

ÍNDICE

2.2.2.10 -	Vulnerabilidade Geotécnica	1/26
2.2.2.10.1 -	Metodologia	1/26
2.2.2.10.2 -	Classes de Vulnerabilidade	11/26
2.2.2.10.3 -	Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica	12/26
2.2.2.10.4 -	Identificação de Áreas Sujeitas a Movimentos de Massa.....	12/26
2.2.2.10.5 -	Validação de por Dados de Campo.....	20/26
2.2.2.10.6 -	Riscos Geotecnicos Associados à Instalação do Empreendimento	25/26
2.2.2.10.7 -	Considerações Finais	26/26

ANEXOS

Anexo 2.2.2.10-1 Tabela de Cruzamentos de Variáveis da Vulnerabilidade - Digital

Legendas

Quadro 2.2.2.10-1 - Atribuição de Pesos Considerando as Unidades Litoestratigráficas.	2/26
Quadro 2.2.2.10-2 - Atribuição de Pesos Considerando as Classes de Declividade	3/26
Quadro 2.2.2.10-3 - Atribuição de Pesos Considerando as Unidades de Relev.	4/26
Quadro 2.2.2.10-4 - Atribuição de Pesos Considerando os Horizontes Diagnósticos de Superfície.....	6/26
Quadro 2.2.2.10-5 - Atribuição de Pesos Considerando a Textura.....	6/26
Quadro 2.2.2.10-6 - Matriz de Tabulação do Cruzamento entre os Solos e a Textura.....	7/26
Quadro 2.2.2.10-7 - Atribuição de Pesos Considerando a Hidrografia.....	8/26
Quadro 2.2.2.10-8 - Atribuição de Pesos Considerando a Pluviosidade.....	8/26
Quadro 2.2.2.10-9 - Atribuição de Pesos Considerando Uso e Ocupação.....	9/26
Quadro 2.2.2.10-10 - Atribuição de Pesos Considerando a Suscetibilidade à Erosão.....	10/26
Quadro 2.2.2.10-11 - Atribuição de Pesos Considerando os Processos Erosivos Instalados.....	11/26
Quadro 2.2.2.10-12 - Classes de Vulnerabilidade de Acordo com o Peso das Somas das Variáveis.	11/26
Quadro 2.2.2.10-13 - Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica.....	12/26
Figura 2.2.2.10-1 - Áreas de Vulnerabilidade Muito Alta.	14/26
Figura 2.2.2.10-2 - Áreas de Vulnerabilidade Muito Alta.	16/26
Quadro 2.2.2.10-14 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Alta	17/26
Quadro 2.2.2.10-15 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Intermediária	18/26
Quadro 2.2.2.10-16 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Baixa	18/26
Quadro 2.2.2.10-17 – Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica e Eventos Associados.....	19/26

Figura 2.2.2.10- 3 – Processo de acumulação de sedimentos de origem aluvionar. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 475.377E/ 8.919.987.N	20/26
Figura 2.2.2.10- 4 – Processo de acumulação de sedimentos de origem aluvionar. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 475.406E/ 89.19.329N	20/26
Figura 2.2.2.10- 5 – Local suscetível a inundação. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 454.100E/ 8.872.769N.....	21/26
Figura 2.2.2.10- 6 – Local passível de rolamento de blocos. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 541417E/ 8.872.921N	21/26
Figura 2.2.2.10- 7 – Local passível de rolamento de blocos. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 541.873E/ 8.72.700N.....	21/26
Figura 2.2.2.10- 8 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 549.166E/ 8.870.914N	21/26
Figura 2.2.2.10- 9 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 552.955E/8.870.318N	22/26
Figura 2.2.2.10- 10 – Local suscetível a inundação. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 626.935E/8.829.374N.....	22/26
Figura 2.2.2.10- 11 – Local declivoso com rocha aflorante e rolamento de blocos. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 628.316E/8.827.559N	22/26
Figura 2.2.2.10- 12 – Local declivoso com movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 679.922E/8.789.347N	22/26
Figura 2.2.2.10- 13 – Erosão lateral e vertical do canal. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 706.835 E/8.773.520 N	23/26
Figura 2.2.2.10- 14 – Local declivoso com movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 749.135E/8.762.065N	23/26
Figura 2.2.2.10- 15 – Local com caos de blocos na base de relevo declivoso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 753.535E/8.741.208N	23/26
Figura 2.2.2.10- 16 – Local com caos de blocos na base de relevo declivoso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 769.807E/8.691.771N	23/26
Figura 2.2.2.10- 17 – Local passível de movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 773.924E/8.691.048N	24/26

Figura 2.2.2.10- 18 – Local passível de movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 775.144 E/8.690.537N	24/26
Figura 2.2.2.10- 19 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 775.508E/ 8.690.362N	24/26
Figura 2.2.2.10- 20 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 783.273E/ 8.663.170N	24/26
Figura 2.2.2.10- 21 – Acúmulo de blocos provenientes de movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 762.065E/8.708.356N	25/26
Figura 2.2.2.10- 22 – Erosão lateral e vertical do canal. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 231.265 E/8.706.062 N.....	25/26
Figura 2.2.2.10- 23 – Local passível de movimentos de massa. Coord UTM/SIRGAS2000 F24 236.570 E/8.758.439N	25/26

2.2.2.10 - Vulnerabilidade Geotécnica

A definição de classes de vulnerabilidade geológico-geotécnica utiliza os principais componentes que interferem diretamente na suscetibilidade de uma determinada área a apresentar algum evento geoambiental. O critério adotado para a classificação da vulnerabilidade geológico-geotécnica apresentada nesse diagnóstico considera aspectos como a origem, granulometria, quimismo e presença de estruturas das unidades litoestratigráficas apresentadas. Integrados a esses dados, informações geomorfológicas (declividade e gradiente altimétricos); climatológicas (pluviometria); e pedológicas (textura). A identificação de processos erosivos durante a etapa de campo e suscetibilidade das unidades de solos ao aparecimento de processos erosivos também foram incluídos. Utilizou-se, ainda o dado de uso e cobertura do solo, como fator de proteção dos mesmos quanto a processos erosivos de qualquer espécie.

A seguir serão definidas Classes de Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica para a área de estudo do Meio Físico e para a faixa de servidão da LT 500 kV Gilbués II - OuroLândia II. A classificação de vulnerabilidade geotécnica levará em consideração informações geológicas, de declividade, comportamento mecânico dos solos, hidrológicas e climatológicas, considerando ainda o uso e ocupação do solo e os processos erosivos instalados.

Para a determinação das Classes de Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica, foi aplicada a metodologia desenvolvida por Santos *et al.* (2007). Essa metodologia consiste em cruzamentos de fatores geológicos, geomorfológicos, de relevo (declividade) e pedológicos.

2.2.2.10.1 - Metodologia

Para a determinação das Classes de Vulnerabilidade Geológico-Geotécnica, foi aplicada a metodologia desenvolvida por Santos *et al.* (2007). O método proposto por Santos *et al.* (2007) baseia-se no estudo da “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados” proposto por Ross (1994), que, por sua vez, se baseou em Tricart (1977), que sistematiza uma hierarquia nominal de fragilidade, representada por pelos seguintes valores ou pesos:

- Muito fraca (peso=1);
- Fraca (peso=2);
- Média (peso=3);

- Forte (peso=4);
- Muito Forte (peso=5).

Para se chegar ao resultado da vulnerabilidade, o primeiro passo foi a análise individual de cada uma das variáveis utilizadas, sendo estas, as informações litológicas, de declividade, estabilidade de taludes e encostas, comportamento mecânico dos solos, hidrologia, clima, uso e ocupação do solo, suscetibilidade à erosão e processos erosivos instalados. A seguir será exibida a composição do peso atribuído a cada uma destas variáveis:

2.2.2.10.1.1 - Informações Litológicas (Geologia)

Os pesos que variam de 1 a 5 foram definidos levando em consideração principalmente a resistividade das rochas constituintes de cada unidade litoestratigráfica, capacidade de suporte, escavabilidade, resistência da rocha ao intemperismo, presença de falhas ou fraturas, dobras e homogeneidade da rocha. Os pesos atribuídos podem ser observados no **Quadro 2.2.2.10-1**.

Quadro 2.2.2.10-1 - Atribuição de Pesos Considerando as Unidades Litoestratigráficas.

Sigla	Unidade Litoestratigráfica	Peso
C1po	Formação Poti, Grupo Canindé	5
C2pi	Formação Piauí, Grupo Balsas	5
D23c	Formação Cabeças, Grupo Canindé	5
D3C1l	Formação Longá, Grupo Canindé	5
K1a	Grupo Areado	5
M ³ N1rp	Grupo Rio Preto	1
MP1_beta	Soleiras e Diques de Brotas de Maca-bas e do Vale do Paramirim	1
MP1cdt	Formação Tombador	5
MP3NP1 mc	Formação Morro do Chapéu	5
MP3NP1 mc1	Litofácies Morro do Chapéu - Fácies 1	5
MP3NP1 mc2	Litofácies Morro do Chapéu - Fácies 2	5
MP3NP1 mc3	Litofácies Morro do Chapéu - Fácies 3	5
MP3NP1 mc4	Litofácies Morro do Chapéu - Fácies 4	5
MP3NP1 mc5	Litofácies Morro do Chapéu - Fácies 5	5
MP3sn	Formação Sítio Novo	3
MPc	Formação Caboclo indiviso	3
N1dl	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2
NP1_gamma_2sp	Corpo Granitoide Serra da Pintada	1
NP2sg	Unidade Gabriel	5
NP2sjc	Litofácies Jussara, calcarenito preto	5

Sigla	Unidade Litoestratigráfica	Peso
NP2sjo	Litofácies Jussara, calcarenito oncolítico	5
NP2sn	Unidade Nova América	5
NP2sr	Unidade Irecê	5
NP2ube	Formação Bebedouro	1
PP2cog	Cristalândia do Piauí- ortognaisses	1
PP2com	Cristalândia do Piauí, ortognaisse e migmatito	1
PP2cpg	Cristalândia do Piauí- paragnaisse	1
PP4pa	Formação Açuruá	1
PP4pm	Formação Mangabeira	3
PP4rrl	Formação Lagoa de Dentro	5
PP4rro	Formação Ouricuri do Ouro	5
Q1a	Depósitos aluvionares antigos	5
Q1ct	Formação Caatinga	4
Q1rd	Coberturas residuais	5
Q2a	Depósitos aluvionares	5
Ssg	Grupo Serra grande	5

2.2.2.10.1.2 - Declividade

De acordo com Guerra (2003), declividade é a inclinação maior ou menor do terreno com relação ao horizonte. Quanto maior a inclinação do terreno, maior a probabilidade de o mesmo sair do seu equilíbrio dinâmico havendo escorregamentos, carreamento de material superficial e instalação de processos erosivos. Os pesos atribuídos à declividade do terreno estão expostos no **Quadro 2.2.2.10-2**.

Quadro 2.2.2.10-2 - Atribuição de Pesos Considerando as Classes de Declividade

Declividade	Peso
Até 3%	1
De 3% a 8%	2
De 8% a 20%	3
De 20% a 45%	4
Acima de 45%	5

2.2.2.10.1.3 - Geomorfologia

As unidades, sistemas ou padrões de relevo correspondem a agrupamentos de formas de relevo que apresentam similitude geométrica definida por gênese em comum. Nessas unidades, há uma generalização dos processos morfogenéticos atuantes, tendo como resultado a recorrência de materiais superficiais correlacionais.

Cada unidade de relevo tem característica morfodinâmica própria, destacando a importância dessa dinâmica na interação dos diferentes componentes ambientais.

De acordo com Tricart (1977), a avaliação morfodinâmica pode ser classificada em categorias que são apoiadas nos resultados do balanço entre morfogênese e pedogênese. O autor considerou 03 (três) estágios de dinâmica resultantes desse balanço:

- Meios estáveis (predominância da pedogênese);
- Meios de transição (equilíbrio entre pedogênese e morfogênese);
- Meios instáveis (predominância da morfogênese).

Levando em consideração a morfodinâmica das unidades de relevo mapeadas na AI, foram atribuídos os pesos explicitados no **Quadro 2.2.2.10-3**, partindo da premissa de que quanto maior a instabilidade do terreno, maior seu peso.

**Quadro 2.2.2.10-3 - Atribuição de Pesos
Considerando as Unidades de Relevo.**

Geomorfologia	Peso
Baixos Platôs	2
Chapadas	1
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	5
Domínio de Morros e Serras Baixas	3
Domínio Montanhoso	4
Planície Fluviais ou Flúvio-Lacustres	4
Superfícies Aplainadas Conservadas	1
Superfícies Aplainadas Degradadas	1
Tabuleiro	1
Terraços Fluviais ou Flúvio-Lacustres	4
Vales Encaixados	3

2.2.2.10.1.4 - Estabilidade de Taludes e Encostas

De acordo com Guerra (2003), talude é uma superfície inclinada do terreno na base de um morro ou de uma encosta do vale onde se encontra um depósito de detritos. O talude pode ser estrutural, de acumulação ou de erosão. Para a determinação da estabilidade de um talude é necessária uma análise do solo, do substrato rochoso, além de medição do comprimento da vertente onde o talude se encontra.

Considerando que os dados utilizados para os mapeamentos temáticos de meio físico da LT 500 kV Gilbués II - OuroLândia II estão na escala de apresentação de 1:250.000, tanto a localização dos taludes quanto o comprimento das suas vertentes se tornam inviáveis em função da escala de apresentação do Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica. No entanto, vale mencionar que durante as obras essa variável não será desconsiderada e é um dos alvos do Programa de Identificação, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos.

2.2.2.10.1.5 - Comportamento Mecânico dos Solos

O comportamento mecânico dos solos é diretamente relacionado às características físicas dos solos e propriedade mecânicas a eles associados, tais como equilíbrio e deformação, quando os solos são submetidos a tensões.

Quando se trata de solos, os espaços entre as partículas são chamados de vazios, espaços esses normalmente preenchidos por água ou ar. A partir do momento que há uma tensão aplicada ao solo, a variação é absorvida tanto pela parte sólida do solo quanto pelos espaços vazios. A maneira como os solos respondem às tensões externas varia de acordo com o tipo de solo e com sua granulometria, podendo ser mais ou menos plásticos e maleáveis, apresentando ou não contração com a alteração da umidade presente no local.

Para a análise do comportamento mecânico dos solos nas áreas de influência do empreendimento, foi feita a análise das unidades de mapeamento de solos, considerando somente o primeiro nível categórico (ordem) associado ao seu gradiente textural. Para que a atribuição de pesos pudesse ser feita para esses atributos, foi aplicada a metodologia de Santos *et al.* (2007) que buscou uma adaptação das propostas de Ross (1994 *apud* SANTOS, 2007), Crepani *et al.* (2001 *apud* SANTOS, 2007) e Silveira *et al.* (2005 *apud* SANTOS, 2007) que consideram os horizontes diagnósticos de superfície (**Quadro 2.2.2.10-4**) e a textura dos solos (**Quadro 2.2.2.10-5**). Nessa avaliação de atribuição dos pesos

foram consideradas as vulnerabilidades aos processos de erosão, movimentos de massa, colapsos e contaminação dos solos.

Quadro 2.2.2.10-4 - Atribuição de Pesos Considerando os Horizontes Diagnósticos de Superfície.

Unidade de Solo	Peso
Latossolo	1
Plintossolo	2
Planossolo	2
Argissolo	3
Cambissolo	3
Chernossolo	4
Neossolo	5
Gleissolo	5

Quadro 2.2.2.10-5 - Atribuição de Pesos Considerando a Textura.

Textura	Peso
Argilosa	1
Argilosa / Média	2
Argilo / Arenosa	2
Areno / Argilosa	3
Média	3
Arenosa / Média	4
Arenosa	5
Muito Arenosa	5

Para avaliar os pesos relacionados à mecânica dos solos, foi feito um cruzamento considerando as unidades de solos e o gradiente textural. O resultado dessa operação se encontra no **Quadro 2.2.2.10-6**.

Quadro 2.2.2.10-6 - Matriz de Tabulação do Cruzamento entre os Solos e a Textura.

		Unidades de Solo				
		Latossolo	Plintossolo e Planossolo	Argissolo e Cambissolo	Chernossolo	Gleissolo e Neossolo
Textura	Argilosa	11	12	13	14	15
	Argilosa / Média	21	22	23	24	25
	Argilo / Arenosa	21	22	23	24	25
	Areno / Argilosa	31	32	33	34	35
	Média	31	32	33	34	35
	Arenosa / Média	41	42	43	44	45
	Arenosa	51	52	53	54	55
	Muito Arenosa	51	52	53	54	55

Fonte: Adaptado de Santos *et. al.* (2007).

Os valores resultantes desses cruzamentos correspondem à justaposição dos pesos atribuídos a cada uma das variáveis (unidade de solo e textura). No **Quadro 2.2.2.10-6**, está evidenciado esse procedimento. Assim, para a definição dos grupamentos resultantes, predomina, sempre, o algarismo que representa a maior Vulnerabilidade.

Dessa maneira, por exemplo, o cruzamento do Latossolo (peso=1) com a textura Argilosa (peso=1), terá como resultado o valor 11 (1+1 justapostos), sendo assim, classificado no Grupamento I - Vulnerabilidade Muito Baixa. No entanto, ao se associar o mesmo Latossolo (peso=1) à textura Arenosa (peso=5), o resultado será o valor 51 (5+1 justapostos) que levará a que essa associação seja classificada como do Grupamento V - Vulnerabilidade Muito Alta, uma vez que é sempre considerado o algarismo mais alto da justaposição para o enquadramento do resultado dentro dos grupamentos de Vulnerabilidade.

Os grupamentos resultantes dos cruzamentos do **Quadro 2.2.2.10-6** são classificados da seguinte maneira:

- Grupamento I - Vulnerabilidade Muito Baixa (11);
- Grupamento II - Vulnerabilidade Baixa (12; 21; 22);
- Grupamento III - Vulnerabilidade Intermediária (13; 23; 31; 32; 33);
- Grupamento IV - Vulnerabilidade Alta (14; 24; 34; 41; 42; 43; 44);
- Grupamento V - Vulnerabilidade Muito Alta (15; 25; 35; 45; 51; 52; 53; 54; 55).

2.2.2.10.1.6 - Hidrologia

No que concerne à hidrografia, quanto mais próximo a um curso d'água, mais vulnerável a área é a eventos de enchentes e inundações, logo, foi feita a classificação exposta no **Quadro 2.2.2.10-7** que considera as distâncias aos corpos d'água. Também são consideradas nessa variável as áreas suscetíveis a inundação, mesmo que as mesmas estejam não associadas às margens de corpos d'água.

**Quadro 2.2.2.10-7 - Atribuição de Pesos
Considerando a Hidrografia.**

Hidrografia	Peso
Até 50 metros de proximidade	5
De 50 a 100 metros de proximidade	3
Acima de 100 metros de proximidade	1
Áreas suscetíveis à inundação	4

2.2.2.10.1.7 - Clima

Considerando que uma das principais variáveis a ser analisada para a análise climática é a precipitação, para analisar a vulnerabilidade do ponto de vista climático serão utilizados os dados de Pluviosidade, partindo da premissa que quanto mais chuva, maior a probabilidade de enchentes, inundações, deslizamentos, carreamento de material superficial, dentre outros fenômenos decorrentes da pluviosidade concentrada. Os pesos dados para a distribuição de chuvas podem ser observados no **Quadro 2.2.2.10-8**.

**Quadro 2.2.2.10-8 - Atribuição de Pesos
Considerando a Pluviosidade.**

Pluviosidade	Peso
Até 600 mm/ano	1
De 600 a 700 mm/ano	2
De 700 a 800 mm/ano	3
De 800 a 900 mm/ano	4
Acima de 1000 mm/ano	5

2.2.2.10.1.8 - Uso e Ocupação do Solo

De maneira geral, toda e qualquer forma de relevo, solo e embasamento litoestratigráfico possui processos naturais, intrínsecos às suas características litoestruturais, no entanto, a intensidade do uso antrópico nessas áreas altera, totalmente, os processos naturais existentes, modificando áreas que, originalmente, apresentavam-se estabilizadas, transformando-as em setores comprometidos sob o ponto de vista erosional.

A influência da intervenção antrópica deve ser analisada com cautela, principalmente as atividades que sucedem o desmatamento, tais como a agropecuária. O desmatamento para uso agropecuário deixa os solos desprotegidos das chuvas, facilitando o escoamento superficial das águas pluviais.

Levando em consideração o uso e os impactos que o mesmo pode ter sobre a paisagem, foram dados pesos para os usos encontrados nas áreas de influência do empreendimento de acordo com o exposto no **Quadro 2.2.2.10-9**.

Quadro 2.2.2.10-9 - Atribuição de Pesos Considerando Uso e Ocupação.

Uso	Vulnerabilidade
Caatinga Arbustiva	1
Agropecuária	5
Caatinga Arborizada Antropizada	2
Caatinga Arbustiva Antropizada	3
Caatinga Arborizada	1
Vegetação de Influência Fluvio-Lacustre	4
Caatinga Florestada	1
Área Antrópica	4
Planície de Inundação	4
Solo Exposto	5
Cerrado Sentido Restrito	1
Contato Cerrado/Caatinga	1
Refúgio Vegetacional	1
Caatinga Florestada Antropizada	1
Caatinga Parque	1
Nuvens	1
Campo Rupestre	1

2.2.2.10.1.9 - Suscetibilidade à Erosão

A suscetibilidade à erosão é determinada com base em análise das propriedades físicas dos solos e das condições do relevo associadas a outras características, tais como drenagem, fases de rochosidade e pedregosidade, cobertura vegetal e condições climáticas (pluviosidade). Trata-se, por fim, da relação de tais variáveis com a fragilidade das terras quanto às atividades antrópicas de uso e ocupação do solo para fins agropecuários, obras de engenharia, dentre outros.

Considerando os fatores acima listados, foram atribuídos pesos às classes de suscetibilidade à erosão conforme pode ser observado no **Quadro 2.2.2.10-10**.

**Quadro 2.2.2.10-10 - Atribuição de Pesos
Considerando a Suscetibilidade à Erosão.**

Suscetibilidade à Erosão	Peso
Nula	1
Ligeira	2
Moderada	3
Forte	4
Muito Forte	5

2.2.2.10.1.10 - Processos Erosivos Instalados

Os processos erosivos são originados a partir da dinâmica hidrológica nas vertentes. 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.) podem acabar conduzindo a uma situação de desequilíbrio entre energia disponível e capacidade de dissipação de energia, originando, assim, feições erosivas (OLIVEIRA, 1999).

Parte de uma complexa relação com inúmeras variáveis, os processos erosivos que se desenvolvem nas vertentes dependem de uma série de fatores externos e internos. Guerra (2007) destaca que tais fatores exercem um controle sobre a erosão e a dinâmica hidrológica, determinando as variações nas taxas de erosão. Entre esses fatores controladores pode-se citar: a erosividade da chuva; as propriedades dos solos; a cobertura vegetal e as características das vertentes.

Considerando que os processos erosivos já instalados podem ainda estar ativos e virem a ter sua área ampliada e sua dinâmica acelerada, os pesos relacionados aos processos erosivos são mais altos na área onde se localiza o processo em si, e vão diminuindo conforme proporcionalmente à distância, como pode ser visto no **Quadro 2.2.2.10-11**.

**Quadro 2.2.2.10-11 - Atribuição de Pesos
Considerando os Processos Erosivos Instalados**

Processos Erosivos	Peso
Até 50 metros de proximidade	4
De 50 a 100 metros de proximidade	2
Acima de 100 metros de proximidade	1
Processo erosivo já instalado	5

2.2.2.10.2 - Classes de Vulnerabilidade

Uma vez que todos os atributos necessários para a aferição da vulnerabilidade geotécnica foram analisados e classificados, foram feitos procedimentos de cruzamento no ArcGis 10.1 usando a ferramenta intersect. Por meio desses cruzamentos foi possível que todos os temas citados fossem sobrepostos gerando polígonos com as informações das 09 (nove) variáveis.

Após feitos os cruzamentos, cada polígono resultante tem um total de 9 valores diferentes à ele associados. Para determinar a vulnerabilidade maior ou menor, foi feita uma soma desses valores, considerando que o valor mínimo de ser encontrado seria 9 (soma de 9 vezes o Peso 1), e o valor máximo encontrado seria 45 (soma de 9 vezes o peso 5). Conseqüentemente, haveria como resultado 5 classes prováveis, conforme mostra o **Quadro 2.2.2.10-12**.

**Quadro 2.2.2.10-12 - Classes de Vulnerabilidade
de Acordo com o Peso das Somas das Variáveis.**

Soma dos Pesos	Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica
9	Muito Baixa
10 a 18	Baixa
19 a 27	Intermediária
28 a 36	Alta
37 a 45	Muito Alta

O resultado desta análise pode ser observado no Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica que está sendo reapresentado no Caderno de Mapas. Baseado nos dados obtidos na metodologia supracitada, o **Quadro 2.2.2.10-13** mostra a distribuição quantitativa desses resultados na AII e na AID.

Quadro 2.2.2.10-13 - Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica.

Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica	AE	
	Área (ha)	%
Muito Alta	10,56	0,002
Alta	13.313,64	2,89
Intermediária	310.511,78	67,47
Baixa	136.384,76	29,63
Total	460.220,74	100

2.2.2.10.3 - Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica

Através da metodologia de cruzamentos com atribuição de pesos a variáveis explicitada no **item 2.2.2.10.1 - Metodologia**, foi possível a integração dos dados de Meio Físico, determinando valores para ponderação e análise integrada dos temas do Meio Físico necessários à análise da Vulnerabilidade Geológica - Geotécnica, e foram feitos usando o software ArcGis 10.1, com banco de dados em formato shapefile. Os cruzamentos e somas foram feitos através da ferramenta intersect no ArcToolBox. Após executadas as interseções, foi realizado um processo cuidadoso de limpeza, buscando eliminar qualquer sobreposição e polígonos não representativos em função da escala de apresentação do mapa.

O **Mapa de Vulnerabilidade Geotécnica - 2935-01-EIA-MP-2008** está apresentado no **Caderno de Mapas** na escala de 1:250.000.

2.2.2.10.4 - Identificação de Áreas Sujeitas a Movimentos de Massa

A partir da análise do **Quadro 2.2.2.10-13**, pode-se constatar que a classe Intermediária é predominante na Área de Estudo da LT 500 kV Gilbués II - Ouarolândia II representando 67,47% da mesma seguidas pelas áreas com vulnerabilidade baixa (29,63% da Área de Estudo). As áreas de vulnerabilidade alta representam um total de 2,89% da Área de Estudo e as áreas de vulnerabilidade Muito Alta, por sua vez, são muito pouco representativas com um total de 0,002%.

2.2.2.10.4.1 - Vulnerabilidade Muito Alta

Foram mapeadas, ao longo da Área de estudo da LT 500 kV Gilbués II - Ouarolândia II, 5 (cinco) áreas de vulnerabilidade muito alta, tais áreas se encontram descritas a seguir:

- km 90 da LT 500 kV Gilbués II - Gentio do Ouro II

Neste local, no município de Parnaguá (PI), há duas áreas identificadas como de vulnerabilidade muito alta, distando em 3 e 5 km da LT, conforme pode ser observado na **Figura 2.2.2.10-1**.

Essas áreas estão alocadas sobre o Grupo Serra Grande em uma área de Superfícies Aplainadas Degradadas com a presença de Neossolos e suscetibilidade à erosão alta. A precipitação neste local é de 900 mm/ano ambas e, embora a declividade seja baixa (3 a 8%) as áreas apresentam em seu perímetro processos erosivos já instalados e estão a menos de 50 metros da rede de drenagem.

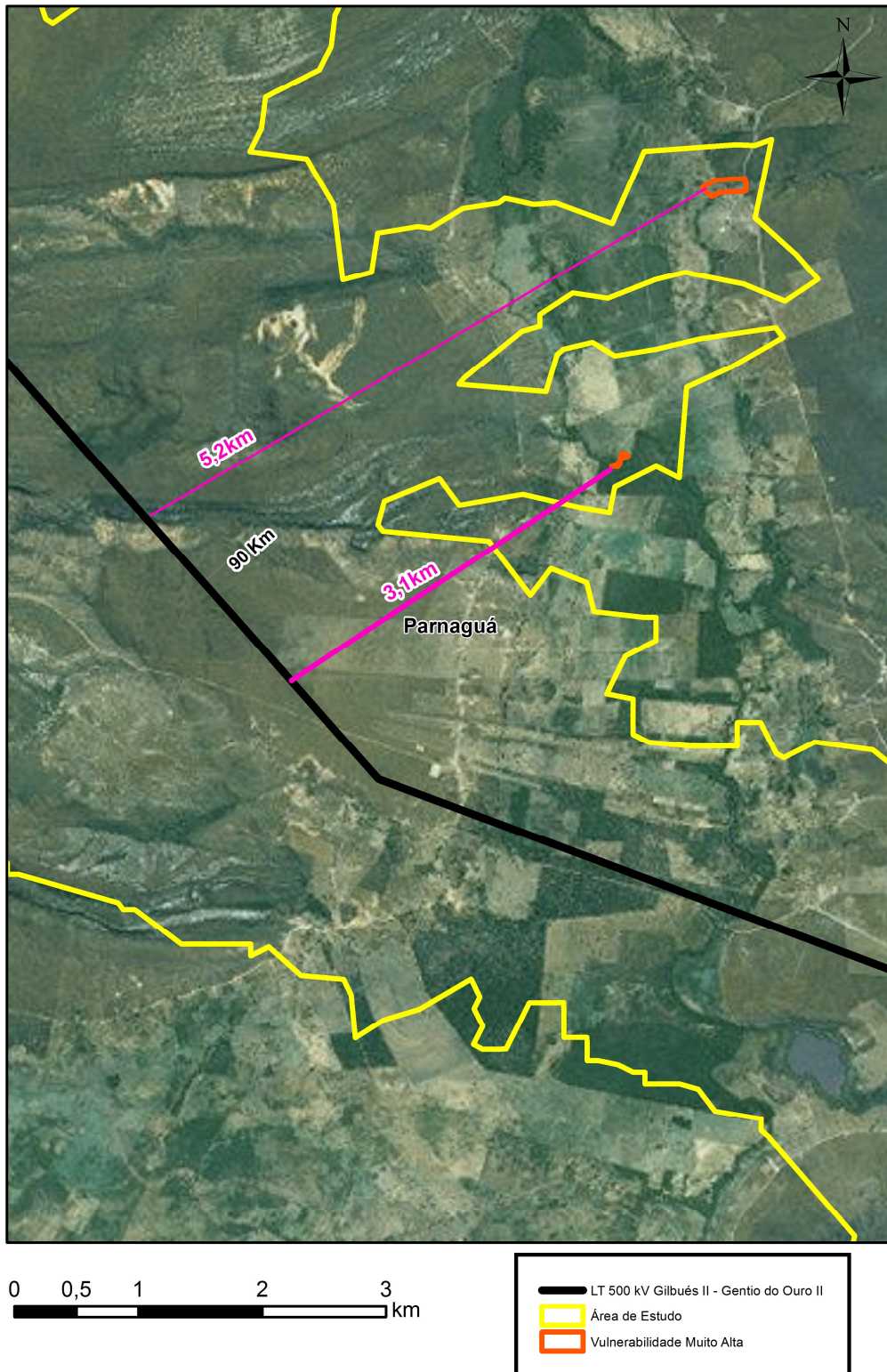


Figura 2.2.2.10-1 - Áreas de Vulnerabilidade Muito Alta.

- km 165 da LT 500 kV Gilbués II - Gentio do Ouro II

Neste local, no município de Julio Borges (PI), há três áreas identificadas como de vulnerabilidade muito alta distando, aproximadamente, de 1 km da LT, conforme pode ser observado na **Figura 2.2.2.10-2**.

Essas áreas estão alocadas sobre os ortognaisses e migmatitos da Formação Cristalândia do Piauí sobre Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos com declividade variando entre 8 e 20%. A suscetibilidade à erosão é Muito Forte sobre Neossolos, a essa fator soma-se o fato da presença de solos expostos com processos erosivos já instalados.

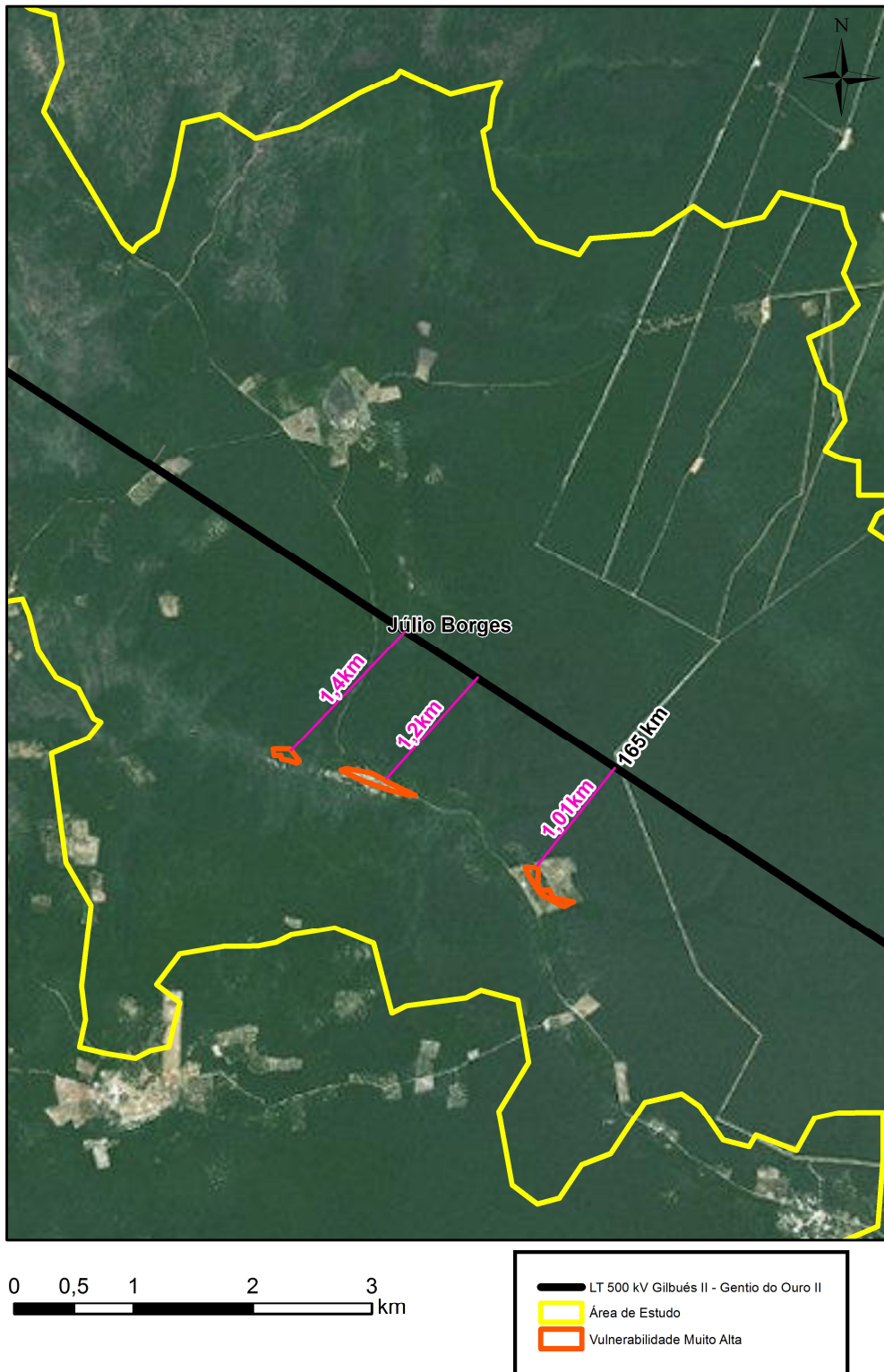


Figura 2.2.2.10-2 - Áreas de Vulnerabilidade Muito Alta.

2.2.2.10.4.2 - Vulnerabilidade Alta

No total, são observados nas áreas de estudo na LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II, um total de 744 áreas de Vulnerabilidade Alta correspondendo 2,89% da AE (13.313,64 hectares).

De maneira geral, são áreas alocadas em declividades elevadas com suscetibilidade à erosão variando entre Forte e Muito Forte. Grande parte das ocorrências está sobre áreas de agropecuárias, áreas antrópicas e solos expostos, no entanto, também são observadas áreas de vulnerabilidade alta sobre caatinga tanto arbustiva quanto arborizada, além de campos rupestres. É possível observar que uma grande parte das áreas de vulnerabilidade alta estão ligadas à rede de drenagem.

A LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II transpõe um total de 18,7 km de áreas com vulnerabilidade alta, tais áreas se encontram distribuídas de acordo com o **Quadro 2.2.2.10-14** a seguir:

Quadro 2.2.2.10-14 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Alta

Componente do empreendimento	Extensão (km)
LT 500 kV Gilbués II - Gentio do Ouro II	12,7
LT 500 kV Gentio do Ouro II - Ourolândia II	1,3
LT 230 kV Gentio do Ouro II - Brotas de Macaúbas	4,6
LT 500 kV Ourolândia II - Morro do Chapéu II	0,1
TOTAL	18,7

2.2.2.10.4.3 - Vulnerabilidade Intermediária

No total, são observados nas áreas de estudo na LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II, um total de 611 áreas de Vulnerabilidade Intermediária correspondendo 67,47% da AE (310.511,78 ha).

As classes de vulnerabilidade intermediária abarcam praticamente todos os tipos de solos, suscetibilidade à erosão e uso, mas, de maneira geral, estão alocadas em áreas menos declivosas não necessariamente associadas à drenagem.

A LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II transpõe um total de 482,6 km de áreas com vulnerabilidade Intermediária, tais áreas se encontram distribuídas de acordo com o **Quadro 2.2.2.10-15** a seguir:

Quadro 2.2.2.10-15 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Intermediária

Componente do empreendimento	Extensão (km)
LT 500 kV Gilbués II - Gentio do Ouro II	219,0
LT 500 kV Gentio do Ouro II - Ourolândia II	113,3
LT 230 kV Gentio do Ouro II - Brotas de Macaúbas	68,4
LT 500 kV Ourolândia II - Morro do Chapéu II	67,6
Seccionamento LT 230 kV Senhor do Bonfin - Irecê	7,1
Seccionamento LT 230 kV Irecê - Senhor do Bonfin	7,1
TOTAL	482,6

2.2.2.10.4.4 - Vulnerabilidade Baixa

No total, são observados nas áreas de estudo na LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II, um total de 611 áreas de Vulnerabilidade Baixa correspondendo 29,63% da AE (136.384,74 hectares).

As classes de vulnerabilidade baixa abarcam principalmente, os solos mais desenvolvidos com suscetibilidade a erosão ligeira e moderada. São áreas que, de maneira geral, estão alocadas sobre terrenos planos, sem processos erosivos instalados e distantes das drenagens.

A LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II transpõe um total de 258,1 km de áreas com vulnerabilidade baixa, tais áreas se encontram distribuídas de acordo com o **Quadro 2.2.2.10-15** a seguir:

Quadro 2.2.2.10-16 – Extensão da LT por áreas de Vulnerabilidade Baixa

Componente do empreendimento	Extensão (km)
LT 500 kV Gilbués II - Gentio do Ouro II	117,7
LT 500 kV Gentio do Ouro II - Ourolândia II	40,9
LT 230 kV Gentio do Ouro II - Brotas de Macaúbas	51,5
LT 500 kV Ourolândia II - Morro do Chapéu II	29,0
Seccionamento LT 230 kV Senhor do Bonfin - Irecê	9,5
Seccionamento LT 230 kV Irecê - Senhor do Bonfin	9,5
TOTAL	258,1

2.2.2.10.4.5 - Vulnerabilidade Muito Baixa

Para que um ambiente seja considerado como de vulnerabilidade muito baixa, ele precisa ter uma combinação muito específica de fatores, combinando as variáveis da análise nos menores valores possíveis. Na área de estudo da LT 500 kV Gilbués II - Ourolândia II não foram identificadas, a partir da metodologia proposta, áreas de vulnerabilidade muito baixa.

2.2.2.10.4.6 - Eventos Associados às Classes de Vulnerabilidade

O grande número de variáveis passíveis de compor as áreas analisadas as tornam demasiadamente heterogêneas e de complexa compartimentação para análise individual, sendo assim, serão apresentados no **Quadro 2.2.2.10-17** os eventos possíveis de acontecerem nessas áreas e nas áreas classes de vulnerabilidade Geológico - Geotécnica de acordo com os seus fatores já associados.

O **Anexo 2.2.2.10-1 - Tabela de Cruzamentos de Variáveis da Vulnerabilidade** apresenta os fatores de cada uma das 8.160 ocorrências de maneira individual.

Quadro 2.2.2.10-17 – Vulnerabilidade Geológica-Geotécnica e Eventos Associados.

Vulnerabilidade	Eventos Associados
Muito Alta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erosão por escoamento difuso e concentrado; formação de sulcos e ravinas e desenvolvimento de caneluras; ▪ Instabilidade em encostas; ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral; ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal; ▪ Ocorrências de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais.
Alta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos significativos de erosão laminar; ▪ Nos rebordos das escarpas erosivas há recuo lateral das vertentes; ▪ Atuação de processos de laterização; ▪ Ocorrências de processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas); ▪ Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa; ▪ Nos contatos escarpados com outras unidades, intensificação de processos erosivos de origem mecânica; ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral; ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal; ▪ Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais; ▪ Instabilidade em encostas.
Intermediária	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral; ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal; ▪ Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais; ▪ Ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa; ▪ Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas).
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorrência de alagadiços e enchentes sazonais; ▪ Deposição de sedimentos finos durante as enchentes por decantação e de areias por acréscimo lateral; ▪ Erosão laminar muito fraca sem evidências erosivas marcantes, erosão lateral e vertical do canal; ▪ Ocorrências pontuais de erosão em sulcos e desbarrancamentos na margem dos canais; ▪ Atuação esporádica e restrita de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas).

Nota: *Não é apresentada a vulnerabilidade Muito Baixa neste quadro porque essa classe não foi encontrada na área de estudo.

2.2.2.10.5 - Validação de por Dados de Campo

No decorrer do trabalho de campo do Meio Físico foram analisados os parâmetros considerados para a classificação da Vulnerabilidade.

Sempre que possível foram analisadas as relações entre os fatores observando a maneira como o ambiente reage às mais diversas combinações de maneira que os pesos aferidos no decorrer da análise fossem baseados em análise empírica.

A seguir, da **Fonte: Ecology Brasil, 2015**

Figura 2.2.2.10- 3 até a **Figura 2.2.2.10- 23** ilustram locais com eventos geoambientais validados em campo.



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 3 – Processo de acumulação de sedimentos de origem aluvionar. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 475.377E/ 8.919.987.N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 4 – Processo de acumulação de sedimentos de origem aluvionar. Coord UTM/SIRGAS2000 F23 475.406E/ 89.19.329N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 5 – Local suscetível a inundação.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 454.100E/ 8.872.769N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 6 – Local passível de rolamento
de blocos. Coord UTM/SIRGAS2000
F23 541417E/ 8.872.921N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 7 – Local passível de rolamento
de blocos. Coord UTM/SIRGAS2000
F23 541.873E/ 8.72.700N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 8 – Processo erosivo se instalando na
beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000 F23
549.166E/ 8.870.914N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 9 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 552.955E/8.870.318N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 10 – Local suscetível a inundação.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 626.935E/8.829.374N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 11 – Local declivoso com rocha aflorante e rolamento de blocos.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 628.316E/8.827.559N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 12 – Local declivoso com movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 679.922E/8.789.347N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 13 – Erosão lateral e vertical do canal.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 706.835 E/8.773.520 N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 14 – Local declivoso com movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 749.135E/8.762.065N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 15 – Local com caos de blocos na base de relevo declivoso.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 753.535E/8.741.208N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 16 – Local com caos de blocos na base de relevo declivoso.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 769.807E/8.691.771N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 17 – Local passível de movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 773.924E/8.691.048N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 18 – Local passível de movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 775.144 E/8.690.537N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 19 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 775.508E/ 8.690.362N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

**Figura 2.2.2.10- 20 – Processo erosivo se instalando na beira do acesso. Coord UTM/SIRGAS2000
F23 783.273E/ 8.663.170N**



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 21 – Acúmulo de blocos provenientes de movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F23 762.065E/8.708.356N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 22 – Erosão lateral e vertical do canal.
Coord UTM/SIRGAS2000 F24 231.265 E/8.706.062 N



Fonte: Ecology Brasil, 2015

Figura 2.2.2.10- 23 – Local passível de movimentos de massa.
Coord UTM/SIRGAS2000 F24 236.570 E/8.758.439N

2.2.2.10.6 - Riscos Geotécnicos Associados à Instalação do Empreendimento

As condições geotécnicas do local onde será alocado o empreendimento são dadas em função de uma série de fatores naturais e, em alguns casos, eventos geoambientais podem ser desencadeados por ações antrópicas, no entanto, considerando que o empreendimento conta com programas ambientais que consistem no acompanhamento do ambiente onde o mesmo se insere, entende-se que a LT 500 kV Gilbués II - Ouroândia II não é considerada como vetor de indução de eventos geotécnicos, logo, considera-se que não há riscos geotécnicos inerentes à operação do empreendimento.

2.2.2.10.7 - Considerações Finais

O traçado proposto para a **LT 500 kV Gilbués II - Ouarolândia II** em estudo corta uma ampla variedade de litologias com propriedades mecânicas variadas, a destacar as Unidades Geotécnicas inconsolidadas como os depósitos aluvionares que deflagram erosões superficiais e evoluem para sulcos profundos caracterizando enormes voçorocas. Nas cotas mais elevadas dos morros, como nas serras, o maior risco geotécnico são as quedas de blocos, uma vez que o clima semiárido prevalece.

Nas planícies de inundação dos rios e seus afluentes que cortam o traçado do empreendimento vale ressaltar a pouca capacidade de carga aplicada sobre os depósitos terrígenos (colúvio-eluvionar e aluviões) conferindo risco de estabilidade estrutural e presença de uma enorme planície de depósitos arenoso-arcoseanos e sedimentos Holocênicos cujos riscos estão associados à ocorrência de solos orgânicos, que são considerados como “solos moles”, ou seja, que possuem uma característica plástica, no que diz respeito a suporte de carga.

Uma das medidas que deve ser tomada ao se abrir cortes nos taludes para execução da obra é a inclinação das fâceis. Uma vez que os escorregamentos ocorrem sempre que a inclinação do talude excede aquela imposta pela resistência ao cisalhamento do maciço e nas condições de presença de água.

Para uma melhor segurança estrutural do empreendimento recomenda-se, em caso de necessidade, testes de compactação do solo, limite de liquidez do solo, limite de plasticidade, método *shakedown* e outros ensaios descritos por Villibor e Nogami (2009) apresentam da seguinte forma os Métodos de Ensaio da Sistemática MCT, além de testes mecânicos de rochas (resistência, deformação, tensão, porosidade) para determinação de coeficientes (Poisson e Young), de suma importância para garantir a segurança do empreendimento.