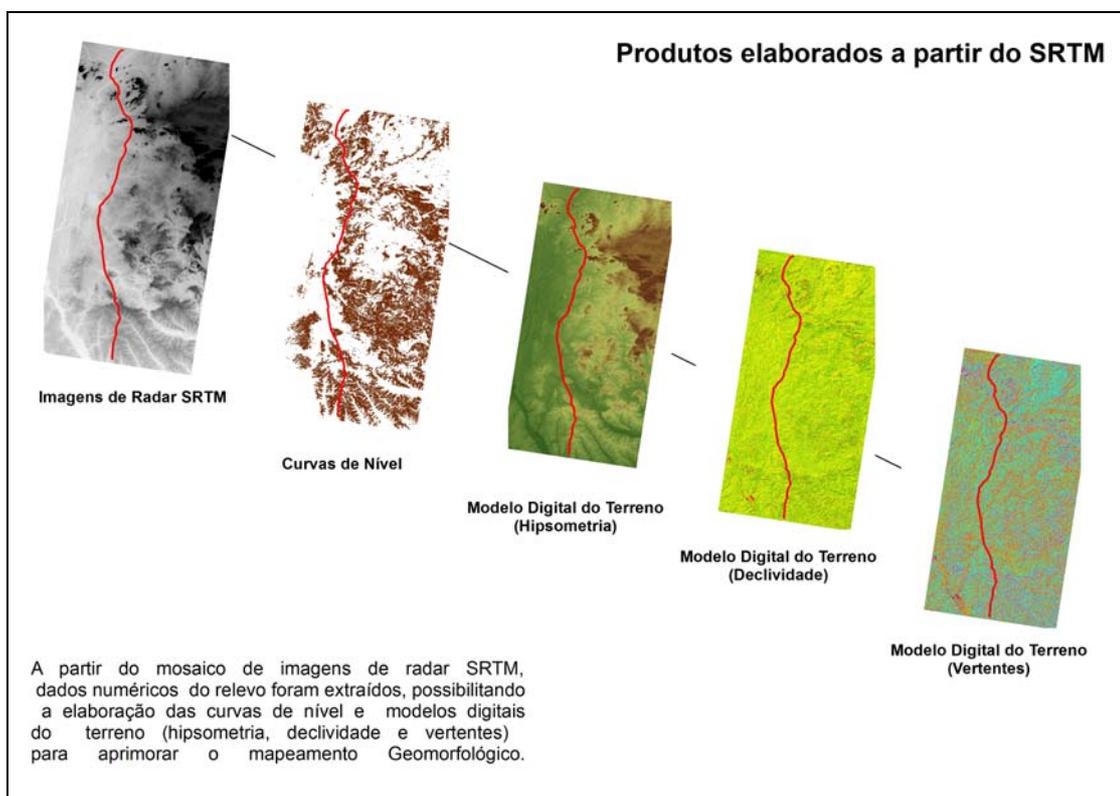


Figura 3.6.3.6-41 - Modelo esquemático mostrando alguns dos produtos derivados das imagens de radar SRTM

e. Processos Erosivos Lineares e Movimentos de Massa

De acordo com Oliveira (1999) os processos erosivos derivam da tendência de sistemas naturais a atingir um estado de equilíbrio entre energia disponível e a eficiência do sistema em dissipar energia. Segundo Bak (1997), quando um sistema natural (vertente, bacia de drenagem, etc.) não é eficiente para dissipar a energia disponível, o sistema se adapta, entrando assim em um novo estado de equilíbrio. Quando ocorre uma modificação na quantidade de energia disponível (intensidade e frequência das precipitações, teor de umidade nos solos, etc.) e na característica do sistema (uso do solo, cobertura vegetal, densidade aparente, etc.), uma situação de desequilíbrio entre energia disponível e capacidade de dissipação de energia pode surgir, dando origem, assim, às feições erosivas (OLIVEIRA, 1999).

Com relação às feições erosivas do escoamento superficial (sulcos erosivos e ravinas), os mecanismos de detonação desse processo iniciam-se pelo escoamento superficial provocado pela diminuição da capacidade de infiltração da água da chuva no solo. Esta condição é atingida pela compactação dos solos e pelo processo de " splash erosion" , desencadeado em solos expostos ao

impacto direto das gotas pluviais. O impacto direto das gotas desestruturam os agregados do topo do solo, soltando partículas menores que obstruem os poros do solo dificultando o processo de infiltração. A precipitação que excede a capacidade de infiltração dos solos escoam superficialmente, removendo as partículas minerais e a matéria orgânica, responsável pela fertilidade dos solos (HORTON, 1945; DUNNE & LEOPOLD, 1978; GUERRA, 1991). O escoamento superficial concentra-se em sulcos que, aprofundando-se, originando as ravinas.

De maneira geral, os processos erosivos lineares na área de estudo ocorrem próximo aos vetores de transformação da paisagem amazônica, como estradas e ramais. Com a retirada da densa vegetação para o uso direcionado à agropecuária (muitas vezes com uso de sucessivas queimadas) e abertura de trilhas, o desenvolvimento deste tipo de processo erosivo torna-se mais suscetível (Figura 3.6.3.6-42).



Figura 3.6.3.6-42 - Trilha para a cachoeira da Iracema com sacos de areia tentando conter a evolução do sulco erosivo, originado a partir do processo de escoamento superficial

Já as feições erosivas de escoamento subsuperficial, como voçorocas, ocorrem por conta do desencadeamento de fluxos subsuperficiais do escoamento da água na zona aerada dos solos, assim como, por fluxos subterrâneos na zona saturada. A existência de faces de exfiltração, seja pelo corte natural de uma incisão fluvial ou por atividades antrópicas para construção de estradas e casas ou por mineração dos leitos fluviais, permite a saída desses fluxos, que migram pelas encostas em direção aos fundos de vale. Dependendo da poro-pressão exercida na face de exfiltração, tais fluxos podem desencadear processos erosivos em forma de *pipes*, chegando à

formação de túneis erosivos. Os túneis erosivos recuam remontante e ao sofrerem colapso de seus tetos abrem o processo de voçorocamento, podendo ocorrer tanto em encostas como em fundos de vale (COELHO NETTO, 1999).

Concentradas às margens da BR - 174 na região de Manaus e Presidente Figueiredo, as voçorocas nesta rodovia encontram-se em estágio avançado de evolução. Desta forma, durante o processo de instalação da LT, tais feições erosivas, assim como as áreas que estão na direção direta do recuo destes processos, deverão ser evitadas tanto para suporte das estruturas da linha como para abertura de acessos. As taxas de recuo dos voçorocamentos ocorrem em escala histórica, podendo atingir facilmente construções instaladas em local inadequado (Figura 3.6.3.6-43).



Figura 3.6.3.6-43 - Voçoroca ao lado da BR - 174, que segue no lado direito da imagem

Além das voçorocas mapeadas durante os trabalhos de campo, através das ortofotos com resolução espacial de 0,8 m, levantadas pela empresa Aerotri e das imagens *RapidEye* com resolução de 5 m, foi realizada a fotointerpretação dos processos erosivos lineares existentes ao longo da AID da linha de transmissão. No total foram mapeados 233 focos erosivos, incluindo áreas em que o solo exposto contribui para o escoamento superficial e áreas de voçorocamento.

Quando em grandes dimensões, estes processos erosivos lineares entulham os fundos de vale por onde drenam os igarapés, assoreando-os. Através da **Figura 3.6.3.6-44** é possível observar este processo, que ocorre no km 50 da LT (UTM SIRGAS 2000 830277E/9725089S). Os focos erosivos, destacados em vermelho, contribuem com sedimentos que preenchem o eixo da rede de drenagem (azul). Este mesmo procedimento de mapeamento foi adotado para todos os polígonos dos processos erosivos que seguem em anexo no mapa Suscetibilidade à Erosão.

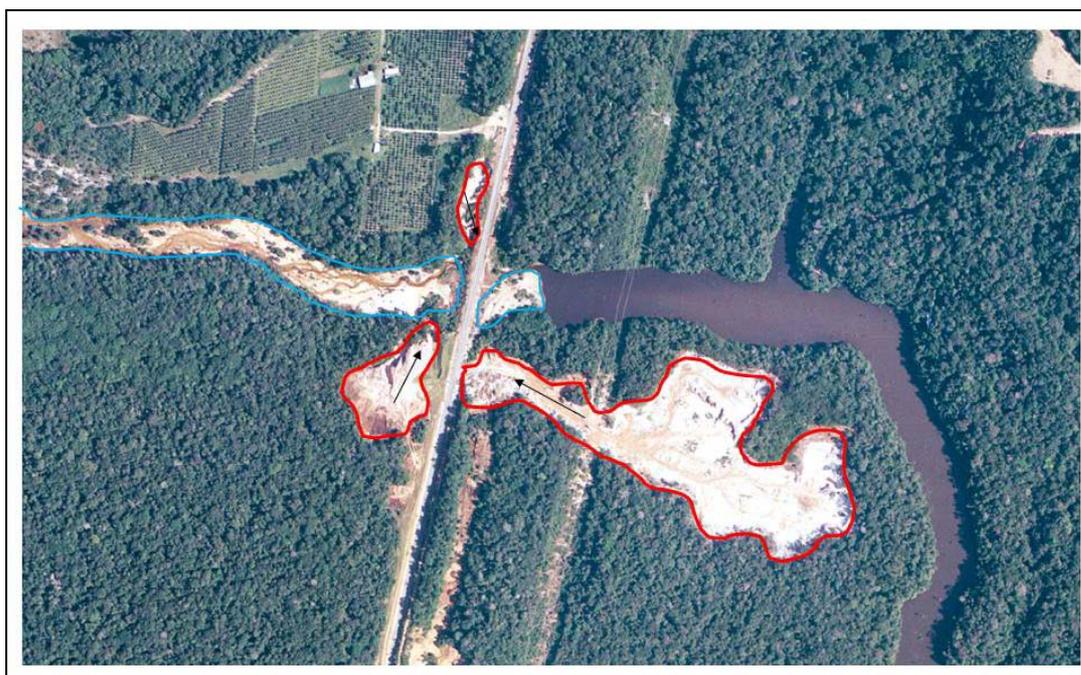


Figura 3.6.3.6-44 - Mapeamento dos processos erosivos ao longo da AID da LT

Com relação aos movimentos de massa, os vários tipos de movimento existentes na natureza envolvem uma diversidade de materiais, processos e fatores condicionantes (FERNANDES e AMARAL, 1996) e são eventos resultantes, principalmente, da atuação gravitacional. De acordo com Guimarães et al. (2008), os diferentes tipos de movimentos de massa dependem das condições geológicas; tipo de materiais; declividade, orientação e forma da vertente; área de contribuição; intensidade e distribuição das precipitações.

De acordo com Fernandes et al. (2001) os deslizamentos são condicionados por complexas relações entre fatores geológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos e antrópicos entre outros, que atuam no passado e que, em muitos casos, permanecem ativos. Entre os fatores geológicos que condicionam os movimentos de massa destacam-se tanto as estruturas dúcteis quanto rúpteis das rochas. Fraturas, falhas, dobras e foliação influenciam diretamente na estabilidade das encostas, uma vez que representam planos de fraqueza por onde as frentes de intemperismo avançam.

Dentro da área de estudo, o local com maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa está concentrado entre o km 536 e 600 da linha, no momento em que diversas serras isoladas se destacam na paisagem. Dada as características litológicas das rochas ígneas amplamente fraturadas que compõem estas serras, a tipologia de movimento de massa mais provável é o escorregamento. Segundo Fernandes e Amaral (2006) estes movimentos de massa caracterizam-se por serem rápidos, de curta duração com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado. O tipo de material movimentado pode ser constituído por solo, rocha, por uma mistura de ambos ou até mesmo por lixo doméstico. Oliveira (1995) destaca que os depósitos de lixo, principalmente nos grandes centros urbanos, podem ser considerados como unidade geológica do quaternário, associados a alto risco de acidentes e com comportamento geomecânico bem definido. De acordo com a configuração do plano de ruptura da encosta os escorregamentos podem ser subdivididos em rotacionais e translacionais.

O escorregamento rotacional, de acordo com Fernandes e Amaral (2006), é o tipo de movimento o qual possui uma superfície de ruptura curva, côncava para cima, ao longo da qual se dá um movimento rotacional do pacote do solo. É apontado como facilitador ao desencadeamento desse processo o solo espesso e homogêneo que apresenta uma facilidade de infiltração e pouca percolação causando assim uma poro-pressão positiva que conduz ao movimento rotacional. Este tipo de movimento está frequentemente associado a uma descontinuidade do relevo, conseqüentemente hidrológica, gerada por vezes pela construção de estradas ou prédios, que promovem cortes na base das vertentes e assim instabilizam o material que se desloca.

Os escorregamentos translacionais (*slides*), por sua vez, estão associados à planos de descontinuidade nos solos que, em última análise representam zonas de descontinuidade hidráulica (DUNNE e LEOPOLD, 1978). Whipkey e Kirkby (1978) *apud* Fernandes e Amaral (1996) mostram que entre camadas de colúvios a passagem de horizontes mais grosseiros granulometricamente para horizontes de granulometria mais fina pode caracterizar zonas de saturação temporárias gerando fluxos subsuperficiais e poro-pressões positivas. Atkinson (1978) divide o fluxo subsuperficial das encostas em componente vertical e lateral (*downslope*) afirmando que ambos ocorrem tanto em zonas saturadas quanto aeradas do solo. As zonas saturadas se formam em uma das descontinuidades mais abruptas nos perfis de solo: o contato solo-rocha. Esta descontinuidade é responsável pela formação do lençol freático que satura os poros acima da superfície impermeável do substrato geológico permitindo o fluxo que alimenta as nascentes e canais fluviais. Porém é também uma área de saturação onde a poro-pressão

positiva é alta e pode, em condições específicas, transformar-se em uma superfície para os escorregamentos. Este mecanismo é bastante comum na ocorrência de movimentos translacionais, principalmente em ambientes montanhosos com espessuras de solo delgados.

Quedas de blocos, que são movimentos que ocorrem por ação da gravidade, típicos de áreas íngremes também podem ocorrer. Normalmente nos locais de ocorrência deste movimento existe a presença de fraturas na escarpa exposta ou há a remoção do material subjacente à encosta, o que provoca a queda do bloco por solapamento da base.

Apesar da extrema importância do tema, não foram identificadas cicatrizes de movimentos de massa dentro da área de influência direta e indireta da LT. O fato de não terem sido encontradas não significa que as mesmas não ocorram. Por vezes, as cicatrizes de movimentos pretéritos podem ter sido recolonizadas pela vegetação, dificultando a sua identificação. Nesse sentido, se faz necessário por parte do empreendedor cuidado na interferência com o domínio geomorfológico das serras para que o uso mal planejado do solo não deflagre movimentação de massa nas encostas das serras que compõe a área de estudo.

f. Considerações Finais

De acordo com o presente diagnóstico foi possível observar o quanto a área de estudo é complexa do ponto de vista geomorfológico, uma vez que desde os interflúvios tabulares de Manaus até o pediplano de Boa Vista são encontradas expressivas mudanças no padrão do relevo. Estas mudanças ocorrem em função de diversos fatores, mas, sobretudo, devido à presença de litologias variadas e diferentes níveis de base locais ao longo do traçado da LT, que configuram compartimentos topográficos distintos, com respostas hidrológicas e erosivas específicas para cada unidade mapeada.

Com vistas à instalação de uma linha de transmissão, se fazem notáveis as cavernas na região de Presidente Figueiredo e os pontos de passagem entre as unidades geomorfológicas, especialmente entre as frentes de dissecação e as unidades imediatas. Por vezes nestes locais são formados processos erosivos naturais em resposta a pulsos erosivos, criando feições como ravinas e voçorocas.

Somam-se aos processos naturais provenientes da própria evolução do relevo, os processos erosivos provocados pelo mau uso do solo, que são capazes de detonar ravinamentos, voçorocamentos e movimentos de massa nos cortes que deixam desnudas as encostas.

Outra questão que merece destaque são as estreitas faixas de aluviões nas margens dos igarapés, que foram entulhadas por material de empréstimo para a construção das estradas. A canalização através de manilhas possibilitou o escoamento destes canais, porém, muitas dessas foram subdimensionadas. Este fato fez com que algumas drenagens fossem barradas, com o conseqüente represamento da água, favorecendo a atuação de processos erosivos acelerados que criaram sulcos nos leitos das rodovias. Este problema foi observado em diversos trechos da BR-174, especialmente em sua porção inicial, próxima à cidade de Manaus, que consiste na região com o maior índice de focos erosivos.

