



UNILASALLE
CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



BRUNA SERAFINI PAIVA

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS
EXISTENTES EM DOIS TRECHOS DA RODOVIA BR-158/MT, SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

CANOAS, 2016

BRUNA SERAFINI PAIVA

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS
EXISTENTES EM DOIS TRECHOS DA RODOVIA BR-158/MT, SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Avaliação de Impactos Ambientais do UNILASALLE,
como exigência parcial para a obtenção do Título de
Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Orientação: Prof. Dr. Sydney Sabedot
Co-orientação: Prof.^a Dr.^a Cristina Vargas Cademartori

CANOAS, 2016

BRUNA SERAFINI PAIVA

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS
EXISTENTES EM DOIS TRECHOS DA RODOVIA BR-158/MT, SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais do UNILASALLE, como exigência parcial para a obtenção do Título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Aprovada pela banca examinadora em 01 de março de 2016.

Prof. Dr. Sydney Sabedot
UNILASALLE

Prof^a Dra.^a Cristina Vargas Cademartori
UNILASALLE

Prof. Dr. Clovis Gonzatti Costa
UNILASALLE

Prof. Dr. Rubens Müller Kautzmann
UNILASALLE

Prof. Dr. Carlos Hoffmann Sampaio
UFRGS

Aos meus pais, irmã, amigos e à Natureza,
que me estimulam a estudar e colaborar com soluções
para a preservação ambiental.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre guiou meus passos, me deu força para lutar e, assim, adquirir tudo que almejo.

Aos meus pais, Maria Raquel Serafini Paiva e Alípio Francisco Teixeira Paiva que, com muito amor e dedicação, mesmo com tantas dificuldades, me ensinaram a importância dos estudos e incentivaram a realização deste sonho.

A minha irmã, Alice Serafini Paiva, que sempre se preocupa comigo e me ajuda quando preciso, inclusive neste trabalho.

Ao colega geógrafo Rodrigo Araújo que elaborou, com tanto esmero, os mapas apresentados nesta dissertação, possibilitando-me uma análise mais cuidadosa das características física dos trechos estudados.

À empresa Ecoplan Engenharia que me proporcionou o crescimento profissional e disponibilizou as informações que foram de suma importância para a realização deste estudo.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Sydney Sabedot e querida co-orientadora Prof.^a Dr.^a Cristina Vargas Cademartori que com toda paciência e experiência me ensinaram, ajudaram e incentivaram desde a graduação até a realização desta dissertação.

Muito Obrigada!

“Muito do estresse que as pessoas sentem não vem de ter muito o que fazer. Ele vem de não terminar o que foi começado”.

David Aleen

RESUMO

Os processos erosivos ocasionados por empreendimentos rodoviários têm gerado a degradação e instabilidade de taludes, levando ao comprometimento da infraestrutura das rodovias e estradas, causando significativos impactos ambientais e gastos exagerados do dinheiro público em imprevistos. Este estudo tem como objetivo principal avaliar os processos erosivos instalados durante e posteriormente as obras de pavimentação da BR-158/MT, no intuito de compreender o comportamento dos impactos no solo nas diferentes regiões de fragilidade ambiental da rodovia. Para realizar esta avaliação, foram utilizados os dados apresentados nos documentos elaborados para atender o processo de licenciamento ambiental. Com base nos dados secundários, foram confeccionados mapas de localização, geologia, solo, clima, vegetação e fragilidade ambiental visando subsidiar a análise do meio físico de ambos os trechos. Como resultado, foi possível comprovar que regiões que apresentam fragilidade ambiental maior, são mais propícias ao estabelecimento de processos erosivos de alta severidade do que áreas de fragilidade baixa. Em geral, o Trecho Sul, classificado como área de média e forte fragilidade ambiental, apresentou mais processos erosivo e grau de severidade maior, quando comparado ao Trecho Norte. Destaca-se que áreas mais frágeis requerem medidas preventivas especiais, com maior investimento em obras de drenagem e emprego de técnicas especiais de proteção superficial imediatas, tais como a aplicação de biomantas. Regiões de média e baixa fragilidade têm recomendadas soluções convencionais em drenagem e proteção superficial corriqueiras, como a realização de hidrossemeadura ou plantio de gramíneas, não necessitando imediata recuperação.

Palavras chave: Rodovia. Meio físico. Processos erosivos. Fragilidade ambiental.

ABSTRACT

Erosion caused by road projects have been causing degradation and farm instability, defacing road structures, causing significant environment impact and overspending of public budgeted. This paper's main goal is to evaluate the erosion processes installed during and after the pavement remodelling of BR-158/MT in order to understand the soil impact course in different regions with different environment fragility on the road. In order to accomplish this evaluation, environment licensing process data was used. Secondary data were used to make location maps, soil geology, climate, vegetation and environment fragility in order to subsidise the physical part of both stretches. As a result, it was possible to prove that the regions with higher environment fragility are more propitious for high severity erosion processes than regions with lower environment fragility. In general, the South stretch that is classified as an average environment fragility area presented more erosion processes in high severity levels when compared to the North stretch. It is highlighted that more fragile areas require special preventive moves with more investment in drainage work and immediate use of special surface protection techniques like a biodegradable blanket. Average and low fragility regions are recommended to go through conventional solutions regarding drainage and surface regular protection like hydrosowing or grass sowing, not requiring immediate recovery.

Key words: Road. Physical Environment. Erosion Processes. Environment Fragility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da rodovia BR-158/MT.	28
Figura 2 - Seção transversal da rodovia BR-158/MT, trechos Norte e Sul.....	29
Figura 3 - Mapa geológico.	32
Figura 4 - Mapa pedológico.	36
Figura 5 - Mapa de clima.	43
Figura 6 - Mapa da vegetação.	45
Figura 7 - Mapa de fragilidade ambiental.	47
Figura 8 – Exemplo de material extraído do relatório mensal 40, Trecho Norte.	49
Figura 9 – Exemplo de material extraído do Projeto Executivo de Engenharia para Reabilitação de Áreas Degradadas, Trecho Sul.	50
Figura 10 – Localização dos processos erosivos em relação à geologia.	84
Figura 11 – Localização dos processos erosivos em relação à pedologia.	86
Figura 12 - Localização dos processos erosivos em relação à vegetação.	89
Figura 13 - Localização dos processos erosivos em relação à fragilidade ambiental.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da fragilidade em função da inclinação.	24
Tabela 2 - Classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso concentrado das águas pluviais.	24
Tabela 3 - Graus de proteção de solo considerando o tipo de cobertura vegetal.	25
Tabela 4 - Extensão dos lotes de construção nos Trechos Norte e Sul	29
Tabela 5 - Classificação e composição litoestratigráficas nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.	30
Tabela 6 - Classificação e caracterização pedológica nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.....	33
Tabela 7 - Classificação e composição dos solos existentes nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.	37
Tabela 8 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 1A.	38
Tabela 9 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 1B.	39
Tabela 10 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 2A.	39
Tabela 11 - Solos homogêneos existentes no Segmento 2.	40
Tabela 12 - Solos homogêneos existentes no Segmento 3.	40
Tabela 13 - Segmentos de solos homogêneos para o Segmento 4.	41
Tabela 14 - Síntese das características físicas existentes no Trecho Norte e Sul da BR-158/MT.	51
Tabela 15 - Descrição dos processos erosivos existentes no Trecho Norte da BR-158/MT e as características físicas dos locais em que foram registrados.	53

Tabela 16 - Descrição dos processos erosivos existentes no Trecho Sul da BR-158/MT e as características físicas dos locais em que foram registrados.	64
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Processos erosivos decorrentes de obras rodoviárias	15
2.2	Importância do conhecimento das características físicas para implantação de rodovias	17
2.3	Influência da geologia no aparecimento de processos erosivos.....	20
2.4	Abordagem geotécnica sobre a erodibilidade de solos.....	21
2.5	Avaliação da fragilidade ambiental.....	23
2.6	Histórico sobre a construção da rodovia BR-158/MT	25
2.7	Caracterização da área em estudo.....	27
2.7.1	<i>Localização do trecho em estudo</i>	<i>27</i>
2.7.2	<i>Características da rodovia.....</i>	<i>29</i>
2.7.3	<i>Caracterização da geologia.....</i>	<i>30</i>
2.7.4	<i>Caracterização do solo</i>	<i>33</i>
2.7.5	<i>Classificação geotécnica dos materiais do subleito e terreno natural.....</i>	<i>37</i>
2.7.6	<i>Caracterização do clima.....</i>	<i>41</i>
2.7.7	<i>Caracterização da vegetação.....</i>	<i>44</i>
2.7.8	<i>Fragilidade ambiental dos trechos</i>	<i>46</i>
3	METODOLOGIA.....	48
3.1	Realização de vistorias em ambos os trechos.....	48
3.2	Fontes dos dados secundários	48
3.3	Elaboração de mapas	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1	Processos erosivos em relação à geologia	82
4.2	Processos erosivos em relação à pedologia.....	85
4.3	Processos erosivos em relação à geotecnia	87
4.4	Processos erosivos em relação ao clima.....	87
4.5	Processos erosivos em relação à vegetação	87
4.6	Processos erosivos em relação à fragilidade ambiental	90
4.7	Fatores relacionados à obra que interferem diretamente no aparecimento de processos erosivos	92
5	CONCLUSÕES.....	94

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
	REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

A rodovia BR-158, que está localizada no nordeste do Estado do Mato Grosso, foi construída no início da década de 40 sem qualquer consideração à recuperação ambiental, pois nessa época não havia a preocupação com o ambiente e tampouco uma legislação que mencionasse os devidos cuidados a serem implantados neste setor. Este fato acarretou no aparecimento de erosões que não foram recuperadas. Posteriormente, devido ao aumento do tráfego de veículos automotores, principalmente por caminhões, para escoamento da produção local, gerou-se a necessidade da pavimentação desta rodovia. Em 2009, após os devidos estudos ambientais exigidos em Lei, foi iniciada a obra de pavimentação, tendo como passivos ambientais a serem recuperados, os impactos gerados anteriormente. Durante a execução da pavimentação, surgiram novas degradações ambientais, ocasionadas pelas intervenções realizadas no solo durante as atividades de corte, aterro e empréstimo de material, somadas às intempéries, que necessitam de recuperação (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007a).

A rodovia em questão intercepta duas regiões que apresentam características físicas diferentes (geologia, solos, vegetação e fragilidade ambiental). Segundo pesquisas bibliográficas, a gravidade da deterioração ocasionada pelas obras, bem como sua consequência, varia conforme o tempo em que permanecem expostas e as características do local em que estão situadas (especialmente geologia, solos, cobertura vegetal, hidrologia e clima), bem como das atividades antrópicas a que estão submetidas (COPPIN e STILES, 1995 apud LEMES 2001; BASTOS, 1999; NUNES, 2003).

Em virtude da BR-158/MT transpassar por dois trechos com características físicas distintas, optou-se por realizar uma investigação dos processos erosivos formados ao longo da rodovia, visando quantificá-los e analisar seus comportamentos com base nas condições ambientais em que os mesmos estão localizados. Para realização deste estudo foram utilizados, como dados secundários, os relatórios elaborados e entregues ao empreendedor anteriormente e durante as obras, para atender ao processo de licenciamento ambiental. Após análise dos dados secundários, foram confeccionados mapas de localização, geologia, solo, clima, vegetação e fragilidade ambiental, visando subsidiar a análise do meio físico, localizar as erosões formadas e avaliar as características físicas dos locais em que as mesmas estão situadas.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo principal avaliar os processos erosivos instalados durante e posteriormente as obras, no intuito de compreender o comportamento dos impactos no solo nas diferentes regiões da BR-158/MT. Como objetivos específicos, pretende-se:

- a) identificar os diferentes ambientes físicos no Trecho Norte e Sul da BR-158/MT;
- b) mapear os processos erosivos identificados nos trechos visando identificar sua localização quanto aos ambientes físicos;
- c) identificar as possíveis causas (evoluções) dos processos erosivos;
- d) comparar a situação das erosões identificada em ambos os trechos com o referencial bibliográfico elaborado para este estudo;
- e) avaliar o comportamento dos processos erosivos nas diferentes regiões;
- f) constatar se há diferença na evolução dos processos erosivos ocorrentes em regiões de diferente fragilidade ambiental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processos erosivos decorrentes de obras rodoviárias

Em termos gerais, a erosão consiste no processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, constituindo-se na principal causa de sua degradação, trazendo prejuízos ao meio ambiente, com reflexos tanto econômicos quanto sociais (AMORIN *et al.*, 2001). Os processos erosivos iniciam sob a forma de sulcos, que, quando intensificados, transformam-se em ravinas. O ravinamento do solo já indica significativa gravidade da ação erosiva, pois implica em grandes perdas de solo e no comprometimento da regularidade do terreno. O aprofundamento destas ravinas pode levar a forma mais agressiva do processo de erosão hídrica, a formação de voçorocas (BASTOS, 1999).

A erosão traz consigo prejuízos à sociedade sejam esses econômicos, sociais ou ambientais. Uma situação bastante preocupante para os especialistas da área de geotecnia é a erosão às margens dos leitos estradais, onde, principalmente no período chuvoso, compromete os corredores rodoviários de transporte (MOLINERO, 2007). Estes processos erosivos instalados ao longo de muitas rodovias e estradas vicinais têm gerado a degradação e a instabilidade de taludes de corte envolvendo perfis de solos residuais, levando ao comprometimento da infraestrutura das rodovias e estradas, seja pelo avanço dos processos erosivos ou pelo acúmulo de sedimentos gerados (BASTOS, MILITITSKY e GEHLING, 2001).

Segundo Nilsson (2010), muitos empreendimentos rodoviários são baseados em estudos incompletos e projetos deficientes, executados com muita pressa e pouca fiscalização. Normalmente, no ramo da construção, a falta de tempo leva ao descuido do recurso financeiro, levando a gastos exagerados em imprevistos, bem como nas reduções dos itens indispensáveis. Os dispositivos de drenagem estão frequentemente subdimensionados ou nem implantados e a cobertura vegetal está praticamente ignorada, simplificada em duas opções: plantar grama ou hidrossemeadura. A definição das espécies necessita de adubos e manejos e é raramente definida nos projetos.

Dentre os motivos para o surgimento dos processos erosivos decorrentes de rodovias, Nilsson (2010) destaca: obras sem projeto e sem licenciamento, bem como assentamentos clandestinos da terra, afetando as áreas lindeiras da rodovia. A origem da erosão pode muitas vezes estar ligada a uma obra, como por exemplo, para construir a marginal ou realizar alargamento de uma pista, que, por não ter mais espaço na faixa de domínio são feitos cortes

íngremes, deixando taludes desprotegidos causando escorregamentos. Outra fonte de problema são obras de loteamento, caixas de empréstimo e bota-foras, que costumam ser mal cobertos e erodem, levando sedimentos aos bueiros e galerias da rodovia. Além disso, as vias de transporte, sendo rodoviárias ou ferroviárias, urbanas ou rurais, florestais, canaviais, intermunicipais ou interestaduais são interligadas e as vias malcuidadas compartilham os seus problemas com o sistema viário ao redor. As rodovias bem conservadas podem receber água e lama das rodovias vicinais, muitas vezes por transbordamento de dispositivos de drenagem precários. O autor também salienta que a falta ou mal funcionamento do sistema de drenagem de águas pluviais leva à erosão superficial, formação de sulcos e ravinas e, finalmente, quando a erosão atinge o leito intersticial, à criação de voçorocas.

Complementarmente, Christopher Jr. (2002) relata que as maiores perdas de solo em estradas ocorrem durante e imediatamente após a construção da via, devido à sua instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de tráfego pesado. Os impactos ambientais nessa fase do empreendimento são muito comuns quando não executados com cautela. No que diz respeito aos prejuízos causados pelo desmatamento realizado para a construção/duplicação da rodovia, o Manual Rodoviário do DNIT (BRASIL, 2005) destaca: a) expõe os solos e os taludes naturais à erosão, que podem evoluir facilmente a ravinamentos profundos e extensos, afetando a rodovia e as propriedades vizinhas; b) facilita o assoreamento e sobrecarrega os sistemas de drenagem, causando inundações nas entradas d'água e erosões nas saídas, frequentemente ameaçando o corpo estradal de colapso; c) deixa-se de contar com um poderoso aliado na contenção de escorregamentos e quedas de pedras, tão comuns nos trechos mais acidentados de todas as estradas.

Segundo Bigarella *et al.* (2003), as erosões em obras viárias podem ocorrer na plataforma, nos taludes de corte e de aterro e nas áreas adjacentes ao corpo estradal. A erosão nas bordas das plataformas, geralmente próximo à base dos taludes de corte, é decorrente das águas pluviais, pois não são interceptadas antes de atingirem velocidades excessivas. A intensidade da erosão nos taludes de corte varia de acordo com o tipo de solo e as obras de proteção do talude, podendo evoluir para deslizamentos. Taludes de aterro também podem sofrer erosão acelerada, quando não contam com obras de drenagem e cobertura vegetal. As áreas adjacentes à estrada, representadas por caixas de empréstimo ou locais de lançamento das águas drenadas da rodovia, também podem ser foco de processos erosivos.

Em relação a importância da camada vegetal no solo, Lemes (2001) destaca que a proteção vegetal tem papel preponderante no processo de estabilização do solo. A vegetação diminui a quantidade de água que alcança o solo e, conseqüentemente, mantém sua umidade, a

resistência ao cisalhamento e coesão do conjunto solo-raiz.

2.2 Importância do conhecimento das características físicas para implantação de rodovias

Durante as obras, os taludes de corte e aterro são executados de acordo com as especificações técnicas do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), hoje Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) sem nenhum cuidado adicional com suas inclinações em função do comportamento geotécnico do maciço. Assim, as diferenças de resistência do solo à erosão em função da sua formação geológica, por exemplo, na maioria dos casos, não são levadas em consideração no dimensionamento das inclinações de taludes de corte e aterro. Dessa forma, os fluxos, muitas vezes concentrados, de água nesses taludes com alta declividade e grandes extensões de rampas, associados a solos de baixa resistência, culminam com o surgimento de erosões nesses locais (MOLINERO, 2007).

A análise dos componentes do meio físico propicia um entendimento de importantes condicionantes que interferem na maior ou menor susceptibilidade ao processo erosivo, porém esses fatores devem ser analisados concomitantemente às ações humanas que muitas vezes influenciam diretamente no comportamento erosivo (HENRIQUE e FERNANDES, 2012). Segundo Nunes (2003), as condições, boas ou más, das estradas dependem de atributos relacionados com as especificidades de cada região, tais como: tipo de solo, clima, topografia, tráfego e frequência de manutenção. Estes fatores influenciam diretamente no aparecimento de defeitos com grau de severidade maiores ou menores no leito das vias, acarretando problemas que comumente, quando não reduzem a velocidade de tráfego, são responsáveis pela interrupção da via.

Lima (2003) relata em seu estudo que os fenômenos de erosão e assoreamento consistem na ação combinada de um grupo de agentes naturais (gravidade, chuvas, vento, gelo) ou gerados (desmatamentos, queimadas, construções inadequadas), que produzem a desagregação dos materiais, influenciados pelos processos tanto de intemperismo químico e/ou físico; estes são transportados pelas águas superficiais e depositados nos sistemas naturais de drenagem. Complementarmente, Bellinazzi Junior, Bertolini e Lombardi Neto (1981), correlacionam cinco fatores que governam a taxa de erosão: clima, solo, topografia, manejo do solo e cobertura vegetal. A interação entre esses fatores influi sobremaneira na quantidade de solo erodido.

Tratando-se do clima, a temperatura e o regime pluviométrico apresentam importância fundamental. A chuva é, sem dúvida, a principal causa para que ocorra a erosão e é evidente

que quanto maior a sua quantidade e frequência, mais influenciará neste fenômeno. Se a chuva for em quantidade adequada, leve e mais espaçada, terá menor ação na erosão do que se a mesma for intensa e cair em curto espaço de tempo (GUERRA, 1994).

Quanto ao solo, a resistência à sua desagregação, sua permeabilidade, a taxa de transmissão de água, composição química, textura e quantidade de matéria orgânica, que é o agente que fornece uma melhor estabilidade aos agregados do solo, são fatores determinantes para a maior ou menor suscetibilidade à erosão (GUERRA, 1994). Segundo Bastos (1999), a intensidade do processo erosivo em taludes depende do grau de coesão do material exposto ao intemperismo. Bertoni e Lombardi Neto (2008) relatam que a absorção da água pelo solo também é um importante fator causador de erosão. Solos argilosos são menos suscetíveis à erosão que os arenosos. Raimundo (1998) relata que o aumento do grau de saturação num determinado solo, acarreta numa sensível redução dos parâmetros de resistência deste solo e, por conseguinte, torna-o susceptível a instabilidades. Os solos arenosos são naturalmente frágeis, em especial os Neossolos Quartzarênicos, permitindo que os processos erosivos lineares se instalem neles com maior rapidez do que nas áreas que comportam Latossolos ou Argissolos, mais estáveis fisicamente (SÃO PAULO, 1989).

Segundo Guerra e Botelho (1996), os teores de areia, silte e argila atuam sobre a erosão, à medida que podem oferecer maior ou menor resistência ao destacamento e ao próprio transporte pela água resultante do escoamento superficial, difuso ou concentrado. A areia fina e o silte são as frações granulométricas que apresentam maior facilidade de serem erodidas, pois não possuem muita coesão, nem peso suficiente que dificulte a ação da água. A areia grossa e a argila são as frações granulométricas que oferecem maior resistência à erosão. As areias devido ao seu diâmetro apresentam um peso maior que dificulta a ação da água, enquanto as argilas, devido a sua coesão, em especial quando combinadas com matéria orgânica, formam agregados estáveis, que também oferecem resistência à ação da água. Raramente um solo é constituído de uma só fração granulométrica, daí a necessidade de classes de textura procurando definir diferentes combinações de areia, silte e argila.

Em relação à topografia, o comprimento da rampa, a declividade e a forma da encosta também interferem na velocidade de escoamento da água superficial. Segundo Guerra (1994), vários pesquisadores têm demonstrado que em encostas mais íngremes a erosão pode ser menor, pois à medida que a declividade aumenta, a erosão pode reduzir devido à diminuição do processo de selagem, que é responsável pela formação de crostas no topo do solo.

Referente ao manejo do solo, os preparos e cultivos intensos ou inadequados podem perturbar a estrutura do solo, incrementando a desagregação e/ou a compactação (LEMES,

2001). Segundo esta autora, a agricultura afeta intensamente a densidade aparente do solo, sendo, esta, incrementada devido à redução da matéria orgânica e pelo uso de maquinaria agrícola. As culturas desenvolvidas, a conservação dos restos de cultura, as práticas de conservação empregadas, as adubações e correções são fundamentais no controle das taxas de erosão. Drew (1989) salientou que as alterações introduzidas nos ambientes naturais resultam do esforço ou tensão ao qual o sistema é submetido e de seu grau de suscetibilidade às mudanças impostas, promovendo um processo de reajuste em torno do equilíbrio dinâmico oscilante.

Por fim, a vegetação, que tem influência na estabilização dos solos, podendo ter efeitos benéficos e adversos em taludes. Wu, Mckinnell e Swanston (1979) relatam como efeito positivo da vegetação a diminuição da quantidade de água que alcança o solo, provocada pela interceptação da chuva por parte da folhagem; a remoção da umidade do solo pela evaporação e pela transpiração das plantas, tendo como consequência, a diminuição da poro-pressão positiva ou elevação da sucção, acarretando no aumento da resistência ao cisalhamento do solo; o aumento da coesão do conjunto solo/raiz provocado pela resistência do sistema de raízes da vegetação, que aumenta substancialmente o coeficiente de segurança do talude e leva a um incremento de resistência ao cisalhamento disponível. Segundo Lemes (2001), a vegetação reduz a desagregação das partículas do solo, pois seu efeito é de uma manta protetora, que reduz o impacto das gotas da chuva, diminui a velocidade do escoamento superficial e a ação dos raios solares sobre o solo, e atua de forma fundamental na produção de matéria orgânica, sua presença é de importância fundamental.

Bellinazzi Junior, Bertolini e Lombardi Neto (1981) afirma que uma boa cobertura vegetal pode evitar o problema da erosão. Gray (1995) salienta que uma densa cobertura de grama ou vegetação herbácea são as melhores proteções do solo à erosão do vento e da água da chuva, sendo efetiva para controlar erosão superficial ou ruptura de massas rasas, as quais a água tem uma influência importante, tanto pela infiltração como pelo fluxo sobre o solo. A eficiência das raízes à restrição do escorregamento ocorre até a profundidade que elas alcançam e o efeito será mais importante se elas penetrarem através da superfície de ruptura.

A vegetação nativa é um dos fatores responsáveis pelo equilíbrio entre o solo e o ambiente no qual o solo se formou. Em atenção a este fato, o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul desenvolveu uma especificação de serviço para realização de cobertura vegetal nas áreas expostas do corpo estradal e áreas de ocorrência de materiais explorados, utilizando tipos vegetais diversos, com a finalidade de proteger o solo dos processos erosivos e atenuação da agressão no meio ambiente (DAER-RS, 1991).

Como efeito negativo, Lemes (2001) apud Morgan e Rickson (1995) relata sobre o

aumento da rugosidade de solo devido às raízes, o que pode elevar o nível de infiltração e um consequente aumento da permeabilidade superficial devido à abertura de trincas, causando um ressecamento significativo. Segundo Nilsson (2010), a existência de árvores em taludes pode criar raízes que ao expandir provocam pressões subterrâneas, bem como tensões provocadas pelo vento.

2.3 Influência da geologia no aparecimento de processos erosivos

Alguns estudos realizados no Brasil e no exterior apontam os processos geológicos como responsáveis pela origem e evolução da erosão linear. Hasui *et al.* (1995), Baccaro (1999) e Bacellar, Coelho Neto e Acerda (2001) citam a importância de se levar em consideração fatores geológicos, destacando a litologia (características mineralógicas e texturais das rochas) e a estrutura (falhas, fraturas e contatos litológicos) como agentes condicionantes no processo erosivo, pois podem atuar na origem e formação de feições erosivas lineares.

Segundo Beavis (2000), a litologia determina a intensidade da erosão na paisagem e a estrutura geológica, sua localização e orientação. A litologia pode influenciar o processo de erosão através das características mineralógicas e texturais das rochas presentes no substrato geológico de cada região, condicionando a permeabilidade e a facilidade de carreamento de partículas soltas pelo intemperismo. O autor também salienta que o processo de litificação também influencia na gênese de solos, cujas características, que são herdadas da rocha matriz, podem deixar a cobertura pedológica mais suscetível à erosão.

Avelar e Coelho Netto (1994) ao estudarem fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul, constataram que as discontinuidades lito-estruturais, atuavam no controle das propriedades hidráulica e mecânica das rochas, destacando o fraturamento como zonas de alívio de pressão piezométrica, que favoreciam a exfiltração da água e formação de túneis que avançavam remontantemente. Segundo Muratori (1983), contatos litológicos, falhas e fraturas são aspectos predisponentes à ocorrência de voçorocas, por apresentarem importantes discontinuidades mecânicas e hidráulicas.

Em um estudo realizado no oeste paulista, Pinto e Sígolo (2001) verificaram que nas zonas de contatos litológicos fluxos superficiais e subsuperficiais de água, ao atingirem uma formação menos resistente à erosão, propiciam a erosão diferencial, que, quando canalizada, evolui para uma feição erosiva linear. Complementando este estudo, Cambra *et al.* (1995) analisaram a erosão no município de Bananal, situado no leste do Estado de São Paulo, e

constatarem que as falhas e fraturas funcionavam como zonas de alívio de pressão, gerando a migração vertical e exfiltração de água em subsuperfície, que carrega partículas de solo. Essa remoção gera um solapamento do material encontrado acima e leva ao voçorocamento. Bacellar, Coelho Netto e Acerda (2001) mapearam as feições erosivas lineares na região de Ouro Preto/MG e encontraram uma distribuição espacial não concordante ao gradiente topográfico. De acordo com os autores, as voçorocas podem ser desencadeadas por outros fatores, mas a sua propagação remontante é guiada pelas estruturas geológicas (zonas de falhamento e/ou fraturamento), a partir do momento que o saprolito é atingido. Complementarmente, Hasui *et al.* (1995) destacam o papel de feições estruturais (juntas e falhas) e da tectônica no desenvolvimento de voçorocas na região de São Pedro, no Estado de São Paulo.

Ao analisar a influência de aspectos geológicos na erosão linear existente no médio-baixo Vale do Ribeirão do Secretário, situado em Paty do Alferes/RJ, Silva *et al.* (2003) relataram que a presença de rochas com características mineralógicas e texturais, as quais propiciam elevada permeabilidade e baixa resistência ao intemperismo, favoreceu a atuação de processos erosivos. Quanto às ravinas/voçorocas desconectadas, os autores salientaram que as mesmas ocorreram em maior número, cerca de 200 feições, e que suas orientações coincidem com as direções estruturais, o que revela forte influência da estrutura geológica nesse tipo de feição.

Por fim, Nilsson (2010) ressalta que a geologia estrutural, marcada pela presença de camadas mais ou menos resistentes, a direção e o mergulho de camadas foliadas, a porosidade e outros parâmetros hidrogeológicos e a química mineralógica das rochas interferem e condicionam o processo erosivo. O grau de alteração da rocha, a maturidade do solo, a mineralogia, a química, a estrutura e a textura têm grande importância no processo erosivo.

2.4 Abordagem geotécnica sobre a erodibilidade de solos

Taludes em solo e em rochas estão sujeitos, com relativa frequência, a problemas geotécnicos associados a processos de instabilização de massa, como por exemplo: escorregamentos, erosões e recalques. Quando se trata de taludes rodoviários em corte ou aterros, assim como no caso de encostas naturais adjacentes à rodovia, tais eventos costumam provocar danos e, frequentemente, até interrupções no tráfego, com graves prejuízos aos usuários e ao Poder Público (IPT, 1991).

A erodibilidade é uma das propriedades de comportamento dos solos de maior

complexidade e tem no meio geotécnico a maior lacuna na quantificação e entendimento dos mecanismos envolvidos. Problemas como a degradação e instabilidade de taludes de corte envolvendo perfis de solos residuais, que acabam comprometendo a infraestrutura das rodovias e estradas, bem como os assoreamentos, têm conscientizado a comunidade geotécnica da necessidade de identificar o potencial erosivo dos terrenos antes da intervenção, levando em conta as condicionantes envolvidas, em particular, a propriedade erodibilidade dos solos (BASTOS, MILITITSKY e GEHLING, 2001). Estes autores elaboraram um artigo científico no qual é apresentado uma proposta metodológica para avaliação geotécnica da erodibilidade de solos residuais não saturados, com base num extenso estudo experimental com perfis de solos residuais da Região Metropolitana de Porto Alegre. Os resultados apontaram para o emprego, entre outros, do ensaio de Inderbitzen e da Metodologia MCT e para a importante relação entre a erodibilidade e a perda de coesão dos solos com a saturação.

Oliveira (2015) realizou uma análise geológico-geotécnica na boçoroca do córrego do Cravo, situado em Nazareno/MG, a fim de entender os motivos pelos quais ocorreram os escorregamentos e propor técnicas de bioengenharia de solos para a estabilização de taludes. Neste projeto foi possível concluir que os escorregamentos podem ter ocorrido devido à saturação do solo do tipo saprolito e, conseqüentemente, a instabilização de todo o maciço. A alta declividade dos taludes e a presença de planos preferenciais de ruptura também podem ter contribuído para a ocorrência dos escorregamentos. Propôs-se o retaludamento das encostas e o uso de técnicas de bioengenharia para a estabilização do solo e o incremento da biodiversidade local.

A avaliação da erodibilidade permite orientar medidas preventivas à erosão hídrica por fluxo superficial. Solos de alta erodibilidade pela avaliação direta e solos considerados potencialmente erodíveis pela avaliação indireta requerem medidas preventivas especiais, com maior investimento em obras de drenagem e emprego de técnicas especiais de proteção superficial. Solos de mediana erodibilidade em ensaios de erosão e solos que não tenham sido classificados como potencialmente erodíveis pelos critérios indiretos têm recomendadas soluções convencionais em drenagem e proteção superficial. Os solos com baixa erodibilidade, comprovada na avaliação direta, dispensam medidas especiais de proteção e podem ser empregados como proteção natural a solos mais erodíveis, salvo em situações especiais de fluxo superficial concentrado (BASTOS, MILITITSKY e GEHLING, 2001).

Segundo Bastos, Milititsky e Gehling, (2001), a proposta de abordagem geotécnica sobre a erodibilidade de solos residuais tropicais e subtropicais não saturados, apresentado no artigo supracitado, permite orientar o engenheiro geotécnico na avaliação do potencial erosivo dos

terrenos antes de uma iniciativa de ocupação urbana ou implantação de qualquer obra de engenharia que exponha estes solos naturais. É o passo inicial no direcionamento de medidas preventivas e de soluções que minimizem o impacto da obra de engenharia no meio físico natural no que se refere à erosão hídrica por fluxo superficial.

2.5 Avaliação da fragilidade ambiental

Ratcliffe (1971) e Smith e Theberge (1986) consideram fragilidade como a desestabilização de um ecossistema, dada a uma perturbação, podendo ser natural ou antrópica. Segundo estes autores, para ser avaliada a fragilidade deve ser identificada a perturbação em questão e os principais atributos que poderão ser afetados, tanto bióticos (fauna, flora) como abióticos (solo, recursos hídricos, etc.), dependendo do caso. Goldsmith (1983) define como uma área frágil com elevada sensibilidade inerente, os ambientes alagadiços, duna costeira e regiões montanhosas, pois são potencialmente instáveis.

No Brasil, Ross (1994) afirma que a fragilidade dos ambientes naturais, dada uma intervenção antrópica, depende de suas características genéticas. A princípio, os ambientes naturais se encontravam em equilíbrio dinâmico até o início progressivo das intervenções humanas na exploração de recursos naturais.

Segundo Gimenes e Augusto Filho (2013), há uma confusão geral entre os termos relacionados à fragilidade ambiental, tanto internacional quanto nacionalmente. Na maioria dos casos em que se procura diferenciar esses termos, os autores acabam sendo incoerentes com as definições. Em seus estudos, estes autores concluíram que o conceito que melhor define o termo Fragilidade Ambiental é o que considera a desestabilização do equilíbrio dinâmico existente no ambiente, e que esta é uma característica intrínseca do meio ambiente. Além disso, para avaliar seus diferentes níveis é importante considerar, na medida do possível, aspectos do meio físico, biótico e socioeconômico.

Para a elaboração de mapas de fragilidade ambiental é necessário a definição de classes. Ross (1994) descreveu as classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, que podem ser agrupados de acordo com os critérios estabelecidos, tais como as classes de fragilidade em função dos tipos de solos, do grau de inclinação da declividade, o grau de proteção em função do tipo de cobertura vegetal, etc. O autor relata que, para análise empírica da fragilidade dos sistemas naturais, há necessidade de estudos básicos sobre o relevo, o solo e subsolo, o uso da terra e o clima. Para isso, o autor elaborou três tabelas com indicativos de fragilidade ambiental,

considerando as características visuais como ferramenta na fragilidade ambiental do relevo, sistematizando uma hierarquia nominal representadas da seguinte forma: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte.

A Tabela 1 classifica a fragilidade ambiental em função da declividade do relevo. É possível observar uma graduação qualitativa, variando de muito fraco (inclinações inferiores a 6%) para a muito forte (declividades superiores a 30%).

Tabela 1 - Classificação da fragilidade em função da inclinação.

Fragilidade do relevo	Inclinação do relevo
Muito fraca	Até 6%
Fraca	De 6% a 12%
Média	De 12% a 20%
Forte	De 20% a 30%
Muito Forte	Acima de 30%

Fonte: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados (1994).

A Tabela 2 classifica as fragilidades do relevo em razão do tipo de solo, apresentando a classificação organizada em cinco níveis, as quais também variam de muito baixa a muito forte. Cabe ressaltar que a classificação do solo, proposta originalmente por Ross (1994) foi atualizada com a nova classificação pedológica publicada pelo IBGE (2007).

Tabela 2 - Classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, considerando o escoamento superficial difuso concentrado das águas pluviais.

Classes de Fragilidade	Tipos de solo
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa.
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura médio/ argilosa.
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo Terra Roxa, Terra Bruna, Pedizólico Vermelho-Amarelo textura médio/ argilosa.
Forte	Pedizólico Vermelho-Amarelo de textura média/arenosa, Cambissolo.
Muito Forte	Podizolizado com cascalho, Litólico e Areias Quartzarênico.

Fonte: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados (1994).

A Tabela 3 contempla os graus de proteção do solo baseados no tipo de cobertura vegetal.

Tabela 3 - Graus de proteção de solo considerando o tipo de cobertura vegetal.

Graus de proteção	Tipos de cobertura vegetal
Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso (Mata secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata homogênea de pinus densa. Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
Média	Cultivo de ciclo longo em curva de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosques de nativas.
Baixa	Cultivo de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com o solo exposto entre ruas), cultura de ciclos curto de arroz, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentes, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, cultura de ciclo curto sem prática conservacionista.

Fonte: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados (1994).

Através desta classificação é possível elaborar o mapa de fragilidade ambiental, que consiste no zoneamento do território em diferentes níveis hierárquicos, que representam os diferentes graus de fragilidade. Permite definir quais áreas são mais frágeis e podem ser mais afetadas por mudanças da dinâmica natural existente. Este mapa tem grande potencial para ser utilizado em estudos de impacto ambiental (GIMENES e AUGUSTO FILHO, 2013).

2.6 Histórico sobre a construção da rodovia BR-158/MT

Conforme informado no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007a), no início dos anos 40, o rio Araguaia e seus afluentes constituíam uma barreira natural ao progresso civilizatório. Ao longo de suas margens, habitava mais de uma dezena de povos numa região vasta e desconhecida. Apesar disso, a região era classificada como um vazio demográfico que precisava ser preenchido, e despertava o interesse de garimpeiros, fazendeiros, políticos e militares.

Longe deste ambiente, eclodia na Europa a Segunda Guerra Mundial, um conflito que teve como uma de suas razões a noção de “espaço vital”. A ideia defendia o direito de que nações mais desenvolvidas ocupassem áreas pouco exploradas em países menos desenvolvidos.

Esta teoria colocava a região incógnita no Centro-Oeste brasileiro como alvo potencial para a cobiça de outros países.

Com “A Marcha para o Oeste”, o Estado do Mato Grosso recebeu os primeiros investimentos para aplicação em obras rodoviárias, de forma mais técnica e planejada. Os trabalhos tiveram início em 1944, na atual região de Barra do Garças e circunvizinhanças, com a construção de duas pontes em concreto armado, de seção de 8,4 m, uma sobre o rio Araguaia, de 229 m de comprimento, e outra transpondo o rio Garças, com 151 m de comprimento.

Coube, ainda, à Fundação Brasil Central, a implantação do segmento rodoviário que ligava Barra do Garças a Nova Xavantina, com 158 km de extensão. Assim se iniciou a abertura da rodovia, partindo de Barra do Garças em direção ao norte.

O Plano Nacional de Viação de 1962, elaborado pela então Divisão de Planejamento do DNER, definiu o itinerário terroso, entre Barra do Garças e o rio das Mortes (Nova Xavantina), como BR-72. No decorrer de 1966, a sigla rodoviária BR-72 é alterada para BR-158/MT, passando por Barra do Garças/MT, Nova Xavantina, Alô Brasil, Fazenda Suiá-Missu, São Félix do Rio Araguaia, Luciára, Santa Terezinha e Santana do Araguaia/PA, na época sob jurisdição da Fundação Brasil Central e depois pela Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO).

A implantação definitiva da rodovia BR-158 se deu somente nos fins da década de 1970, quando o DNER assumiu o traçado pela MTT 158, como BR-158/MT, entre o km 0,0 - Divisa com o PA/MT e o km 275,5 (BR-242 - rio Liberdade), expressando agora o sentido de contagem quilométrica atual, do norte para o sul. A construção desta rodovia influenciou a expansão de vários núcleos populacionais, como por exemplo, Vila Rica e favoreceu o estabelecimento de empresas agropecuárias na região e, posteriormente, da cidade.

A abertura da BR-158 teve por finalidade ser a entrada do avanço progressista de ocupação de terras de áreas desconhecidas, que faziam parte das políticas oficiais para a integração da Amazônia e Centro-Oeste com os estados do Sul/Sudeste do País.

Anos depois, devido ao crescimento do tráfego local, iniciaram os Estudos Ambientais para a pavimentação desta rodovia. Em 2009, após emissão das Licenças de Instalação para os trechos Norte e Sul, as obras iniciaram. Atualmente, a pavimentação do trecho sul está concluída, porém falta realizar a recuperação das áreas degradadas e o trecho norte encontra-se em fase de conclusão das obras.

2.7 Caracterização da área em estudo

2.7.1 Localização do trecho em estudo

Segundo o EIA (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007a), a BR-158/MT situa-se no nordeste do Estado do Mato Grosso (MT), iniciando na divisa com o Estado do Pará até o município de Ribeirão Cascalheira. O Trecho Norte está inserido entre a divisa dos Estados do Pará e Mato Grosso (km 0) até o km 201,05 da referida rodovia, transpassando, de norte a sul, os municípios de Vila Rica, Confresa, Porto Alegre do Norte, Cana Brava do Norte e São Félix do Araguaia. O Trecho Sul inicia no km 328,0 estendendo-se até o km 412,9, transpassando, de norte a sul, os municípios de Bom Jesus do Araguaia e Ribeirão Cascalheira, totalizando 89,8 km de extensão.

A rodovia foi dividida em dois trechos devido à Licença Prévia nº 270/2008, emitida para este empreendimento, ter excetuado o segmento rodoviário correspondente à travessia da Terra Indígena Maraiwatsede, totalizando, aproximadamente, 126,95 km que interceptam a área desta TI e que não serão pavimentados devido não ter sido emitida a anuência da Fundação Nacional do Índio - FUNAI.

Na Figura 1 é apresentado o mapa de Localização da rodovia BR-158/MT, divididos por trechos (Norte e Sul) e pelos lotes de construção.

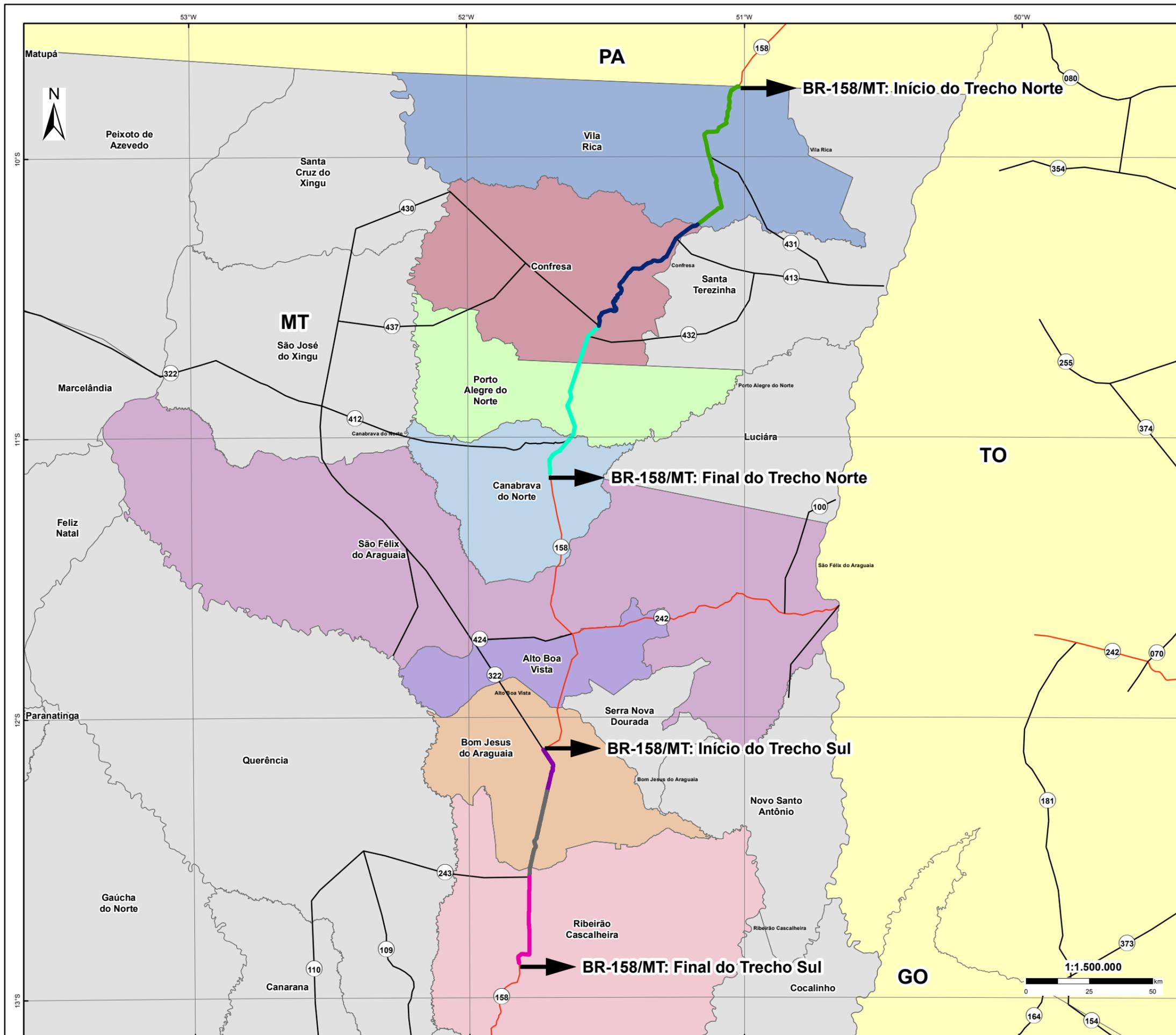
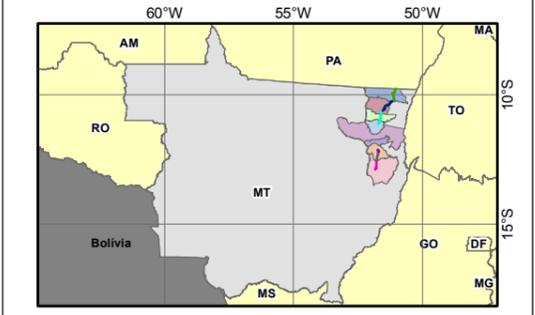


FIGURA 1: Mapa de Localização



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

- Demais Rodovias:**
- Rodovia Estadual
 - Rodovia Federal

- Limite Estadual:**
- Demais Estados
 - Mato Grosso

- Municípios:**
- Alto Boa Vista
 - Bom Jesus do Araguaia
 - Canabrava do Norte
 - Confresa
 - Porto Alegre do Norte
 - Ribeirão Cascalheira
 - São Félix do Araguaia
 - Vila Rica

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

2.7.2 Características da rodovia

A BR-158 é um dos principais eixos rodoviários de Mato Grosso e tende a viabilizar todo o comércio do Araguaia, região que apresenta grande potencial de expansão agrícola (ECOPLAN ENGENHARIA, 2007b). Segundo o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (BRASIL, 1999), os trechos Norte e Sul enquadram-se como Classe III, devido aos aspectos morfológicos da região atravessada, considerada como plana e ondulada.

Atualmente, o trecho Norte permanece em obras, faltando pavimentar apenas o Lote 1A, enquanto o Sul teve suas atividades concluídas em 2013, após a entrega do Lote 3. A Tabela 4 apresenta a extensão de cada lote de construção em ambos os trechos.

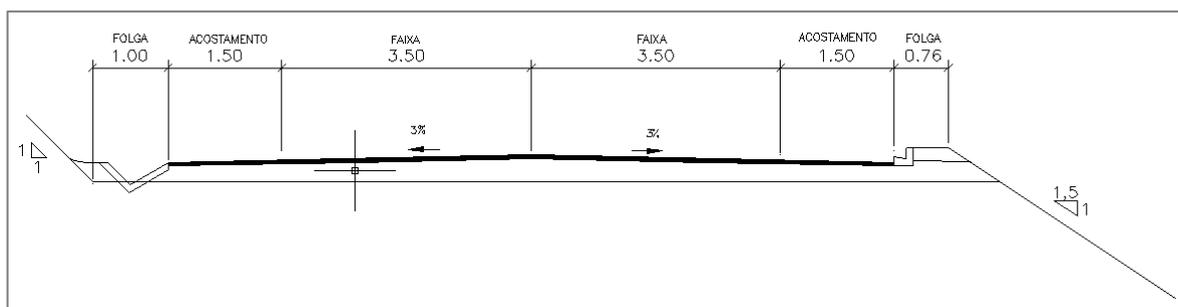
Tabela 4 - Extensão dos lotes de construção nos Trechos Norte e Sul

LOTE	EXTENSÃO (km)
TRECHO NORTE	
1A	69,14
1B	65,76
2A	66,14
TRECHO SUL	
2	12,00
3	35,10
4	37,80

Fonte: Adaptado de DNIT, 2005.

A Figura 2 apresenta a seção transversal dos Trechos Norte, na qual é possível observar as características da rodovia, que apresenta largura de cada faixa de 3,50 m, acostamento de 1,50 m e folgas para implantação dos dispositivos de drenagem e meio-fio, cuja extensão é de 1,00 m e 0,76 m, respectivamente.

Figura 2 - Seção transversal da rodovia BR-158/MT, trechos Norte e Sul



Fonte: Autoria própria (2015).

2.7.3 Caracterização da geologia

A caracterização geológica foi extraída do EIA elaborado pela Ecoplan Engenharia (2007b), a qual utilizou como metodologia para identificação a realização de vistorias *in loco* e a fotointerpretação sistemática utilizando imagens CBERS-2 cenas 2004 e 2005 e LANDSAT 7 banda 4 da cena 224-067 (lineamento). Utilizaram-se, também, fotografias aéreas 1:30.000 oriundas de um levantamento realizado em novembro de 2005, a cartografia do IBGE com escala 1:100.000 e a cartografia com escala 1:250.000 do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Mato Grosso.

A Tabela 5 apresenta a classificação e composição litoestratigráficas nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

Tabela 5 - Classificação e composição litoestratigráficas nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

CLASSIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA
Aluviões Atuais	Areia fina a média, cascalhos, silte e argila.
Formação Bananal	Sedimentos arenosos, síltico-arenosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos semi-consolidados e inconsolidados. Níveis com concreções ferruginosas.
Formação Utiariti	Sedimento arenosos feldspáticos de granulometria fina a média com subordinadas intercalações de siltitos, argilitos e raros níveis delgados de conglomerados.
Formação Salto das Nuvens	Arenitos, arcóseos e níveis conglomeráticos intercalados predominantemente na sua porção basal.
Formação Diamantino	Arcóseos com intercalações de siltitos e folhelhos micáceos.
Formação Gorotire	Arenitos com lentes de conglomerados, argilitos, siltitos, cherts e tufos; cataclasitos, milonitos e ultramilonitos.
Suíte Intrusiva Tarumã	Granitos, granodioritos, monzonitos e tonalitos.
Grupo Iriri	Riolitos, riolacitos, andesitos, basaltos, rochas piroclásticas e ignimbritos.
Complexo Xingu	Rochas predominantemente ortometamórficas constituídas por granitos, granodioritos, adamelitos, dioritos, anfíbolitos, gnaisses ácidos e básicos, migmáticos, granulitos, com subordinados quartzitos, quartzitos-mica-xistos e mica-xistos, Grau metamórfico fácies anfíbolito e granulito.

Fonte: Adaptado de Ecoplan Engenharia (2007b).

Segundo a Ecoplan Engenharia (2007b), a rodovia em estudo trespassa três domínios geológicos: o primeiro, constituído por rochas cristalinas, e outros dois mais ao sul, constituídos por rochas sedimentares inconsolidadas. A porção Norte do empreendimento é constituída predominantemente por rochas do Complexo Xingu, graníticas e gnáissicas arqueanas e por suítes intrusivas e sequências de coberturas proterozoicas. Sob o ponto de vista geológico, as rochas do Setor Cristalino, constituem um arcabouço geológico estável, constituídos por rochas pouco friáveis, conferindo a este setor uma baixa fragilidade ambiental.

Na porção Sul, ao longo dos Setores do Bananal e Parecis, afloram litologias

sedimentares do Cretácico na Bacia do Parecis e Cenozoicas na Bacia do Araguaia. O substrato do Setor do Bananal é constituído por litologias sedimentares expostas ao longo de área de relevo plano e baixo, conferindo à região uma fragilidade média a fraca, embora as litologias configurem litologias frágeis.

O substrato do Setor Parecis também é constituído por litologias sedimentares frágeis e com entalhamento de drenagens, constituindo, assim, um setor com alta fragilidade ambiental, onde ocorre o desenvolvimento de extensas voçorocas ao longo da faixa de domínio da estrada.

Na Figura 3 é apresentado o mapa geológico dos Trechos Norte e Sul da BR-158/MT, o qual visa facilitar a comparação da geologia existentes em ambos os trechos.

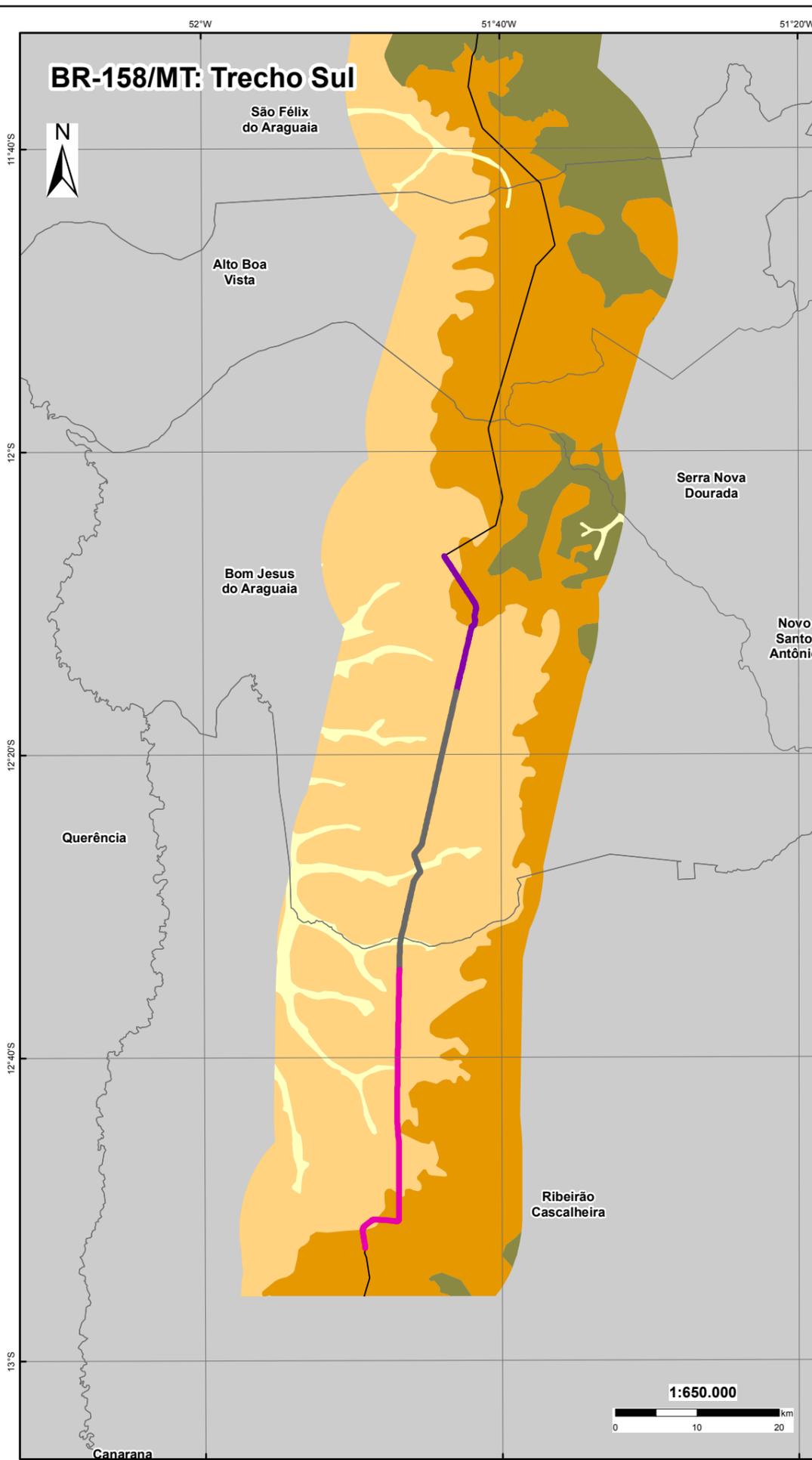
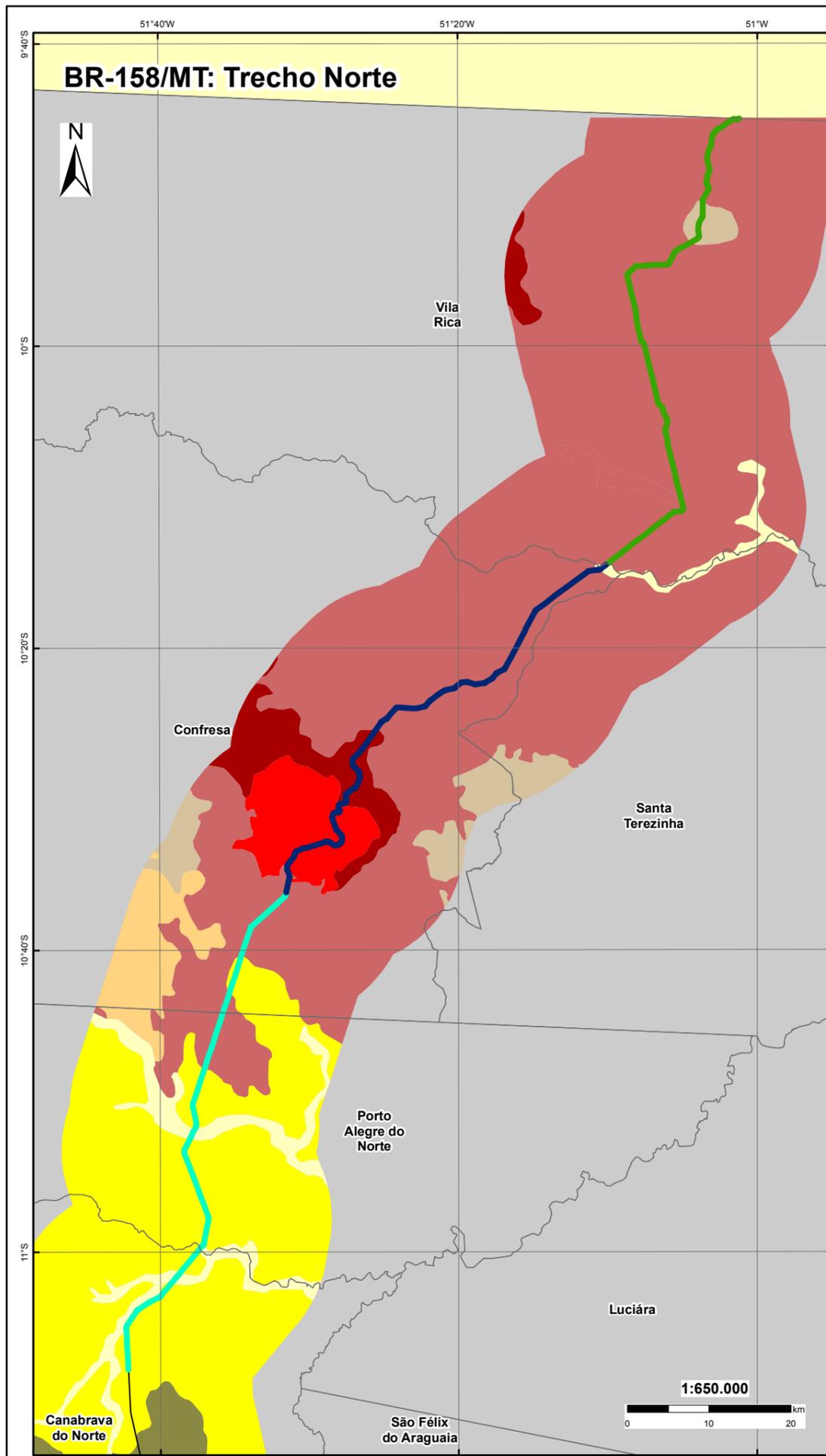
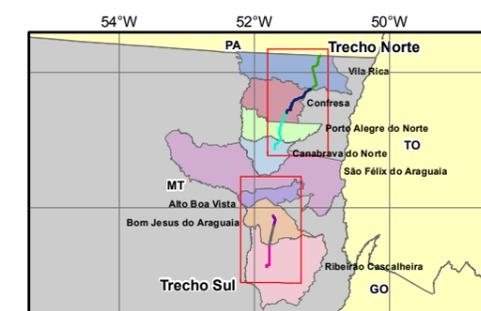
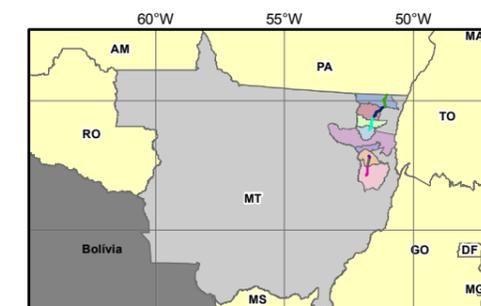


FIGURA 3: Mapa Geológico



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

Geologia:

- Aluviões Atuais
- Formação Bananal
- Formação Utiriti
- Formação Salto das Nuvens
- Formação Diamantino
- Formação Gorotire
- Suite Intrusiva Tarumã
- Grupo Iriri
- Complexo Xingu

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

2.7.4 Caracterização do solo

A caracterização do solo foi extraída do EIA elaborado pela Ecoplan Engenharia (2007b), foi realizada através de estudos *in loco*, seguindo as diretrizes constantes no Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo e as análises foram realizadas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Também foram utilizados dados secundários tais como: Projeto RADAMBRASIL/IBGE, Projeto de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Araguaia-Tocantins – PRODIAT, Levantamento de Reconhecimento de Solos da Ilha do Bananal e Projeto Rio Formoso.

A Tabela 6 apresenta a classificação e caracterização pedológica nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

Tabela 6 - Classificação e caracterização pedológica nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

CLASSIFICAÇÃO ANTIGA	CLASSIFICAÇÃO ATUAL	CARACTERÍSTICAS
Areia Quartzosa distrófico	Neossolo Quartzarênico Órtico	Solos profundos de formação muito recente, apresentando coloração clara e sequência de horizontes A-C-R; a textura varia de areia a areia franca, sendo o Quartzo o mineral predominante e com teores de argila < 15%.
Gley Pouco Húmido distrófico	Cambissolo Háptico	Solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bi-C, onde o horizonte Bi é do tipo B incipiente. Solos bem drenados a imperfeitamente drenados
Laterita Hidromórgica distrófica	Plintossolo Háptico Distrófico	Apresentam sequência de horizontes A-Cf ou A-Bf-C, com ausência de horizonte B textural. Caracterizam-se fundamentalmente pela presença de um horizonte plíntico dentro de 200 cm quando imediatamente abaixo do horizonte A.
Latossolo Vermelho Escuro distrófico	Latossolo Vermelho Ácrico	Solos acentuadamente a fortemente drenados, normalmente profundos a muito profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bw-C, onde o horizonte Bw é do tipo B latossólico. Solos altamente intemperizados de perfil muito homogêneo, sendo difícil diferenciar os horizontes.
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico	Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico	Solos bem a moderadamente drenados, normalmente profundos a muito profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bw-C, onde o horizonte Bw é do tipo B latossólico. Solos altamente intemperizados de perfil muito homogêneo, sendo difícil diferenciar os horizontes.
Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ou Distrófico	Solos não hidromórficos, geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados. Perfil com gradiente textural onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os horizontes A.

CLASSIFICAÇÃO ANTIGA	CLASSIFICAÇÃO ATUAL	CARACTERÍSTICAS
Solos Concrecionários distrófico	-	Solos minerais, bem drenados e profundos. São pobres, com baixa saturação de bases.
Solos Litólicos distrófico	Neossolo Litólico	Solos rasos, de formação muito recente, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-R, tendo o horizonte A assentado sobre a rocha.

Fonte: Adaptado de Ecoplan Engenharia (2007b).

Conforme informado no EIA, quanto aos solos encontrados na região de estudo, ao Norte predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sendo formados a partir de produtos da alteração de rochas do Complexo Xingu (Pré-Cambriano) em relevo suave ondulado a ondulado. São solos não hidromórficos, geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, apresentando um perfil com uma sequência de horizontes A, AB, BA, Bt, onde este último (horizonte diagnóstico subsuperficial) é do tipo B textural contendo argila de baixa atividade. Estes solos apresentam tipicamente um perfil com gradiente textural onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os horizontes A.

Os Argissolos na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural quando são distróficos. As limitações físicas referem-se à textura, espessura do horizonte A e declividade, os quais determinam a susceptibilidade à erosão hídrica e o potencial de uso. Naqueles com textura mais arenosa no horizonte A há uma rápida infiltração da água, enquanto que no horizonte B textural a permeabilidade é menor. Conseqüentemente, a saturação é alcançada tanto mais rapidamente quanto menor for a espessura dos horizontes A, dando início ao escoamento superficial. Assim, em condições de mesma declividade, quanto mais próximo à superfície for o início do B textural, mais rapidamente se evidencia a erosão, menor será a tolerância de perdas de solo e maiores serão as exigências de práticas conservacionistas.

No trecho Sul predomina o solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico, caracterizados por serem acentuadamente a fortemente drenados, normalmente profundos a muito profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bw-C, onde o horizonte Bw é do tipo B latossólico. Estes solos são altamente intemperizados, sendo compostos predominantemente pelos minerais caulinita, óxidos de ferro (predomínio de hematita) e alumínio e quartzo, devido à estabilidade destes ao intemperismo. O elevado grau de floculação das partículas de argila confere, quando ocorre, somente pequeno incremento de argila com a profundidade, determinando uma transição difusa ou gradual entre os horizontes.

Por isso, mostram um perfil muito homogêneo, onde é difícil diferenciar os horizontes. Os Latossolos são muito suscetíveis ao endurecimento do solo, que poderá dificultar a regeneração vegetal; privado da matéria orgânica durante o período seco, pode ocorrer agregação dos minerais ferrosos; essa agregação, denominada laterização, pode levar ao endurecimento irreversível do solo.

Na Figura 4 é apresentado o mapa pedológico dos Trechos Norte e Sul da BR-158/MT, o qual visa facilitar a comparação dos solos existentes em ambos os trechos.

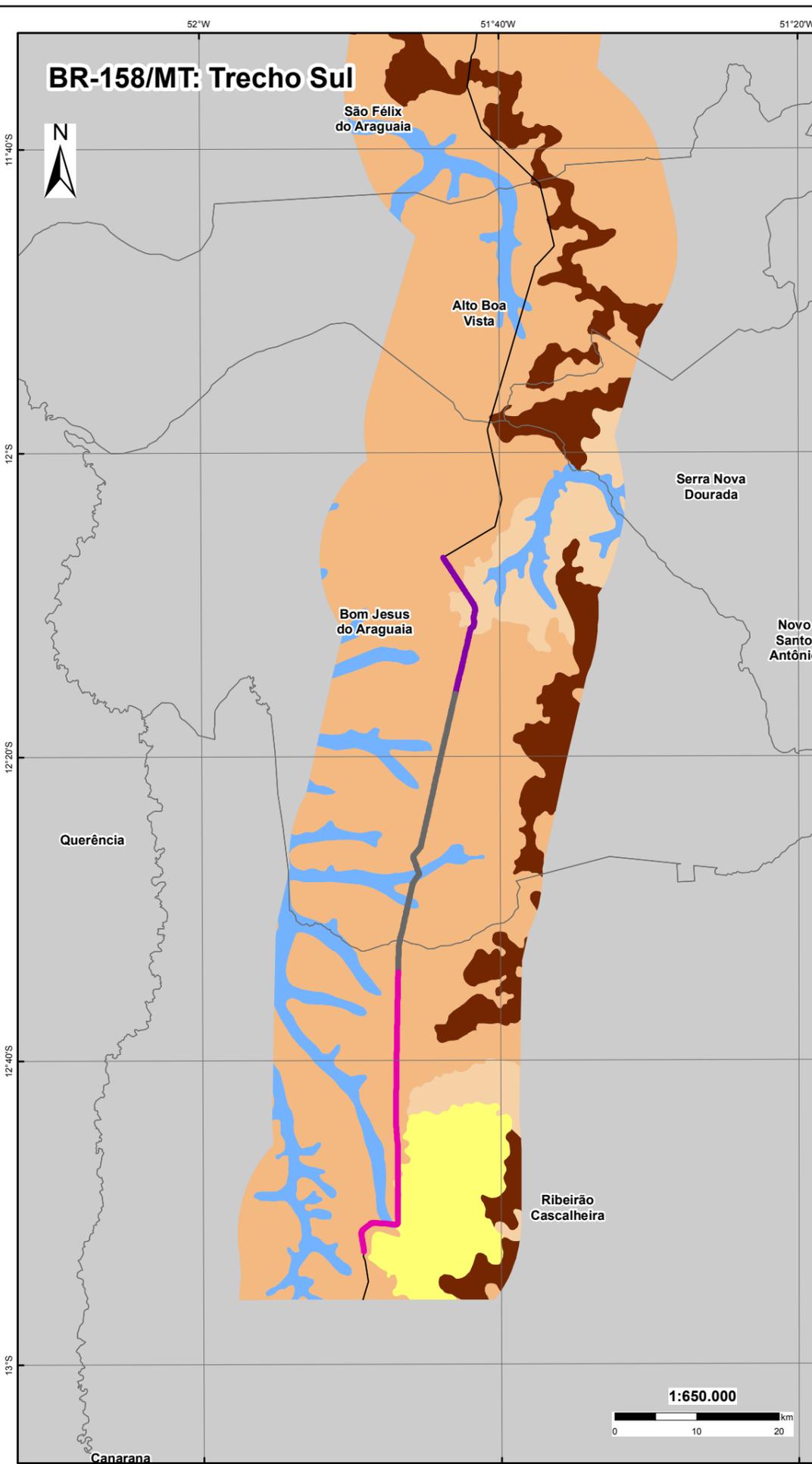
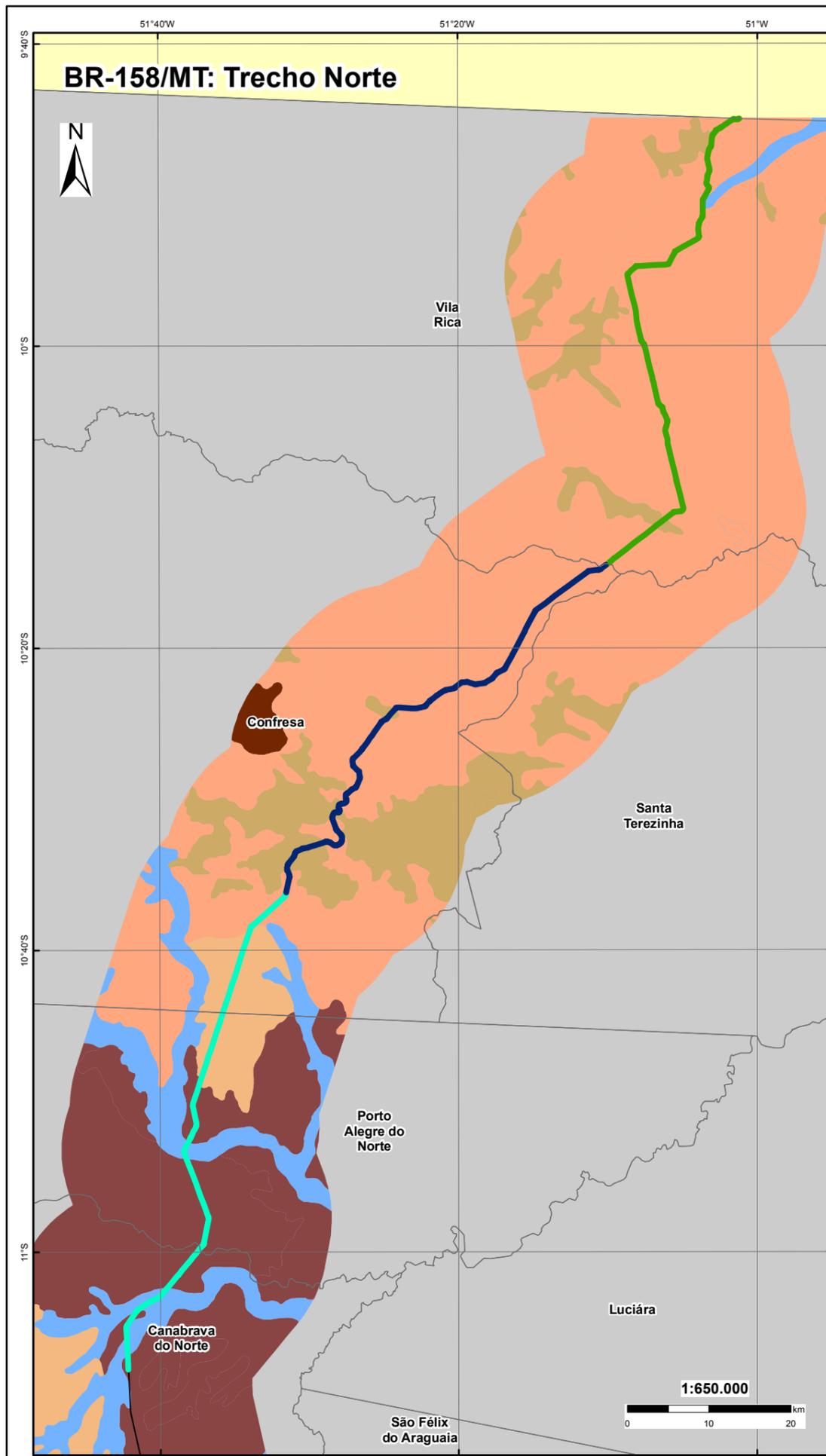
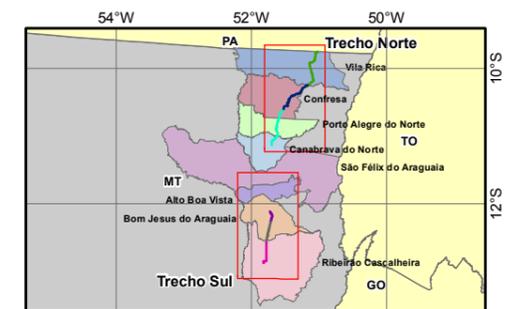
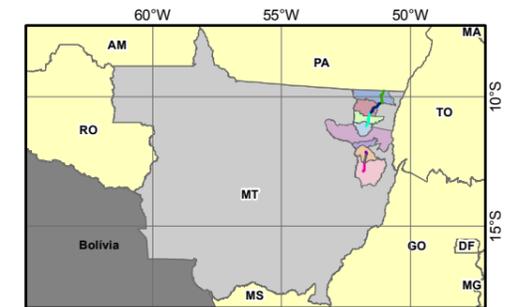


FIGURA 4: Mapa Pedológico



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

Classe de Solos:

- Areia Quartzosa distrófico
- Gley Pouco Húmido distrófico
- Laterita Hidromórfica distrófica
- Latossolo Vermelho escuro distrófico
- Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico
- Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico
- Solos Concrecionários distróficos
- Solos Litólicos distróficos

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

2.7.5 Classificação geotécnica dos materiais do subleito e terreno natural

A classificação geotécnica proposta para os materiais terrosos presentes no eixo da BR-158/MT foi realizada através da compilação dos resultados do estudo geotécnico do subleito e do terreno natural, presentes nos relatórios do Projeto Executivo de Engenharia para a Construção da BR-158/MT, elaborado pela empresa Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005). Os materiais foram classificados segundo a sugestão da *Highway Research Board-HRB* adotada pela *American Association State Highway Officials-AASHTO* e agrupados em segmentos homogêneos em função das variações do solo.

No projeto de estradas é feito um alinhamento por onde será construída a rodovia, onde ao longo do trecho é realizado o estaqueamento. O termo estaqueamento se deve ao fato de se implantar no terreno estacas cravadas no chão. Neste projeto a distância entre as estacas é de 20 metros umas das outras (DIREÇÃO, CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA, 2005). Sendo assim, os projetos elaborados para a rodovia em questão se referem ao estaqueamento realizado no trecho e à futura quilometragem que a rodovia terá.

Após análise do documento, no total, foram classificados nove tipos de solo, que apresentam composição conforme descrito na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação e composição dos solos existentes nos trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

CLASSIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO
A-1-b	Solos granulares constituídos de uma mistura bem graduada de pedra, pedregulho, areia grossa e média com ou sem ligante.
A-2-4	Solos granulares com finos que contém grande variedade de frações granulométricas, constituído de pedregulho e areia grossa bem graduados contendo material cimentante formado por finos siltosos de baixa compressibilidade.
A-2-6	Solos granulares com finos que contém grande variedade de frações granulométricas, constituído de pedregulho e areia grossa bem graduados contendo material cimentante formado por finos argilosos de média plasticidade.
A-2-7	Solos granulares com finos contendo grande variedade de frações granulométricas, constituído de pedregulho e areia grossa bem graduados contendo material cimentante formado por finos argilosos de alta plasticidade
A-4	Solos finos constituídos predominantemente de silte com pequena quantidade de material grosso e de argila.
A-6	São argilas siltosas com pouco ou nenhum material grosso.
A-7-5	Classe formada por argilas plásticas com presença de matéria orgânica (alta compressibilidade)
A-7-6	Classe constituída por argilas plásticas com presença de matéria orgânica.
A-3	Solo constituído de areias finas.

Fonte: Adaptado de Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005a,b,c,d,e,f).

Destaca-se que os volumes dos projetos executivos do trecho Norte dividem a

classificação dos solos em segmentos e os projetos do trecho Sul apenas por estaqueamento e extensão. A seguir é apresentada a síntese da classificação apresentada pela Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005) para cada lote construtivo da BR-158/MT.

2.7.5.1 Trecho Norte

Lote 1A

O Lote 1A foi dividido em quatro segmentos homogêneos. O segmento 1, compreendido entre as estacas 0+00 e 1130+00 e com 22,6 km, apresenta predomínio de solos granulares sem finos e com finos, sendo classificados como A-1-b, A-2-4, A-2-6, A-4 e A-6. O segmento 2, compreendido entre as estacas 1130+00 1881+00 e com 15 km, apresenta solos semelhantes ao segmento 1 e são classificados como A-2-4, A-2-6 e A-6. O segmento 3, compreendido entre as estacas 1960+00 2860+00 e com 18 km, apresenta solos semelhantes ao segmento 2 e classificados como A-1-b, A-2-4 e A-2-6 e A-6. O segmento 4 compreendido entre as estacas 2860+00 3457+05 e com 19,945 km apresenta solos semelhantes ao segmento 3 e classificados como A-1-b, A-2-4 e A-2-6 e A-6.

A Tabela 8 apresenta o resumo dos segmentos de solo encontrados no Lote 1A, situado no Trecho Norte da rodovia.

Tabela 8 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 1A.

SEGMENTO N°	ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
	INICIAL	FINAL		
1	0	1.130	22,6	A-1-b; A-2-4; A-2-6; A-4; A-6
2	1.130	1.881	15,02	A-2-4; A-2-6; A-6
3	1.960	2.860	18	A-1-b; A-2-4; A-2-6; A-6
4	2.860	3.457 + 5,00	11,945	A-1-b; A-2-4; A-2-6; A-6

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005a).

Lote 1B

O Lote 1B foi dividido em quatro segmentos homogêneos. O segmento 1, compreendido entre as estacas 3457+05 e 4400+00 e com 18,855 km, apresenta solos granulares e finos, classificados como A-2-4, A-2-6 e A-6. O segmento 2, compreendido entre as estacas 4400+00 5200+00 e com 16 km, apresenta solos granulares e finos, classificados como A-2-4, A-6 e solo A-7-6. O segmento 3, compreendido entre as estacas 5200+00 6200+00 e com 20 km, apresenta

solos semelhantes ao segmento 2 e classificados como A-2-4, A-2-6, A-2-7 e A-6. O segmento 4, compreendido entre as estacas 6200+00 6756+10 e com 11,130 km, apresenta solos semelhantes ao segmento 3 e classificados como A-2-4, A-2-6, A-4 e A-6.

A Tabela 9 apresenta os segmentos de solo encontrados no Lote 1B, situado no Trecho Norte da rodovia.

Tabela 9 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 1B.

SEGMENTO N°	ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
	INICIAL	FINAL		
1	3457+05,00	4400	18.855	A-2-4; A-2-6; A-6
2	4400	5200	16.000	A-2-4; A-6; A-7-6
3	5200	6200	20.000	A-2-4; A-2-6; A-2-7; A-6
4	6200	6756+10,00	11.130	A-2-4; A-2-6; A-4; A-6

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005b).

Lote 2A

O Lote 2A foi dividido em três segmentos homogêneos. O segmento 1, compreendido entre as estacas 6756+10 e 7900+00 e com 22,87 km, apresenta solos classificados como A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-6 e A-7-6. O segmento 2 compreendido entre as estacas 7900+00 e 8900+00 e com 20 km apresenta solos classificados como A-2-4, A-2-6 e A-6. O segmento 3 compreendido entre as estacas 8900+00 e 1058+00 e com 23,16 km apresenta solos classificados como A-1-b, A-2-4, A-4 e A-6.

A Tabela 10 apresenta os segmentos de solo encontrados no Lote 2A, situado no Trecho Norte da rodovia.

Tabela 10 - Segmentos de solos homogêneos para o Lote 2A.

SEGMENTO N°	ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
	INICIAL	FINAL		
1	6756+10,00	7900	22,87	A-2-4;A-2-6;A-2-7;A-6;A-7-6
2	7900	8900	20	A-2-4; A-2-6; A-6
3	8900	10058	23,16	A-1-b; A-2-4; A-4; A-6

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005c).

2.7.5.2 Trecho Sul

Segmento-2

O Segmento-2 do Trecho Sul está compreendido entre as estacas 1760+00 e 3515+00 (km 305,00 – km 340,00) e com 35 km de extensão tem predominância de solos classificados como A-4. Ocorrem também solos classificados como A-6, A-7-5 e A-7-6. Os solos granulares que ocorrem no Segmento 2 foram classificados como A-2-4 e A-2-6.

A Tabela 11 apresenta o resumo dos segmentos de solo encontrados no Segmento 2, situado no Trecho Sul da rodovia.

Tabela 11 - Solos homogêneos existentes no Segmento 2.

ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
INICIAL	FINAL		
1760+00	3515+00	35	A-4; A-6; A-7-5; A-7-6; A-2-4; A-2-6

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005d).

Segmento-3

O Segmento-3 do Trecho Sul está compreendido entre as estacas 3515+00 e 615+00, (com a estaca 00+00=5048+00) e entre o km 340,00 – km 375,10 contém 35,10 km de extensão. Entre as estacas 3515+00 e 3730+00 os solos foram classificados como A-4. Ocorrem também solos classificados como A-6, A-2-4, A-2-6, A-7-5 e A-7-6.

Entre as estacas 3730+00 e 4205+00 ocorrem solos da classe A-2-4 e, no final desse segmento, entre as estacas 4205+00 e 615+00, predominam solos granulares da classe A-2-4, seguido de solos finos da classe A-4, além de solos da classe A-3 e A-6.

A Tabela 12 apresenta o resumo dos segmentos de solo encontrados no Segmento 3, situado no Trecho Sul da rodovia.

Tabela 12 - Solos homogêneos existentes no Segmento 3.

ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
INICIAL	FINAL		
3515+00	3730+00	4,3	A4, A-6, A-2-4, A-2-6, A-7-5 e A-7-6
3730+00	4205+00	9,5	A-2-4
4205+00	615+00	21,32	A-2-4 A-3 e A6

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005e).

Segmento-4

O Segmento-4 do Trecho Sul está compreendido entre as estacas 615+00 e 2.504+10,24

e entre o km 375,1 – km 412,9, contendo 37,8 km de extensão. Entre as estacas 615+00 e 1125+00, ocorre predominância de solos classificados como A-2-4, seguido de solos da classe A-4 e A-6. A partir da estaca 1.125+00 até a 1.570+00 predominam solos finos da classe A-4 e A-6. Entre as estacas 1570+00 e 1770+00 predominam solos granulares da classe A-2-4, seguido de solos finos das classes A-4 e A-6. Entre as estacas 1785+00 e 2330+00 ocorrem solos granulares da classe A-2-4. O trecho final do Segmento-4 entre as estacas 2330+00 e 2504+10,24 ocorrem solos granulares da classe A-2-4 e solos finos da classe A-4.

A Tabela 13 apresenta o resumo dos segmentos de solo encontrados no Segmento 4, situado no Trecho Sul da rodovia.

Tabela 13 - Segmentos de solos homogêneos para o Segmento 4.

ESTACAS		EXTENSÃO (km)	SOLOS PREDOMINANTES
INICIAL	FINAL		
615	795+00	3,6	A-2-4
795+00	1125+00	6,6	A-2-4; A-4; A-6
1125+00	1570+00	8,9	A-4; A-6
1570+00	1770+00	4	A-2-4, A-4; A-6.
1770+00	2330+00	11,2	A-2-4
2330+00	2504+10,24	3,490	A-2-4 e A-4

Fonte: Direção, Consultoria e Engenharia Ltda. (2005f).

2.7.6 Caracterização do clima

A caracterização do clima foi extraída do EIA elaborado pela Ecoplan Engenharia (2007b), tendo como metodologia para classificação pesquisas nas estações meteorológicas e postos pluviométricos da região, utilização das reanálises NOAA/NCEP, fontes secundárias, como as informações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Agência Nacional das Águas (ANA) e do Projeto RADAMBRASIL.

Segundo a Ecoplan Engenharia (2007b), as principais características climáticas na área são as temperaturas médias elevadas (24,4 a 25,7 °C) e a precipitação pluviométrica (1.300 a 1.800 mm) concentrada nos meses de novembro a março, com período seco bem configurado (maio a setembro). As chuvas de verão geralmente são torrenciais e concentradas. Esta característica tem implicações nos processos erosivos que são intensificados pela água de escoamento superficial. O período seco é caracterizado pela estabilidade do ar e volume médio mensal de precipitação inferior a 60 mm.

Segundo a chave de classificação climática de Köppen, as características climáticas da

área de estudo apontam para o tipo climático Aw. Este tipo climático se caracteriza pela tropicalidade e pela existência de uma estação seca definida (no inverno astronômico).

Na Figura 5 é apresentado o mapa de clima dos trechos em estudo, visando facilitar a comparação do tipo de clima existente em ambos os trechos. Na imagem é possível observar que no trecho Norte há menos meses de estiagem do que no Sul.

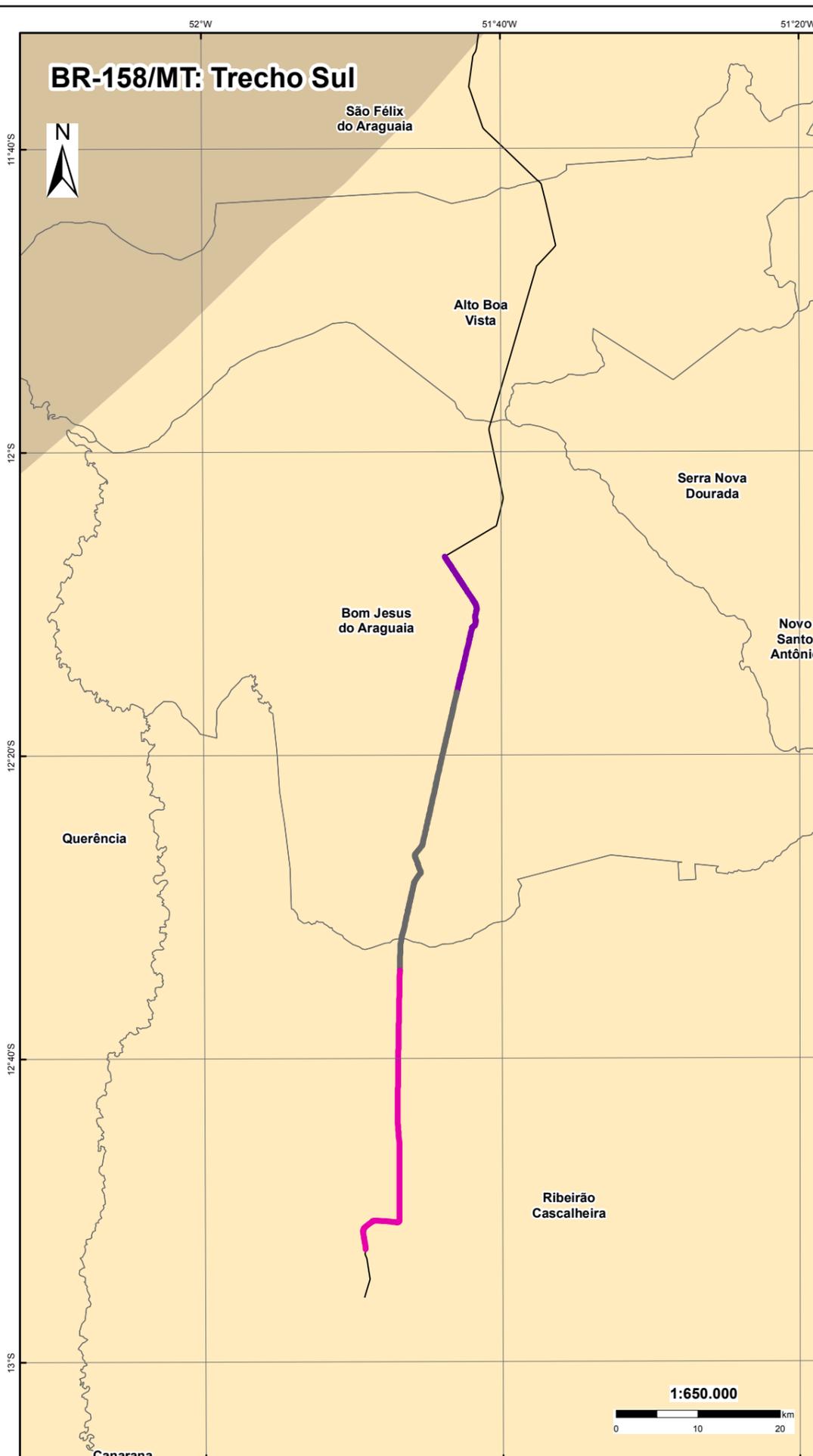
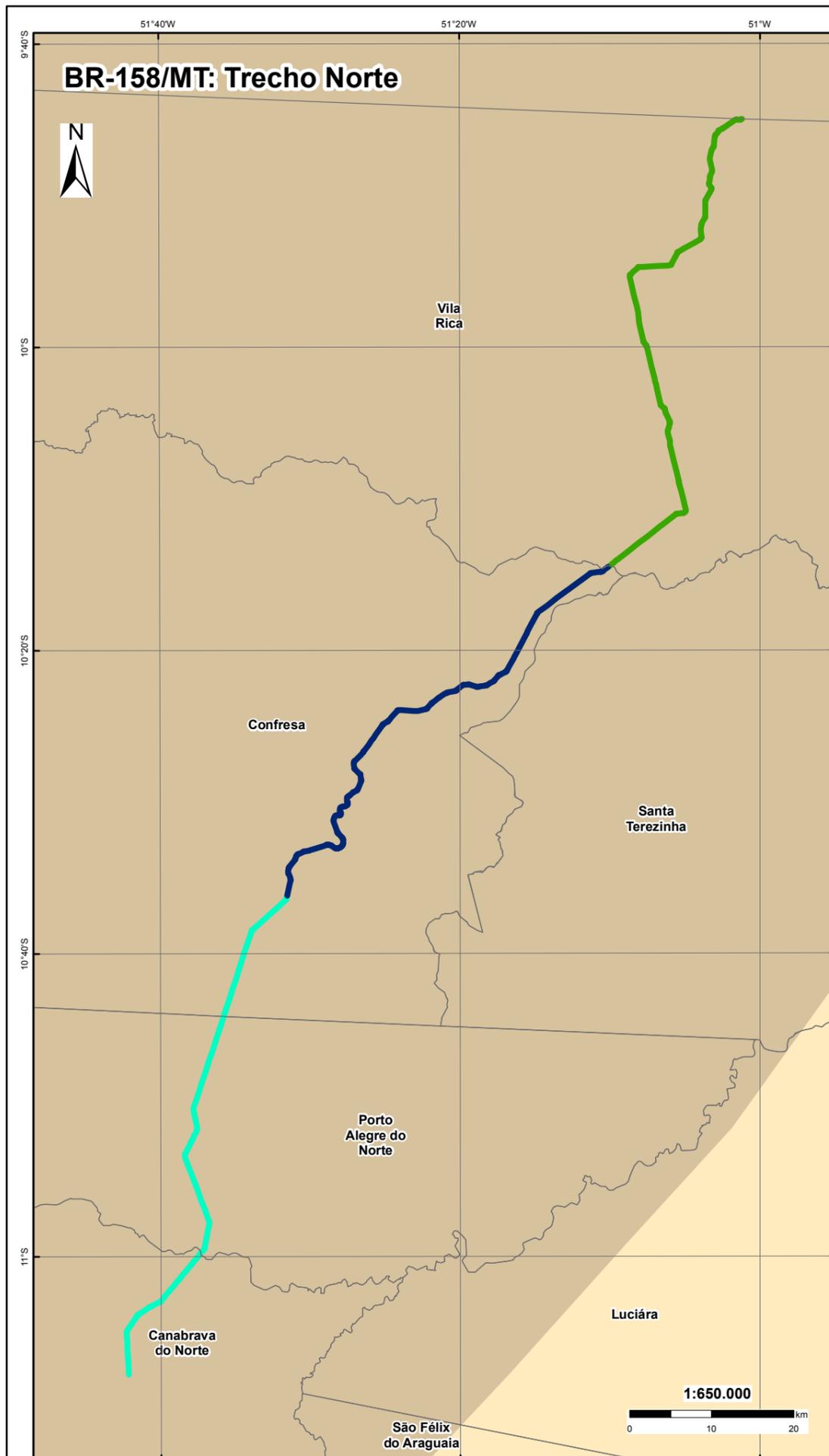
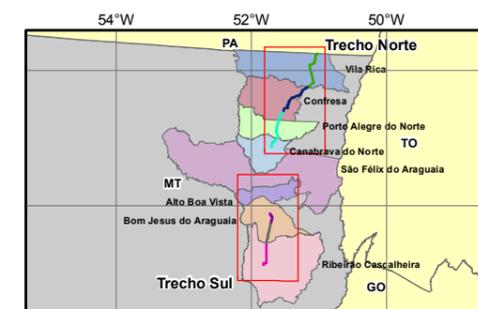
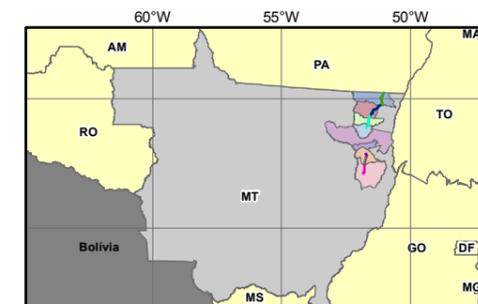


FIGURA 5: Mapa de Clima



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

Tipo de Clima:

Úmido:
Com 3 meses secos
Temperatura média > 18° C em todos os meses

Semi-Úmido:
Com 4 a 5 meses de seca
Temperatura média > 18° C em todos os meses

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

2.7.7 Caracterização da vegetação

A caracterização do clima foi extraída do EIA elaborado pela Ecoplan Engenharia (2007b), tendo como metodologia para classificação *in loco* e pesquisas em dados secundários como Projeto RADAMBRASIL e dados do IBGE.

O contato entre floras e vegetações distintas, ligadas a províncias fitogeográficas distintas (Cerrado e Amazônia), resulta numa variedade de fisionomias vegetais naturais, acrescidas de outras, de origem antrópica, tipificando fases sucessionais. Em nível de detalhe, o conjunto de fitofisionomias da área, considerando tanto a vegetação potencial como a atual, resulta num mosaico de difícil interpretação.

A área em estudo localiza-se no interflúvio entre os rios Xingu e Araguaia e atualmente encontra-se fortemente antropizada devido à expansão de atividades agropecuárias a partir de um passado relativamente recente. No início do trecho Norte é possível observar o predomínio de Floresta Submontana com Cipó com incidências de agropecuária e pastagem. Ao sul do município de Vila Rica há uma ocorrência pequena de Parque com Floresta-de-Galeria e uma ampla área de Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente, com incidência de agropecuária pastagem. A partir da metade do Lote 01B há predomínio de Cerrado Arbórea Densa, com ocorrência de Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente. A partir do Lote 02A predomina o tipo Arbórea Aberta com Floresta-de-Galeria com surgência de Floresta Aberta Submontana com Palmeira até o município de Canabrava do Norte.

Em relação ao trecho Sul, em sua totalidade há predomínio de Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente, com muitas ocorrências de agropecuária pastagem. Há, também alguns registros de Influência Fluvial, arbustiva sem palmeira ao norte e Cerrado Arbórea Aberta com Floresta-de-Galeria ao sul do trecho.

Em linhas gerais, observa-se mais regiões antropizadas (agropecuária pastagens) no trecho sul, tornando a região mais vulnerável a incidências de processos erosivos.

Na Figura 6 é apresentado o mapa contendo o mosaico de vegetação encontrada nos Trechos Norte e Sul da BR-158/MT.

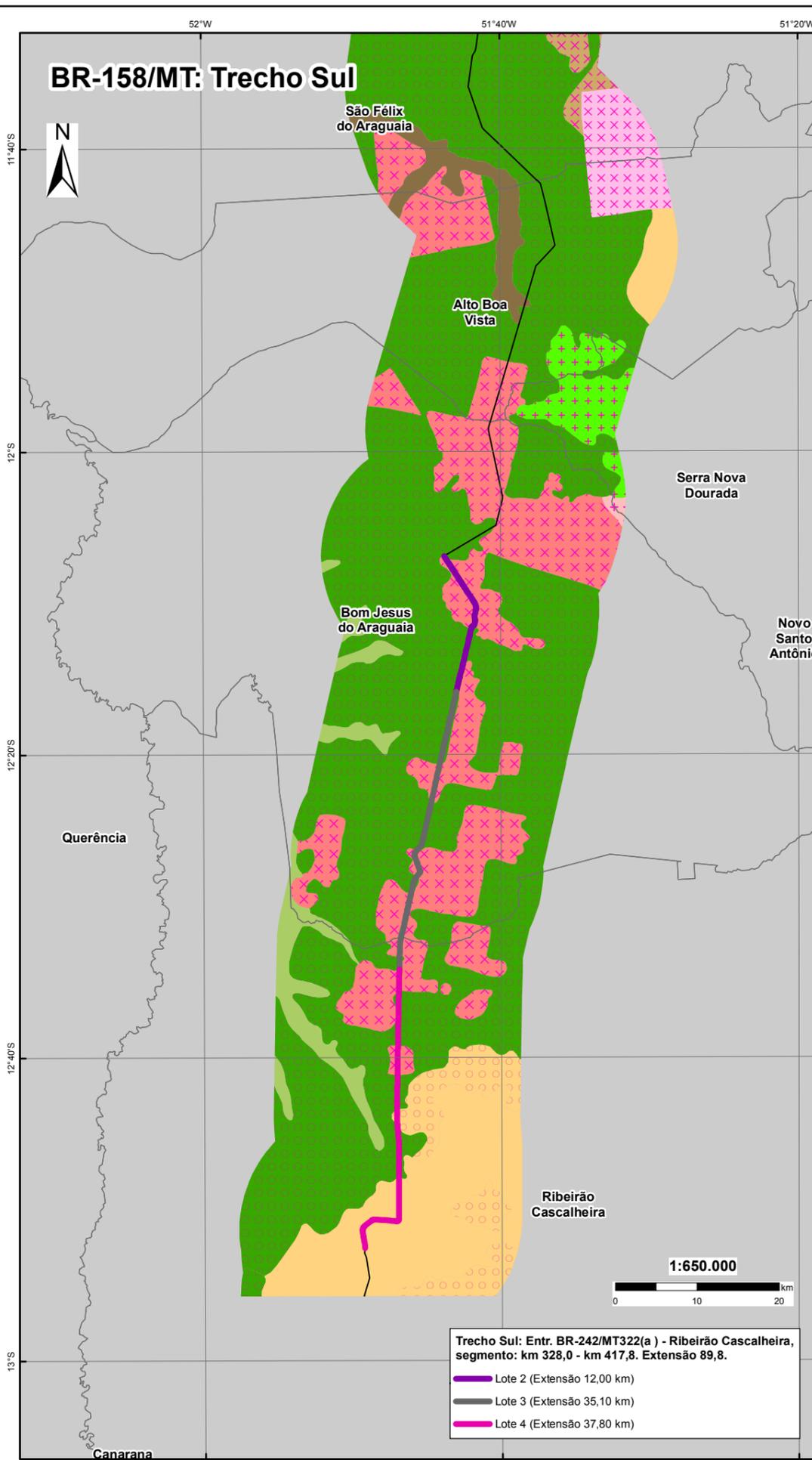
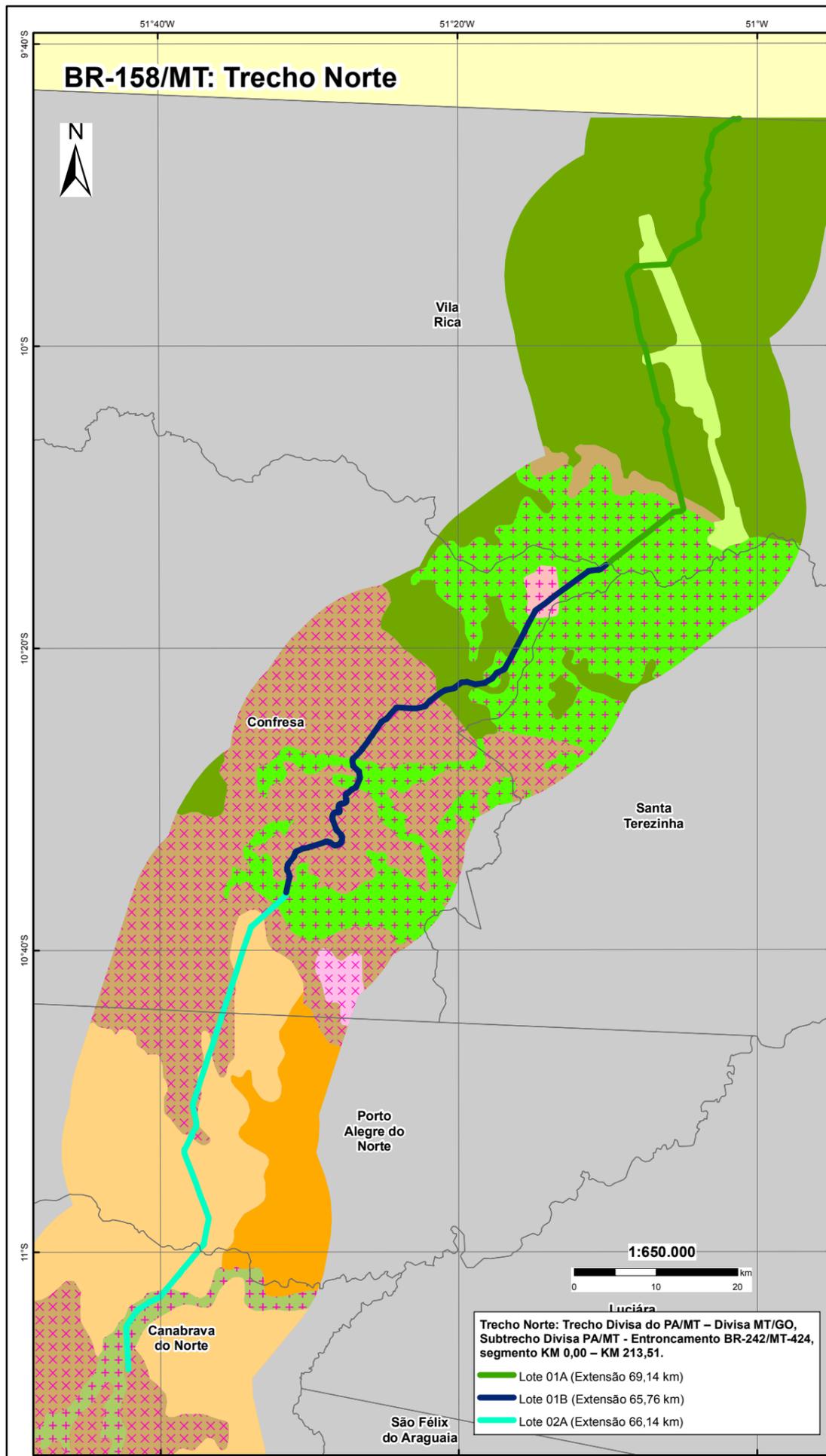
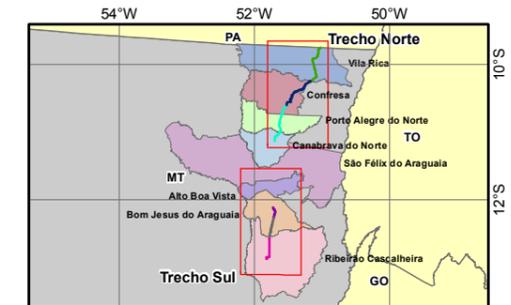
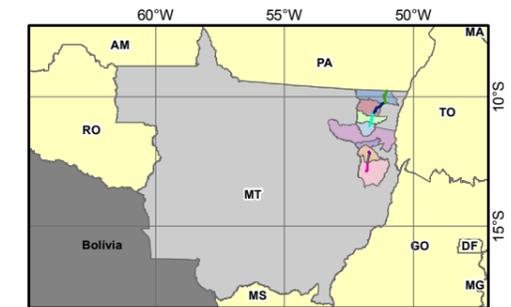


FIGURA 6: Mapa da Vegetação



Localização:



Legenda:

- Cobertura Vegetal:**
- Cerrado**
- Arbórea Densa
 - Arbórea Arbera com Floresta-de-Galeria
 - Parque com Floresta-de-Galeria
- Floresta Ombrófila Aberta**
- Floresta Submontana com Cipó
 - Agropecuária Pastagem
- Floresta Estacional Semidecidual**
- Floresta Aluvial com Dossel emergente
- Área das Formações Pioneiras**
- Influência Fluvial, Arbustiva sem Palmeira
- Área de Contato (Tensão Ecológica)**
- Floresta Ombrófila/Floresta Estacional**
- Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente
 - Agropecuária Pastagem
- Cerrado/Floresta Estacional**
- Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente
 - Ecotono
 - Cerrado Arbórea Aberta com Floresta-de-Galeria
 - Agropecuária Pastagem
- Cerrado/Floresta Ombrófila**
- Floresta Aberta Submontana com Palmeira
 - Cerrado Arbórea Densa
 - Agropecuária Pastagem

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

2.7.8 *Fragilidade ambiental dos trechos*

Segundo o EIA elaborado pela Ecoplan Engenharia (2007b), para elaboração do mapa de fragilidade ambiental foi realizado o cruzamento (em ambiente SIG) dos seguintes temas: índice de dissecação (tendo como subsídio o diagnóstico geomorfológico), solos, geologia, cobertura vegetal (tendo como subsídio o diagnóstico de uso do solo) e precipitação (tendo como subsídio o diagnóstico climático).

Após a elaboração das cartas georreferenciadas e definição das categorias, foi realizado o cruzamento das informações, de modo a gerar o mapa de fragilidade ambiental. São cinco as categorias de fragilidade oriundas da média aritmética das classes definidas nos temas citados. No caso em questão, adotou-se como critério para definição de um produto final a média aritmética entre os índices de cada um dos temas do meio físico. A partir da intersecção dos planos de informação supracitados foi determinada a fragilidade ambiental para a Área de Influência Indireta (AII).

Analisando o mapa de fragilidade ambiental, verificam-se três padrões predominantes. Em relação ao trecho Norte, especificamente ao norte de Confresa, identifica-se uma área hierarquizada como de fragilidade baixa, com algumas manchas de fragilidade muito baixa. Nas imediações de Vila Rica tem-se uma área onde predomina a classe de fragilidade média. Ao Sul de Confresa, até a cidade de Porto Alegre do Norte, tem-se um mosaico de categorias de fragilidade baixa, média e forte. Ao sul dessa área predominam áreas de fragilidade média e baixa.

No trecho Sul de São Félix do Araguaia ao Norte de Bom Jesus do Araguaia há predomínio da classificação média, com aparecimento de classificação forte. A partir deste município predomina a fragilidade alta e em menor quantidade de média com surgimento pontuais de baixa.

Na Figura 7 é apresentado o mapa de fragilidade ambiental, sendo possível comparar as áreas mais suscetíveis ambientalmente em ambos os trechos.

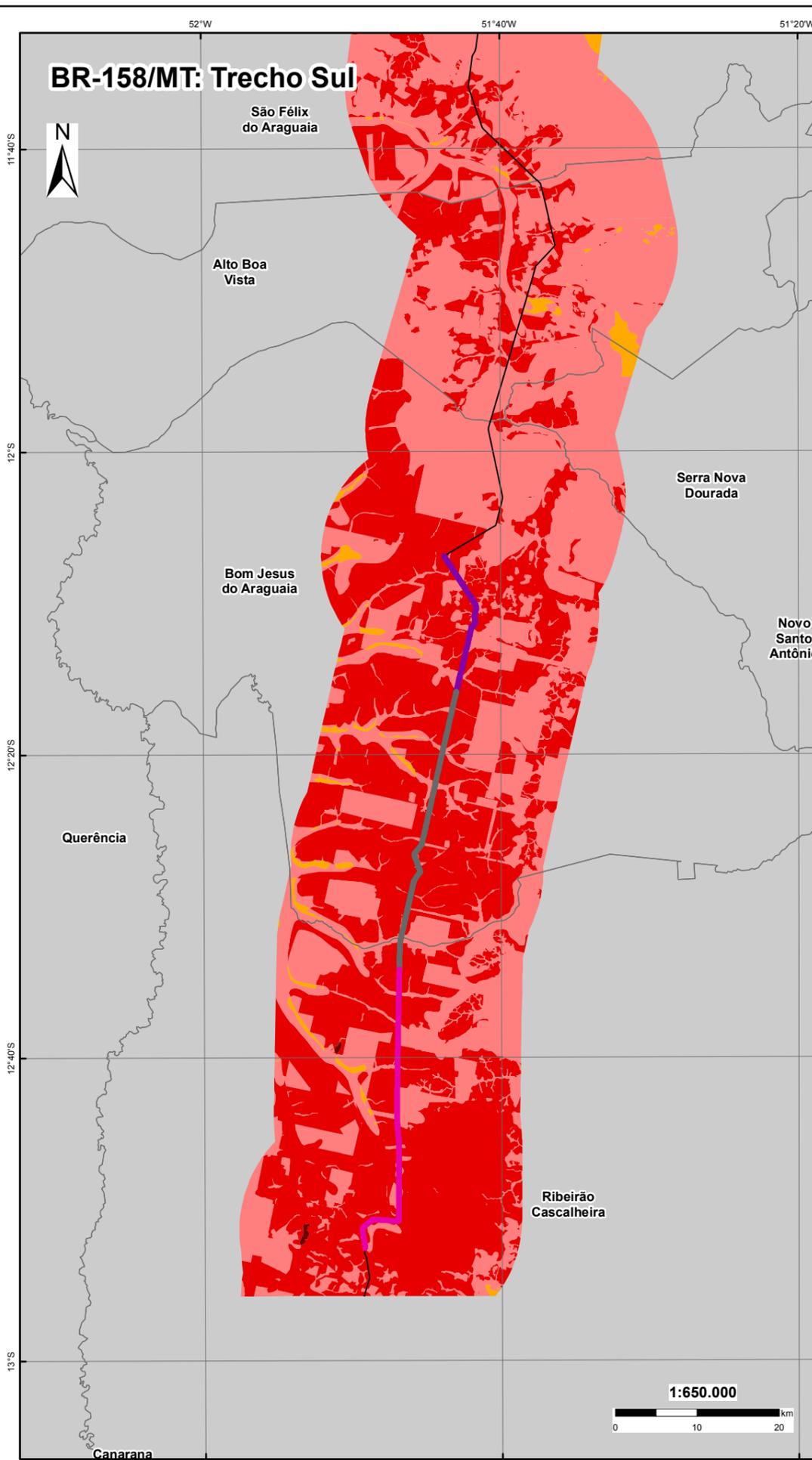
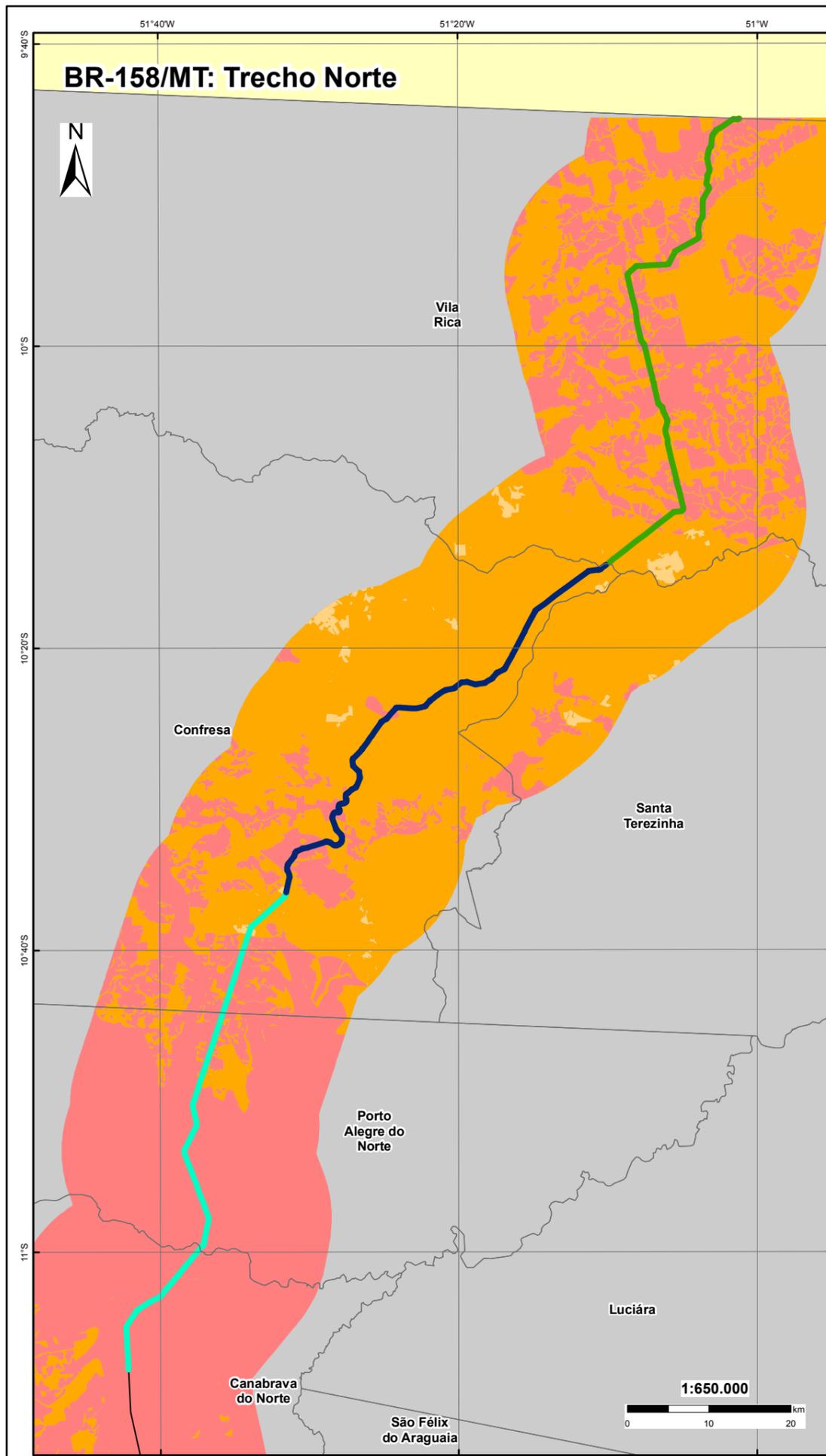
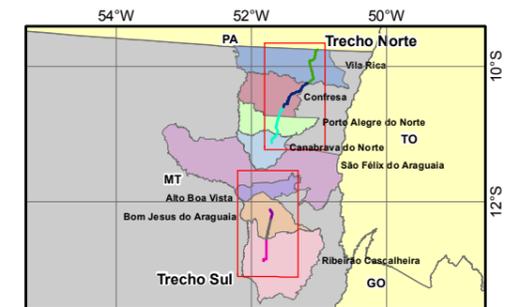
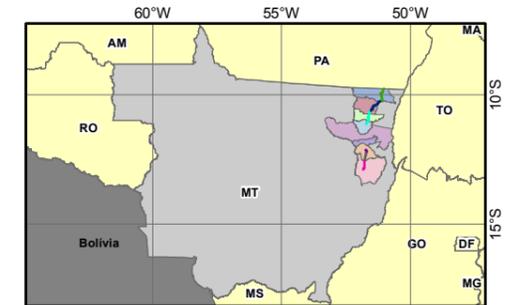


FIGURA 7: Mapa de Fragilidade Ambiental



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

Fragilidade Ambiental:

- 1 - Muito Baixa
- 2 - Baixa
- 3 - Média
- 4 - Forte
- 5 - Muito Forte

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

3 METODOLOGIA

3.1 Realização de vistorias em ambos os trechos

Em julho de 2010 foi realizada uma vistoria técnica juntamente com uma equipe multidisciplinar em ambos os trechos da BR-158/MT. Durante esta atividade foi possível conhecer a região em que a rodovia está inserida, acompanhar as obras de pavimentação e avaliar os processos erosivos existentes no período.

3.2 Fontes dos dados secundários

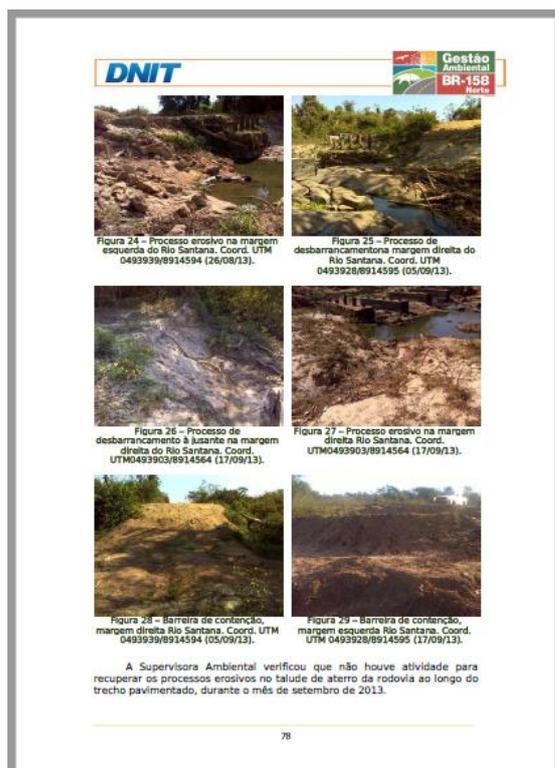
Para realizar a avaliação do comportamento dos processos erosivos existentes nos dois trechos da rodovia BR-158/MT foram utilizados os dados apresentados nos documentos elaborados para atender o processo de licenciamento ambiental junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e durante a gestão ambiental da rodovia. O Estudo de Impacto Ambiental - EIA, concluído em 2007 e elaborado pela Ecoplan Engenharia para concessão da Licença Prévia (LP), engloba ambos os trechos e apresenta o diagnóstico detalhado das regiões interceptadas pela rodovia, tendo fornecido as informações utilizadas para caracterizar a área de estudo neste trabalho e compiladas na Tabela 14.

Após a emissão da Licença de Instalação (LI), iniciaram-se as obras de pavimentação da rodovia. Concomitantemente às obras, começaram as atividades da Gestão Ambiental, responsável por acompanhar e fiscalizar todas as atividades realizadas pelas construtoras, cuja responsabilidade também é da empresa Ecoplan Engenharia. Também é atribuição desta Gestora Ambiental a execução dos programas ambientais apresentados nos Planos Básicos Ambientais (PBA), documentos avaliados e autorizados pelo IBAMA. Nestes documentos destaca-se Subprograma de Levantamento e Recuperação de Passivos Ambientais, o qual propõe soluções técnicas mais adequadas para áreas degradadas, constituídas por passivos ambientais deflagrados pela construção e construção da rodovia, ou mesmo por atividades antrópicas.

Durante a realização da Gestão Ambiental, é escopo da Ecoplan Engenharia a elaboração de relatórios mensais apresentando as atividades realizadas pelas equipes técnicas, os quais são encaminhados ao DNIT e Secretaria de Estado de Transporte e Pavimentação Urbana do Estado do Mato Grosso (SETPU-MT). Estes documentos têm como premissa acompanhar e avaliar o andamento das obras e atividades realizadas pela Ecoplan Engenharia durante as obras de

pavimentação. Para este estudo, foram utilizados como subsídios os relatórios mensais 40 e 41, sendo extraídas as informações referentes aos processos erosivos registrados no período de agosto a setembro de 2013, período equivalente ao levantamento das ocorrências registradas no Trecho Norte. As informações utilizadas neste estudo estão apresentadas em formato de relatório fotográfico. A Figura 8 apresenta um exemplo do material utilizado como subsídio para identificação e caracterização dos processos erosivos no Trecho Norte. No total, foram identificados 23, conforme detalhadas na Tabela 15.

Figura 8 – Exemplo do material extraído do relatório mensal 40, Trecho Norte.



Especificamente para o Trecho Sul, para complementar a compilação dos dados utilizados neste estudo, foram extraídas informações do Projeto Executivo de Engenharia para Reabilitação de Áreas Degradadas da BR 158/MT, elaborado apenas para este trecho em fevereiro de 2015, também pela Ecoplan Engenharia. Este material foi produzido pela empresa, devido às obras do trecho sul terem sido concluídas e terem sido observados uma série de processos erosivos ao longo da rodovia. Neste documento foram cadastradas 63 ocorrências no período de agosto a setembro de 2013, as quais aguardam sua recuperação, sendo destacado que os principais problemas encontrados são: erosão, instabilidade de taludes e falta de cobertura vegetal. As informações utilizadas neste estudo estão apresentadas em formato de tabela, onde em cada uma possui as descrições, soluções, áreas e extensões de cada ocorrência ambiental a ser recuperada. A Figura 9 apresenta um exemplo do material utilizado como

subsídio para identificação e caracterização dos processos erosivos no Trecho Sul. Para este estudo, foram selecionadas 36 ocorrências apresentadas, as quais se referem a processos erosivos, conforme apresentado na Tabela 16.

Figura 9 – Exemplo do material extraído do Projeto Executivo de Engenharia para Reabilitação de Áreas Degradadas, Trecho Sul.

DNIT SETPU		Projeto Executivo de Engenharia para Reabilitação de Áreas Degradadas	
Ocorrência-02			
Localização:	Km: 328		
Coordenadas:	Ep: 424181	N: 8654974	
Lado da pista:	Esquerdo		
			
<p>Descrição da ocorrência:</p> <p>Presença de erosões no talude e faixa de domínio causando assoreamento do curso hídrico na parte inferior do terreno. Detalhar melhor o problema, incluindo informações detalhadas sobre as causas e situação de degradação atual.</p>			
<p>Descrição resumida da solução a ser adotada:</p> <p>Terraplenagem executada para <u>reconformar</u> o terreno (Taludes 1:1,5). A executar.</p> <p>Será feito o desassoreamento no curso hídrico.</p> <p>Será executado dispositivo de amortecimento com <u>enrocamento</u> e sacos de solo cimento.</p> <p>Execução de Revestimento Vegetal – Plantio de Mudas.</p> <p>Não será necessário o desassoreamento do bueiro.</p>			

Através dos relatórios de Andamento Mensal, elaborados pela Gestora Ambiental, também foi possível realizar o acompanhamento das obras de pavimentação, visando identificar quais lotes permanecem em obras ou tiveram suas atividades paralisadas ou concluídas. Essa informação é de suma importância para este trabalho, uma vez que quando as atividades são interrompidas ou a área não é devidamente recuperada, o solo permanece exposto, suscetível ao surgimento de processos erosivos ou a intensificação dos mesmos.

Sendo assim, o levantamento dos processos existentes durante e posteriormente as obras de pavimentação da rodovia, foi realizado com base nos documentos supracitados, elaborados durante o processo de licenciamento ambiental, não sendo realizada vistorias *in loco* para identificação dos mesmos. As erosões foram catalogadas juntamente com a sua coordenada geográfica no intuito de situar no mapa sua localização e assim poder avaliar as condições ambientais dos locais em que as mesmas estão situadas.

3.3 Elaboração de mapas

Com base nos dados secundários, foram elaborados mapas de localização, geologia, solo, clima, vegetação e fragilidade ambiental visando subsidiar a análise do meio físico de ambos os trechos. Posteriormente, foi realizada uma compilação dos processos erosivos existentes durante e posteriormente ao início das obras, no intuito de mapeá-los, visando identificar a localização dos mesmos. Cabe ressaltar que nos relatórios utilizados como subsídios, eram apresentadas as coordenadas geográficas de cada erosão registrada, sendo possível mapeá-las.

Estes pontos de erosão foram sobrepostos aos mapas de classificação geológica, pedológica, vegetação e fragilidade, para que fosse possível avaliar as características dos locais que apresentam os processos erosivos e assim buscar entender a sua ocorrência nestes locais.

A construção dos mapas temáticos passou, primeiramente, pelo levantamento de material cartográfico e de sensoriamento remoto, que foram trabalhados em escritório com *software* especializado em geoprocessamento. A base cartográfica vetorial com elementos como hidrografia, sistema de transporte, limite municipal e estadual (entre outros), foram obtidos junto à empresa Ecoplan Engenharia Ltda. A base cartográfica temática (geologia, pedologia, vegetação e fragilidade ambiental) também foi cedida por esta empresa.

Para tratamento e elaboração dos dados e análises espaciais, além da confecção e edição dos mapas, foi utilizado o aplicativo de Sistema de Informações Geográficas ArcGis 10.2. Assim, foi criado um banco de dados geográficos que comporta todas as informações vetoriais e matriciais produzidas para o estudo em questão. Os dados produzidos (raster e tabelas, por exemplo) estão organizados de acordo com as fontes e tipos de arquivos, formando a estrutura final do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Na elaboração das tabelas e quadros (confecção dos mapas) foi utilizado os aplicativos Access e Excel do Microsoft Office 2010.

Os mapas foram construídos em formato “.mxd” (tipo de arquivo base do ArcGis) onde é possível editar as informações e adequar visualmente o produto aos objetos proposto pela dissertação. Possuem escala de 1:650.000 sendo possível visualizar todas as informações necessárias em folha tamanho A3. Após essa etapa os mapas foram exportados em formato “.pdf” para interpretação e compilação da dissertação. Cabe destacar, que as ferramentas de geoprocessamento permitem que os mapas sejam editados (correções e acréscimos) sempre que necessário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às características físicas encontradas ao longo dos trechos, primeiramente foi realizada uma análise dos mapas temáticos apresentados anteriormente para observar as diferenças ambientais existentes entre os Lotes de construção. A Tabela 14 contém a síntese das características geológica, pedológica, geotécnica, climática, da vegetação e fragilidade ambiental existentes no Trecho Norte e Sul da BR-158/MT.

Para avaliar o comportamento das erosões registradas ao longo dos trechos, em relação às características ambientais dos locais em que estas estão inseridas, foram elaborados mapas de localização dos processos erosivos. As Tabelas 15 e 16 apresentam as descrições das erosões existentes nos Trecho Norte e Sul da BR-158/MT e as características ambientais dos locais em que as mesmas foram registradas.

Tabela 14 - Síntese das características físicas existentes no Trecho Norte e Sul da BR-158/MT.

LOTE CARACT.	TRECHO NORTE			TRECHO SUL		
	1A	1B	2A	2	3	4
Geologia	Quase sua totalidade corresponde ao Complexo Xingu e pequena área isolada ao norte a Aluviões Atuais	Quase sua totalidade corresponde ao Complexo Xingu com pequenas áreas isoladas ao sul do Grupo Iriri e Suíte Intrusiva Tarumã. No início do Lote, pequena área isolada de Aluviões Atuais.	Ao norte rochas do Complexo Xingu e em sua maioria formação Bananal com intercepções de Aluviões Atuais	Em quase sua totalidade o Lote está compreendido na Formação Salto das Nuvens e ao norte, Formação Utariiti.	Em quase sua totalidade, o lote está compreendido na Formação Utariiti, com intercepções isoladas de Aluviões Atuais.	Em quase sua totalidade, o lote está compreendido na Formação Utariiti, com intercepções isoladas de Aluviões Atuais. Ao sul, área pequena área isolada de Formação Salto das Nuvens.
Pedologia	Em sua totalidade o lote está compreendido em área de solo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico com intervenções pontuais de Gley Pouco Húmido Distrófico e solos Litólicos Distróficos.	Em sua totalidade o lote está compreendido em área de solo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico com intervenções pontuais de solos Litólicos Distróficos.	Ao norte, solo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico. Após, ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Ao sul, predominância de Laterita Hidromórfica Distrófica, com ocorrências de Gley Pouco Húmido Distrófico.	Em sua totalidade o lote está compreendido em solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com ocorrência de Latossolo Vermelho escuro distrófico.	Em sua totalidade o lote está compreendido em solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com intervenções de Gley Pouco Húmido Distrófico.	Em sua totalidade o lote está compreendido em solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Ao sul, pequenas áreas de Gley Pouco Húmido Distrófico e Areia Quartzosa distrófico.
Geotecnia	Predominância de A-1-b, A-2-4, A-2-6 e A-6	Predominância de A-2-4, A-2-6 e A-6.	Predominância de A-2-4, A-2-6, A-6.	Mistura de A-4, A-6, A-7-5, A-7-6, A-2-4 e A-2-6.	Predominância de A-6 e A-2-4.	Predominância de A-2-4, A-4 e A-6.
Clima	Úmido com três meses secos (junho a agosto)			Semiúmido, com quatro a cinco meses de seca (junho a setembro).		
Vegetação	Em quase sua totalidade, o lote está situado sobre área de Floresta Submontana com Cipo, com intercepções de Floresta Estacional Semidecidual do tipo Floresta Aluvial com Dossel Emergente e Área de Cerrado do tipo Arbórea Densa. Ao sul, área isolada de Floresta Aberta	Ao norte, área isolada de Floresta Aberta Submontana com Palmeira, com intervenção agropecuária/pastagem e Floresta Submontana com Cipo. Ao sul, cerrado arbóreo denso e Floresta Aberta Submontana com Palmeira.	O lote inicia em área de Floresta Aberta Submontana com Palmeira e cerrado arbóreo denso. Ao longo do lote há áreas de Cerrado arbórea Aberta com Floresta de Galeria, com intercepção de cerrado arbóreo denso e ao sul, área de Cerrado/Floresta Ombrófila do tipo	Ao norte, área de Agropecuária pastagem e ao sul Floresta semidecidual Submontana com Dossel Emergente, com áreas de Agropecuária pastagem.	Em sua totalidade, área de Floresta semidecidual Submontana com Dossel Emergente com intercepção de Agropecuária pastagem.	Inicia em área de Agropecuária pastagem e ao longo do lote é interceptada área de Floresta semidecidual Submontana com Dossel Emergente. Ao sul, área de Cerrado arbórea aberta com floresta de galeria.

LOTE CARACT.	TRECHO NORTE			TRECHO SUL		
	1A	1B	2A	2	3	4
	Submontana com Palmeira.		Aberta Submontana com Palmeira.			
Fragilidade Ambiental	Área mista de baixa e média fragilidade ambiental.	Área com predominância de baixa fragilidade, com pontos, mais ao sul, de áreas de média fragilidade ambiental.	Área com predominância de média fragilidade, com pontos, mais ao norte, de áreas de baixa fragilidade ambiental.	Área mista de forte e média fragilidade ambiental.	Área com predominância de forte fragilidade, com pontos distintos de áreas de média fragilidade ambiental.	Área com predominância de forte fragilidade, com pontos distintos de áreas de média fragilidade ambiental.

Fonte: Autoria própria (2015).

Tabela 15 - Descrição dos processos erosivos existentes no Trecho Norte da BR-158/MT e as características físicas dos locais em que foram registrados.

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
1	Processo erosivo e carregamento de material fino para o rio Santana.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência de terceiros.	Baixa/média
2	Solo exposto ao longo do talude de aterro, com início de processo erosivo.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos Distróficos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
3	Processo erosivo em talude da rodovia.	1A		Formação Gorotire, que é um conjunto de sucessões sedimentares que compreendem conglomerados e arenitos textural e mineralogicamente imaturos.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média
4	Processo erosivo avançado no talude da rodovia.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
5	Processo erosivo em área de empréstimo.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média
6	Deslizamento do talude de aterro.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
7	Vista do processo erosivo no talude do aterro.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média
8	Processo erosivo na margem direita do curso hídrico, com carreamento de material fino.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência de terceiros.	Baixa/média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
9	Processo erosivo na cabeceira da ponte Ribeirão Beleza.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média
10	Processo erosivo à jusante do bueiro.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
11	Vista do aterro no encabeçamento provisório sobre o Rio Crisóstomo.	1A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Aluvial com dossel emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média
12	Processo erosivo em talude de corte.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos Distróficos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa/média

N°	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
13	Reconformação dos processos erosivos instalados no talude de corte da rodovia.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos Distróficos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa
14	Reconformação dos processos erosivos instalados no talude de corte da rodovia.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo distrófico em transição de solos Litólicos Distróficos. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil, grande susceptibilidade à erosão.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Média/baixa

N°	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
15	Processos erosivos instalados no talude de corte da rodovia.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa
16	Processos erosivos instalados na faixa de domínio da rodovia.	1B		Grupo Iriri: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
17	Processos erosivos instalados na faixa de domínio da rodovia.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa
18	Via de acesso de propriedade lindeira apresentando processos erosivos.	1B		Grupo Iriri: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa

N°	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
19	Via de acesso de propriedade limdeira apresentando processos erosivos.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa
20	Obra de arte em via de acesso de propriedade limdeira apresentando assoreamento.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
21	Via de acesso de propriedade limdeira apresentando processos erosivos.	1B		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo. Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Baixa
22	Processo erosivo provocado por passivo ambiental	2A		Aluviões Atuais: são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água nos seus leitos e margens.	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Média

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
23	Processos erosivos à margem do rio.	2A		Complexo Xingu: rochas pouco friáveis.	Solo Podizólico Vermelho-Amarelo Ocorrência de cascalhos e fragmentos de rocha. Suscetível à erosão conforme maior declividade do terreno.	Cerrado Arbórea Densa. Sofreu interferência da obra (localizada na faixa de domínio).	Média

*Todas as áreas informadas sofreram alteração seja pela obra ou por terceiros.

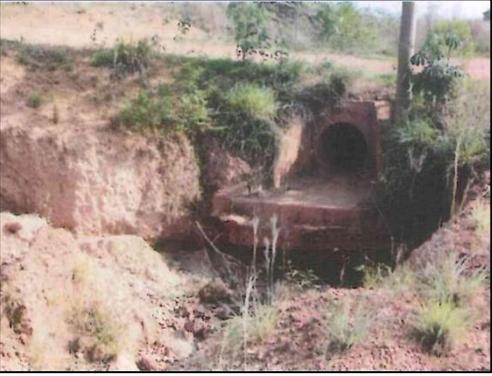
Fonte: Adaptado de Ecoplan Engenharia Ltda. (2013a,b).

Tabela 16 - Descrição dos processos erosivos existentes no Trecho Sul da BR-158/MT e as características físicas dos locais em que foram registrados.

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
1	Presença de erosão em estágio avançado na faixa de domínio	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
2	Presença de erosões no talude e faixa de domínio causando assoreamento do curso hídrico na parte inferior do terreno.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
3	Processo erosivo extenso, em terreno inclinado, causando assoreamento do corpo hídrico e com bueiro entupido na parte inferior do terreno.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
4	Faixa de domínio sem cobertura vegetal, com solo aparentemente compactado apresentando processo erosivo em estágio inicial.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
5	Processo erosivo na faixa de domínio ocasionado pela água da chuva oriunda da rodovia. Local aparentemente estável com regeneração natural.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
6	Área degradada com os terraços construídos anteriormente parcialmente rompidos e erosão na extremidade inferior do talude.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
7	Processo erosivo intenso comprometendo o bueiro instalado na entrada de propriedade limdeira.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
8	Local aparentemente estável, com pequeno processo erosivo no bordo inferior do talude.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
9	Área de apoio sem cobertura vegetal com presença de pequenos processos erosivos (ravinas)	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
10	Erosão avançada com cerca de 3,5 metros de altura. Talude instável.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
11	Área de empréstimo sem cobertura vegetal, com início de processos erosivos em sulco.	02		Formação Salto das Nuvens. É composta de basaltos da Formação Tapirapuã; os sedimentos deposicionais nesse ambiente se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais do que de fatores eólicos.	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
12	Área de empréstimo parcialmente recuperada. Apresenta pontos sem cobertura vegetal e pequenos processos erosivos.	02		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
13	Área de empréstimo sem cobertura vegetal e pontos com erosão.	03		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
14	Área de empréstimo sem cobertura vegetal e pontos com erosão.	03		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
15	Área de empréstimo aparentemente estável, apresentando pontos sem cobertura vegetal e pequenos processos erosivos.	03		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
16	Área de empréstimo sem cobertura vegetal, apresentado pontos com regeneração natural e erosão no talude.	03		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
17	Área de empréstimo com presença de cobertura vegetal e pontos com erosão em estágio inicial (ravinas).	03		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
18	Caixa de empréstimo com problemas de erosão e ausência de cobertura vegetal.	03		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
19	Área de empréstimo sem cobertura vegetal, com pontos apresentando pequenos processos erosivos em estágio inicial (ravinas).	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
20	Área de empréstimo aparentemente estável. Apresenta pontos sem cobertura vegetal e pequenos processos erosivos.	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
21	Área de empréstimo aparentemente estável. Apresenta pontos sem cobertura vegetal e pequenos processos erosivos em estágio inicial (ravinas).	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
22	Sequência de caixas de empréstimo aparentemente estáveis. Observou-se um único ponto com processo erosivo avançado.	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
23	Área de empréstimo com cobertura vegetal parcial e presença de processo erosivo avançado.	03		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte
24	Área de empréstimo sem cobertura vegetal e presença de processo erosivo avançado.	03		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
25	Faixa de domínio com processo erosivo avançado, ocasionado pelo rompimento das bacias de contenção.	03		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente. Sofreu interferência da obra	Forte
26	Área de empréstimo aparentemente estável, com boa cobertura vegetal, pontos com solo exposto e existência de processo erosivo em talude.	03		Formação Utariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. Solos de textura média são os mais pobres e susceptíveis à erosão.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
27	Processo erosivo na faixa de domínio em estágio avançado.	03		Aluviões Atuais. Essa Formação compõe-se de areias, argilas, siltes e cascalhos	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte
28	Processo erosivo na faixa de domínio em estágio avançado.	03		Aluviões Atuais. Essa Formação compõe-se de areias, argilas, siltes e cascalhos	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
29	Área de empréstimo com cobertura vegetal parcial e com erosão pontual no talude.	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte
30	Área de empréstimo com erosões e falta de cobertura vegetal e pontos com regeneração natural.	03		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
31	Faixa de domínio sem cobertura vegetal apresentado erosão em estágio avançado.	03		Aluviões Atuais. Essa Formação compõe-se de areias, argilas, siltes e cascalhos	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte
32	Área de empréstimo sem cobertura vegetal apresentando pequenos processos erosivos em talude.	03		Formação Utariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
33	Área de empréstimo sem cobertura vegetal e erosões em talude.	04		Formação Utuariiti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Média/Forte
34	Área de empréstimo com regeneração natural com falta de vegetação nos taludes comprometendo a estabilidade e, conseqüentemente, apresentando processo erosivo.	04		Aluviões Atuais. Essa Formação compõe-se de areias, argilas, siltes e cascalhos	Solo Laterita Hidromórfica distrófica em transição de solo Gley Pouco Húmido distrófico. Solos ricos em ferro, de baixa impermeabilização.	Agropecuária Pastagem.	Forte

Nº	DESCRIÇÃO	LOTE	FIGURA	GEOLOGIA	SOLO	VEGETAÇÃO*	FRAGILIDADE
35	Faixa de domínio com vegetação intensa, apresentando um processo erosivo decorrente do escoamento da água oriunda da rodovia.	04		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Areia Quartzosa distrófico. O teor máximo de argila chega a 15%, quando o silte está ausente. Requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão	Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente. Sofreu interferência da obra	Média/Forte
36	Área de empréstimo sem cobertura vegetal e processos erosivos no talude.	04		Formação Utiariti. Formada por sedimentos arenosos depositados em bancos maciços e espessos e, localmente, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Características friáveis.	Areia Quartzosa distrófico. O teor máximo de argila chega a 15%, quando o silte está ausente. Requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão	Arbórea Aberta com Floresta de Galeria. Sofreu interferência da obra	Média/Forte

*Todas as áreas informadas sofreram alteração seja pela obra ou por terceiros.

Fonte: Adaptado de Ecoplan Engenharia (2015).

Ao analisar as Tabelas 14, 15 e 16, bem como os mapas elaborados, foi possível constatar as diferenças físicas entre os trechos e observar o comportamento das erosões nas diferentes regiões em que foram registradas, comparando com as informações levantadas durante a pesquisa bibliográfica realizada.

4.1 Processos erosivos em relação à geologia

Na Tabela 14 e Figura 3 é possível observar que a geologia do Trecho Norte é composta basicamente pelo Complexo Xingu, porém ao sul deste trecho é encontrada a formação Bananal e intercepções de Aluviões Atuais. O Trecho Sul está compreendido na Formação Utariti, com intercepções isoladas, no Lote 3 de Aluviões Atuais e Formação Salto das Nuvens nos extremos dos Lotes 2 e 4.

Conforme detalhado na Tabela 15 e apresentado na Figura 10, com exceção dos pontos 3, 16, 18 e 22, os processos erosivos existentes no Trecho Norte estão instalados sobre o Complexo Xingu, que é constituído por rochas pouco friáveis, ou seja, não fragmentam-se facilmente. É possível observar nas imagens das erosões registradas que as mesmas caracterizam-se por serem do tipo sulco, exceto o ponto 4 cujo processo erosivo está mais avançado, podendo-se caracterizar como ravina. O ponto 3 está situado sobre a formação Gorotire que compreende conglomerados e arenitos textural e mineralogicamente imaturos. Os pontos 16 e 18 estão localizados sob o Grupo Iriri, também considerada rochas pouco fiáveis. Nota-se que as erosões nestes locais são pequenas do tipo sulco. Finalizando o Trecho Norte, o ponto 22 está localizada sobre Aluviões Atuais, que são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água nos seus leitos e margens. Na imagem apresentada na tabela supracitada é possível observar que a erosão se formou próximo ao rio e também é do tipo sulco.

Em relação ao Trecho Sul, ao analisar a Tabela 16 e Figura 10, é possível observar que a maioria dos processos erosivos existente no Trecho Sul está sobre a Formação Utariti, que é constituída por litologias sedimentares expostas ao longo de área de relevo plano e baixo, consideradas litologias friáveis, conforme descrito no EIA (2007b).

No total, são 21 erosões localizadas sobre a Formação Utariti. Nas fotografias é possível observar que as mesmas são do tipo sulco, porém as dos pontos 22, 23 e 34 estão em fase mais avançada, caracterizadas como ravina. Especificamente, os pontos 1 ao 11 estão situados sobre a Formação Salto das Nuvens, que é composta por sedimentos deposicionais que se devem principalmente aos efeitos erosivos e de transporte fluviais. Nas imagens nota-se que há uma

erosão do tipo ravina (ponto 1) e as demais são caracterizadas como sulco. Os pontos 27, 28, 31 e 34 estão localizados sobre Aluviões Atuais e, conforme apresentado nos registros, os processos erosivos existentes nestes locais são maiores e do tipo ravina.

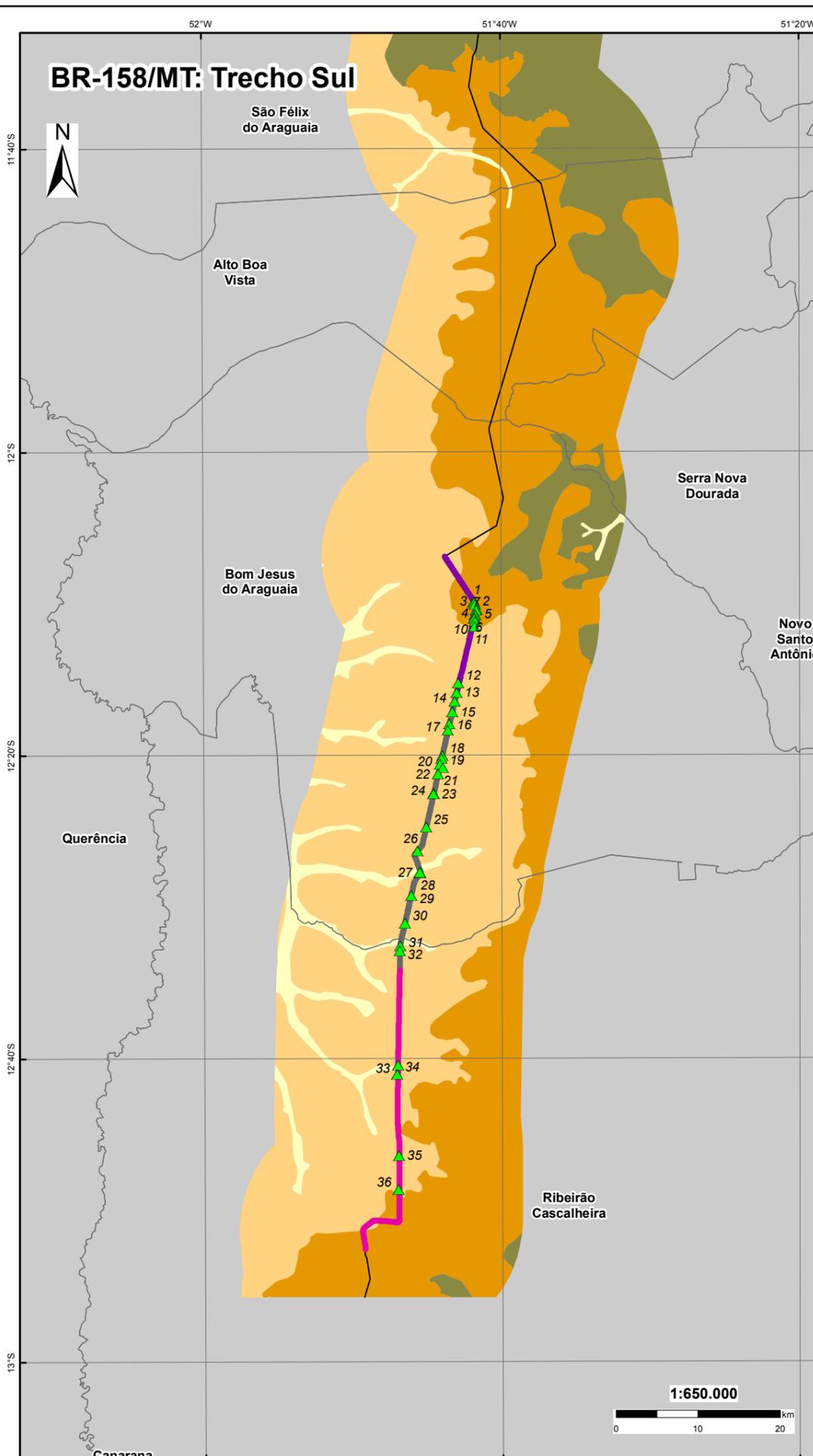
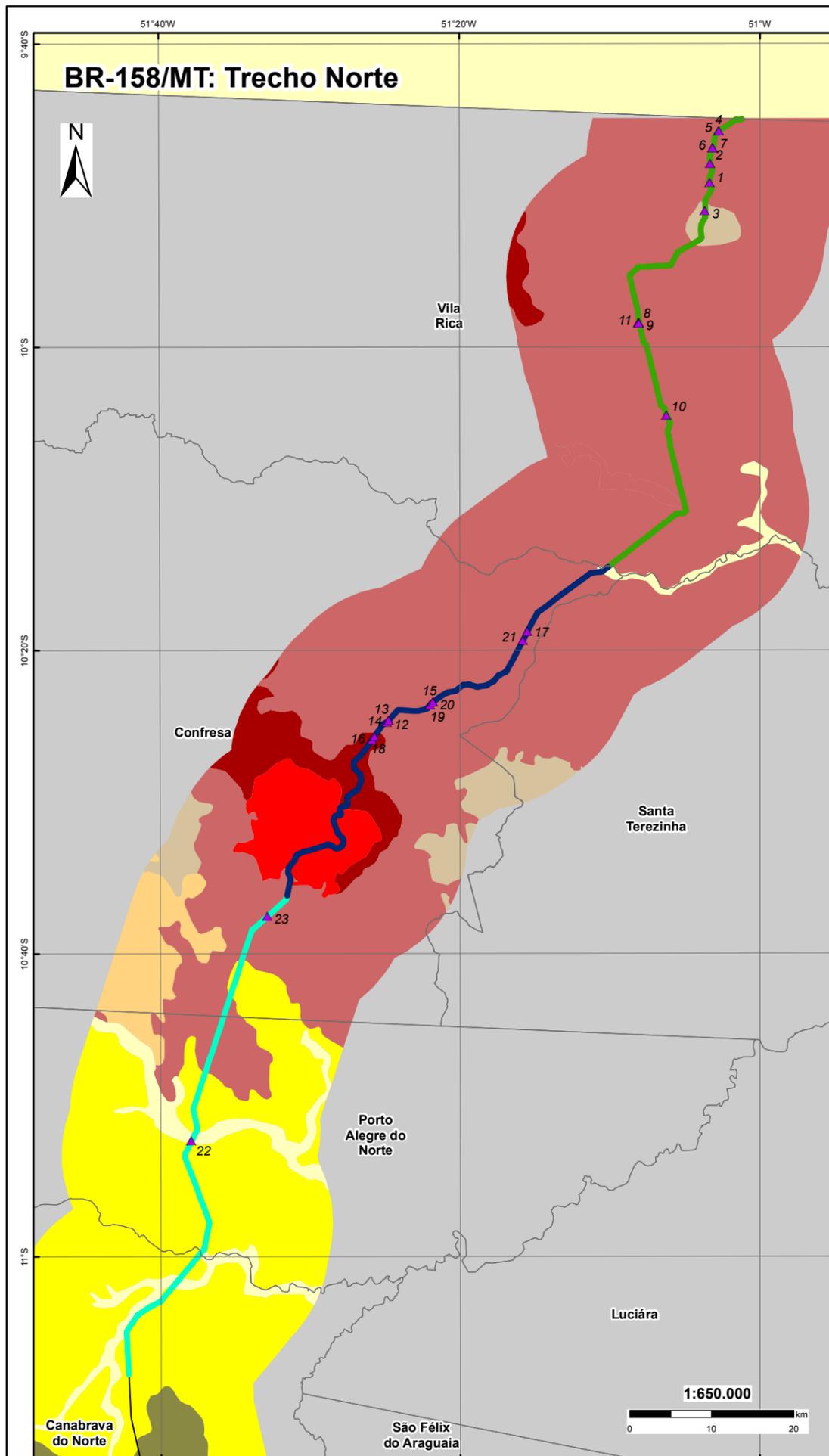
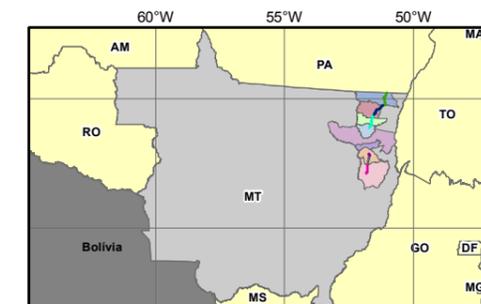


FIGURA 10: Localização dos Processos Erosivos em Relação à Geologia



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

- | Geologia: | Processos Erosivos: |
|--|--|
| ■ Aluviões Atuais | ▲ Trecho Norte |
| ■ Formação Bananal | ▲ Trecho Sul |
| ■ Formação Utariiti | |
| ■ Formação Salto das Nuvens | |
| ■ Formação Diamantino | |
| ■ Formação Gorotire | |
| ■ Suite Intrusiva Tarumã | |
| ■ Grupo Iriri | |
| ■ Complexo Xingu | |

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

4.2 Processos erosivos em relação à pedologia

Conforme apresentado na Tabela 14 e Figura 4 observa-se que os lotes 01A e 02B, em sua totalidade, estão compreendidos em área de solo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico com uma intervenção pontual ao Norte do lote 01A de Gley Pouco Húmido Distrófico e intervenções de solos Litólicos Distróficos, principalmente no Lote 02B. No Lote 02A, ao norte é encontrado solo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico, após, ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e ao sul deste lote há predominância de Laterita Hidromórfica Distrófica, com ocorrências de Gley Pouco Húmido Distrófico. Em relação ao Trecho Sul, os lotes estão compreendidos pelo solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, tendo no Lote 3 intervenção de Gley Pouco Húmido e ao sul do lote 4 Areia Quartzosa distrófico.

Ao analisar a Tabela 15 e Figura 11 é possível observar que a maioria dos processos erosivos está localizada no tipo Podizólico Vermelho-Amarelo Distrófico, que apresenta tipicamente um perfil com gradiente textural onde o horizonte B é significativamente mais argiloso do que os horizontes A. Segundo o estudo de ROSS (1994), este solo apresenta fragilidade ambiental forte. Especificamente, o ponto 22 está situado numa zona de transição entre Laterita Hidromórfica Distrófica, que é um material rico em óxidos de ferro, pobre em matéria orgânica que endurece irreversivelmente em contato com o ar e Gley Pouco Húmido, que são solos muito argilosos em subsuperfície e a medida que esses solos secam, ficam endurecidos, prejudicando o desenvolvimento de raízes (EMBRAPA, 2016).

Ao observar a Tabela 16 e Figura 11, constata-se que a maioria das erosões instaladas no Trecho Sul está situada sobre o tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, que é altamente intemperizado, sendo composto predominantemente pelos minerais caulinita, óxidos de ferro (predomínio de hematita) e alumínio e quartzo, devido à estabilidade destes ao intemperismo. As áreas que comportam solos do tipo Latossolos ou Argissolos, são mais estáveis fisicamente (SÃO PAULO, 1989). Especificamente, os pontos 01 ao 11 estão localizados sobre o solo do tipo Latossolo vermelho escuro distrófico. Os pontos 27, 28 e 29 estão situados sobre o solo Gley Pouco Húmido e o ponto 36 formou-se sobre o solo do tipo Areia Quartzosa distrófico, esses solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo, sendo, por conseguinte, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. (EMBRAPA, 2016).

Conforme salientado no item anterior, ao analisar as imagens dos processos erosivos, é possível inferir que no Trecho Sul há mais erosões do tipo ravina, quando comparadas ao Trecho Norte, no qual prevalecem as erosões do tipo sulco.

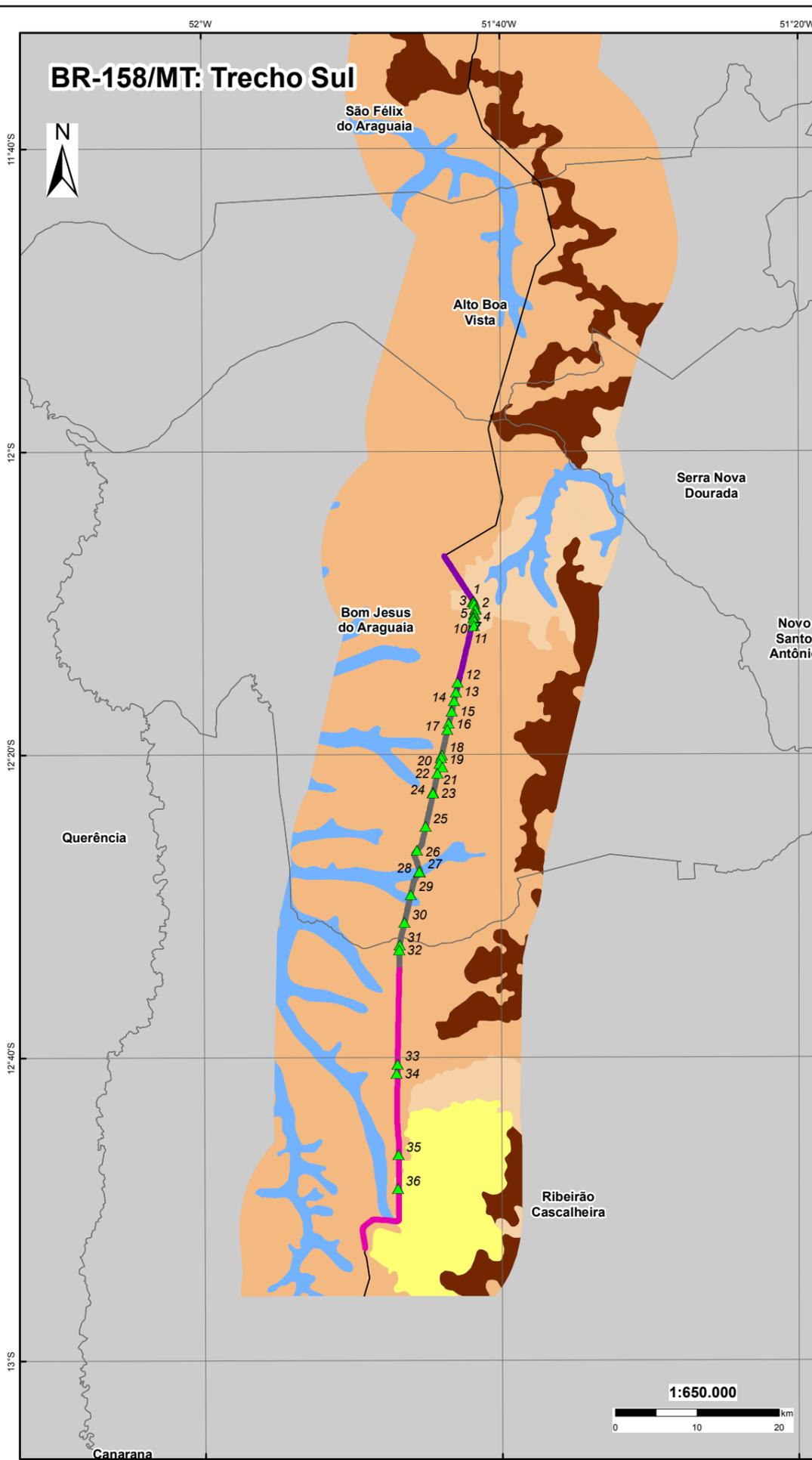
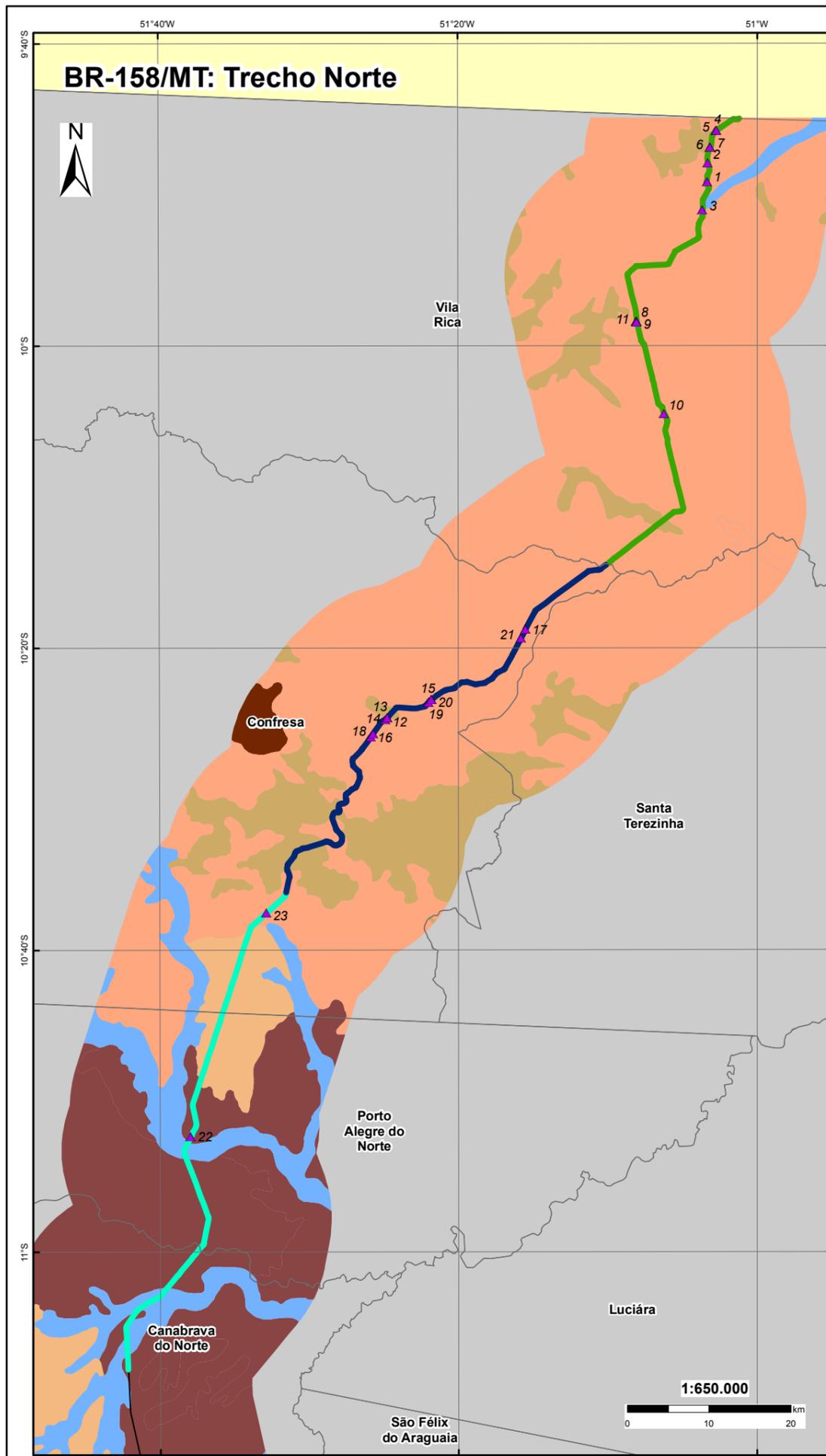
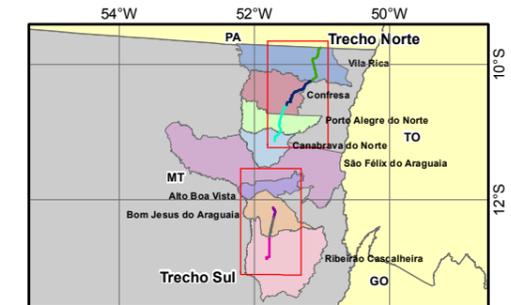
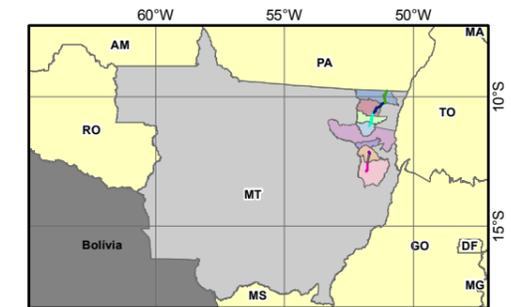


FIGURA 11: Localização dos Processos Erosivos em Relação à Pedologia



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

- | Classe de Solos: | Processos Erosivos: |
|---|--|
| ■ Areia Quartzosa distrófica | ▲ Trecho Norte |
| ■ Gley Pouco Húmido distrófica | ▲ Trecho Sul |
| ■ Laterita Hidromórfica distrófica | |
| ■ Latossolo Vermelho escuro distrófica | |
| ■ Latossolo Vermelho-Amarelo distrófica | |
| ■ Podzólico Vermelho-Amarelo distrófica | |
| ■ Solos Concrecionários distrófica | |
| ■ Solos Litólicos distrófica | |

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

4.3 Processos erosivos em relação à geotecnia

No âmbito da geotecnia, ao analisar a Tabela 14, é possível observar, no Trecho Norte, uma mistura de solos com predominância de classes mais granulares (pedregulhos e areias grossas), dessa forma são mais estáveis. No trecho Sul predominam os tipos de solo A-4 e A-6, principalmente nos lotes 3 e 4, que são caracterizados como solos finos constituídos predominantemente de silte com pequena quantidade de material grosso e de argila ou argilas siltosas com pouco ou nenhum material grosso. Segundo Guerra e Botelho (1996), a areia fina e o silte são as frações granulométricas que apresentam maior facilidade de serem erodidas, pois não possuem muita coesão, nem peso suficiente que dificulte a ação da água.

4.4 Processos erosivos em relação ao clima

Em relação ao clima, ao analisar a Tabela 14, é possível constatar que no Trecho Sul a estação chuvosa é pouco mais longa quando comparada ao Trecho Norte. Guerra (1994) relatou em seu estudo que se a chuva for em quantidade adequada, leve e mais espaçada, terá menor ação na erosão do que se a mesma for intensa e cair em curto espaço de tempo.

4.5 Processos erosivos em relação à vegetação

Conforme descrito na Tabela 14, há um misto de vegetação registrada no Trecho Norte: no Lote 01A, em quase sua totalidade, há Floresta Submontana com Cipó, com intercepções de Floresta Estacional Semidecidual do tipo Floresta Aluvial com Dossel Emergente e Área de Cerrado do tipo Arbórea Densa. Ao Sul, área isolada de Floresta Aberta Submontana com Palmeira. No Lote 01B há predomínio de Floresta Aberta Submontana com Palmeira ao norte e ao sul cerrado arbóreo denso. O Lote 02A, inicia em área de Floresta Aberta Submontana com Palmeira e cerrado arbóreo denso. Ao longo deste lote há áreas de Cerrado arbórea Aberta com Floresta de Galeria, com intercepção de cerrado arbóreo denso e ao sul, área de Cerrado/Floresta Ombrófila do tipo Aberta Submontana com Palmeira. Em relação ao Trecho Sul, há predomínio de Floresta semidecidual Submontana com Dossel Emergente, porém com muitas intercepções de Agropecuária/pastagem. Ao sul do Lote 4 foi registrado de Cerrado arbórea aberta com floresta de galeria.

Ao analisar a Tabela 15 e Figura 12 observa-se que foram registrados processos erosivos em locais cuja vegetação é do tipo Floresta Submontana com Cipó, de Floresta Estacional

Semidecidual do tipo Floresta Aluvial com Dossiel Emergente e Cerrado Arbórea Densa. Porém, cabe destacar que as áreas onde as erosões estão localizadas haviam sido impactadas anteriormente devido à construção inicial da estrada na década de 70.

Em relação ao Trecho Sul, conforme mostra a Tabela 16 e Figura 12, é possível observar que a maioria dos processos erosivos está situada em área classificada como Agropecuária/Pastagem. Lemes (2001) descreve em seu estudo que a agricultura afeta intensamente a densidade aparente do solo, sendo, esta, incrementada devido à redução da matéria orgânica e pelo uso de maquinaria agrícola. As culturas desenvolvidas, a conservação dos restos de cultura, as práticas de conservação empregadas, as adubações e correções são fundamentais no controle das taxas de erosão. Na tabela elaborada por Ross (1994), referente à vegetação, áreas de cultivo são denominadas de média a muito baixa fragilidade ambiental.

Principalmente no Trecho Sul, observou-se que os processos erosivos estão situados em área de cultivo de soja. Segundo Lemes (2001), a agricultura afeta intensamente a densidade aparente do solo, sendo, esta, incrementada devido à redução da matéria orgânica e pelo uso de maquinaria agrícola.

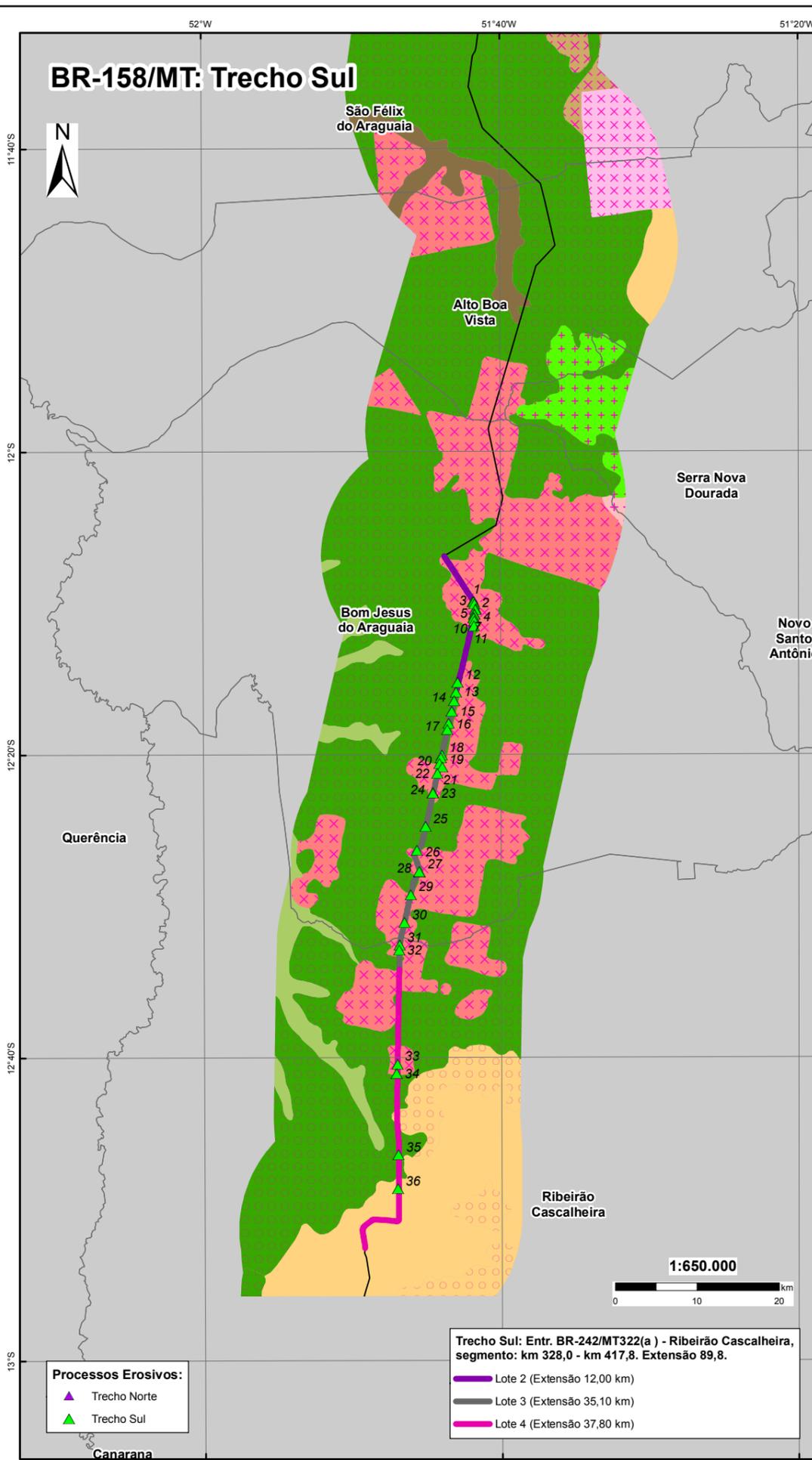
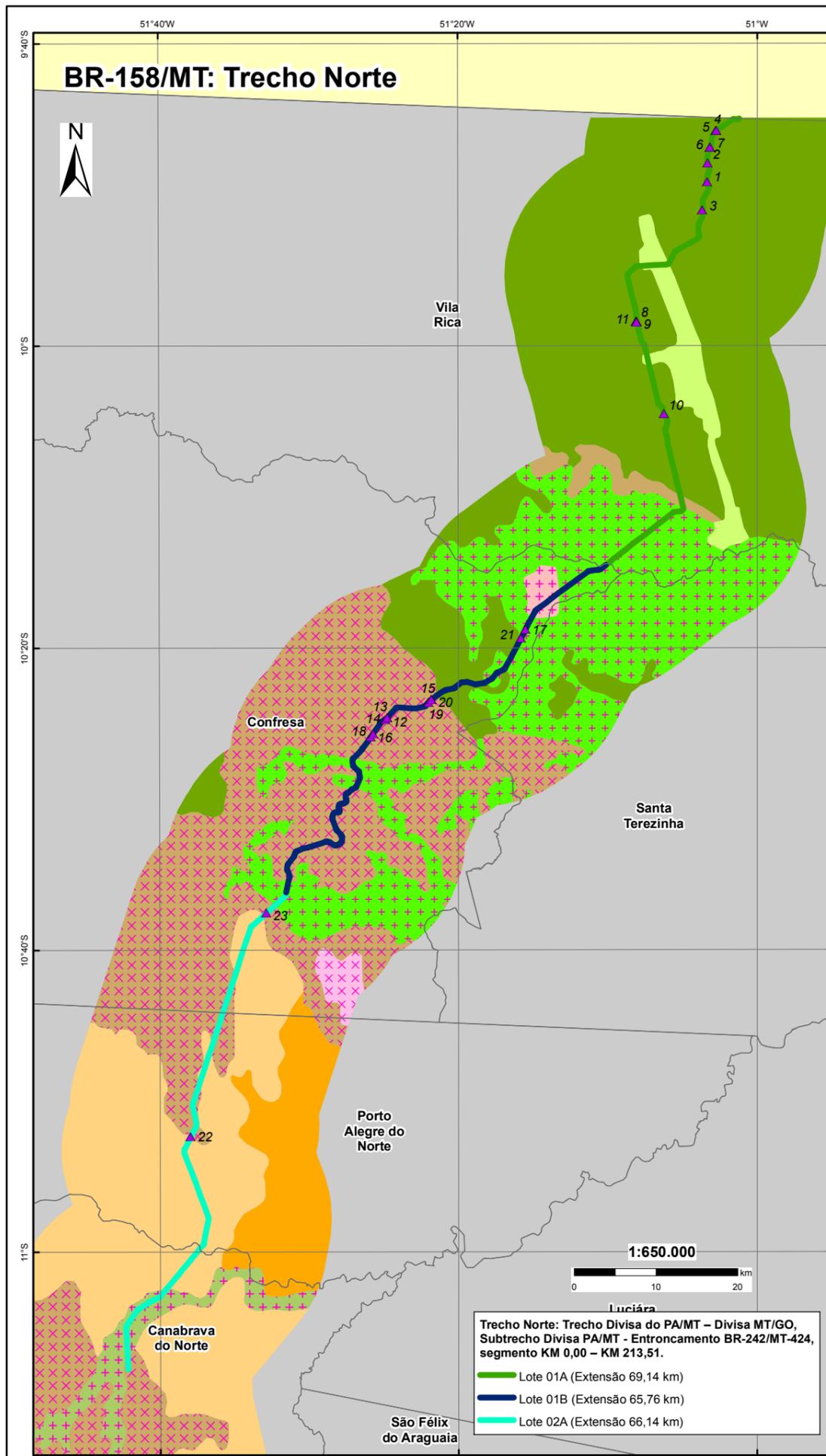
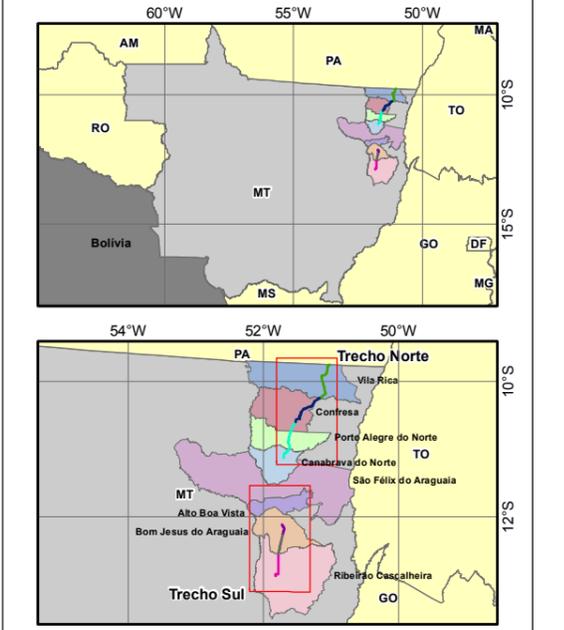


FIGURA 12: Localização dos Processos Erosivos em Relação à Vegetação



Localização:



Legenda:

- Cobertura Vegetal:**
- Cerrado**
- Arbórea Densa
 - Arbórea Arbera com Floresta-de-Galeria
 - Parque com Floresta-de-Galeria
- Floresta Ombrófila Aberta**
- Floresta Submontana com Cipó
 - Agropecuária Pastagem
- Floresta Estacional Semidecidual**
- Floresta Aluvial com Dossel emergente
- Área das Formações Pioneiras**
- Influência Fluvial, Arbustiva sem Palmeira
- Área de Contato (Tensão Ecológica)**
- Floresta Ombrófila/Floresta Estacional**
- Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente
 - Agropecuária Pastagem
- Cerrado/Floresta Estacional**
- Floresta Semidecidual Submontana com Dossel Emergente
 - Ecotono
 - Cerrado Arbórea Aberta com Floresta-de-Galeria
 - Agropecuária Pastagem
- Cerrado/Floresta Ombrófila**
- Floresta Aberta Submontana com Palmeira
 - Cerrado Arbórea Densa
 - Agropecuária Pastagem

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

4.6 Processos erosivos em relação à fragilidade ambiental

Segundo a Tabela 14 e Figura 7, o Trecho Norte está situado sobre uma região de baixa fragilidade ambiental, com intercepções ao Norte e ao Sul de áreas de fragilidade média. Em contrapartida, o Trecho sul está inserido em área de fragilidade forte, com algumas intercepções de média.

Conforme a Tabela 15 e Figura 13, em relação aos processos erosivos registrados ao longo dos 201,05 km do Trecho Norte, foram identificadas 23 erosões divididas da seguinte forma: 11 no Lote 1A, 10 no Lote 1B e duas no Lote 2A (Tabela 15). No trecho Sul que apresenta extensão de 89,8 km, conforme Tabela 16 e Figura 13, foram registradas 36 erosões que se dividem da seguinte forma: 12 no Lote 2, 20 no Lote 3 e quatro no Lote 4.

É possível observar que as erosões identificadas no Trecho Norte aparecem bem divididas nas classificações baixa e média fragilidade. Quanto às características dos processos erosivos identificados, no Trecho Norte, no lote 1, registrou-se erosões em sulco, deslizamento de talude e carreamento de material fino para os corpos hídricos. No Lote 1B, foram registrados processos erosivos também do tipo sulco e assoreamento de drenagem. Quanto ao lote 2A, os dois pontos que apresentam erosão estão situados próximo aos rios, provocando o assoreamento dos mesmos.

Em contrapartida, no Trecho Sul observou-se que os processos erosivos encontram-se, em sua maioria, nas regiões de forte fragilidade ambiental. No Lote 2 foram registradas erosões em estágio avançado do tipo ravina, bem como o deslizamento de taludes. No Lote 3, foram identificadas erosões nas áreas de empréstimo e faixa de domínio do tipo ravina e sulco. Em alguns locais os processos erosivos apresentavam-se bastante avançados. Por fim, no Lote 4, foram identificados processos do tipo ravina, nos taludes das áreas de empréstimo e também na faixa de domínio.

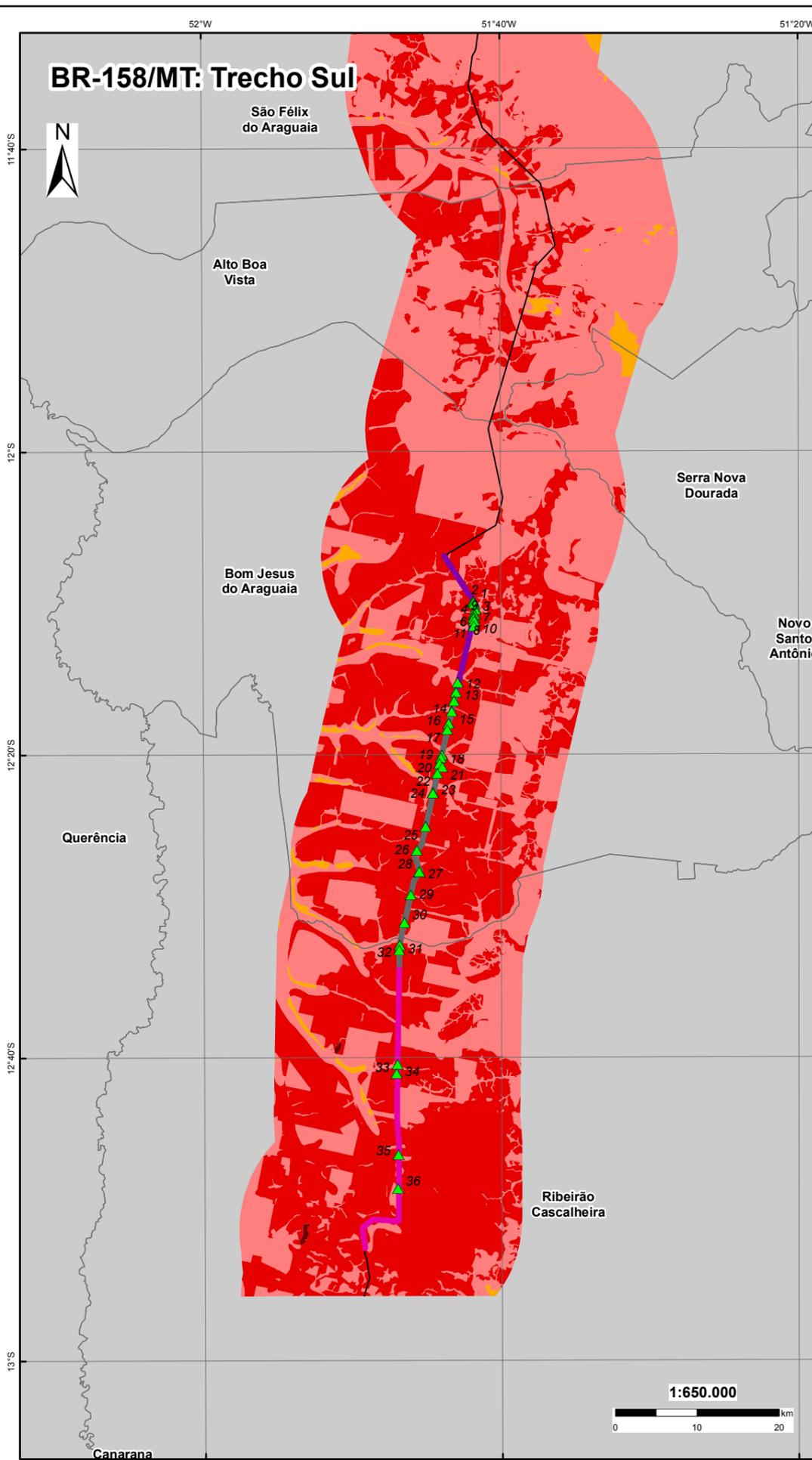
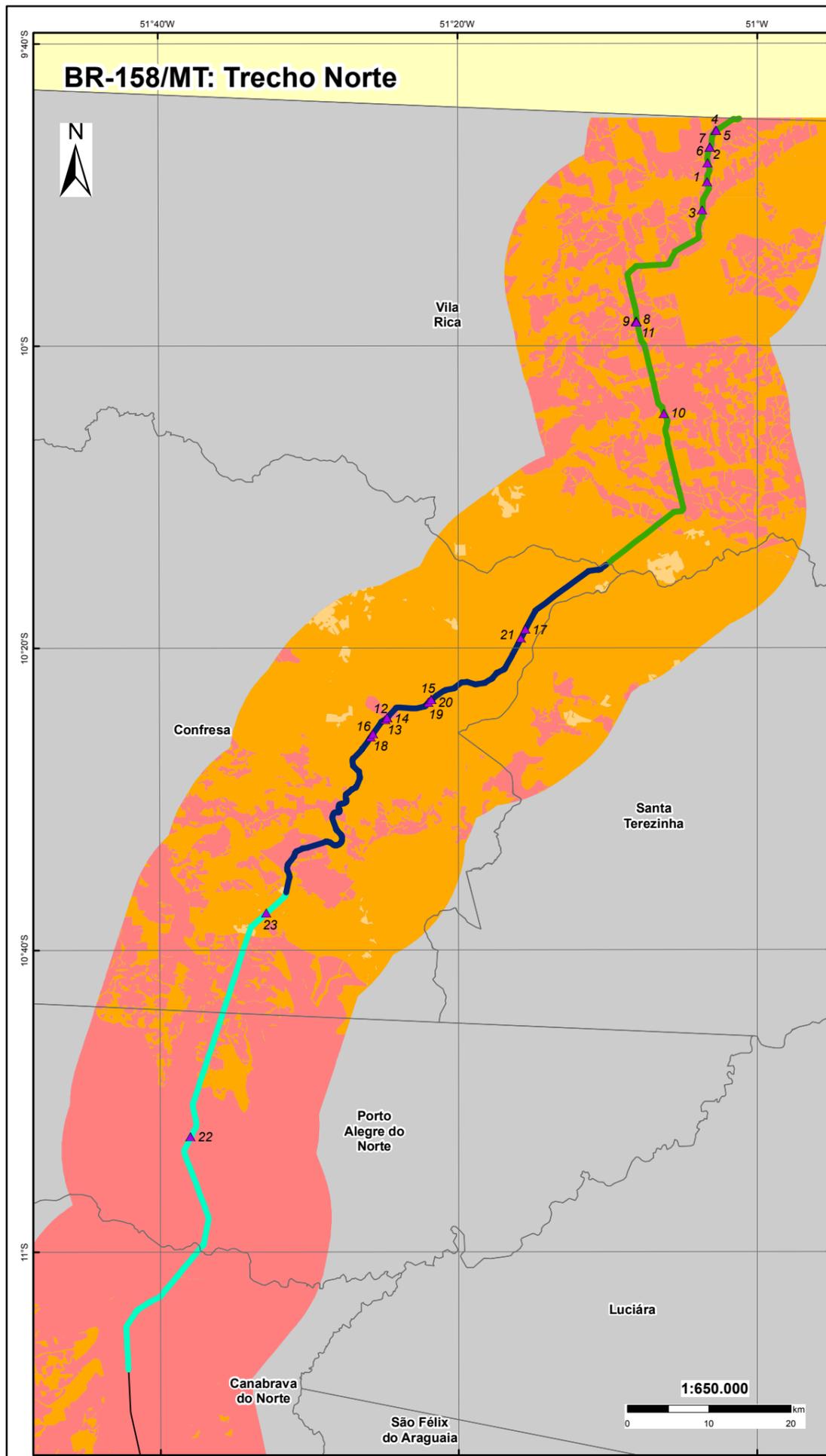
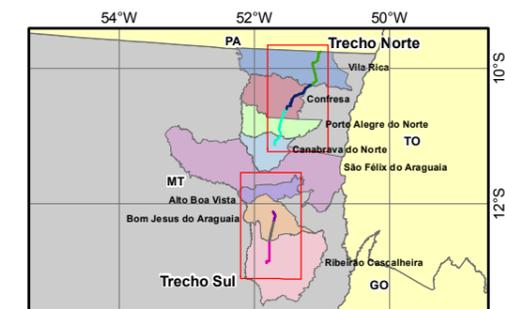
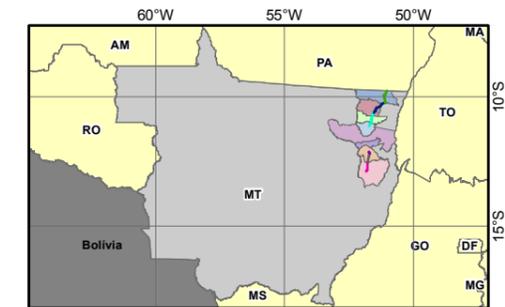


FIGURA 13: Localização dos Processos Erosivos em Relação à Fragilidade Ambiental



Localização:



Legenda:

Trecho Norte: Trecho Divisa do PA/MT – Divisa MT/GO, Subtrecho Divisa PA/MT - Entroncamento BR-242/MT-424, segmento KM 0,00 – KM 213,51.

- Lote 01A (Extensão 69,14 km)
- Lote 01B (Extensão 65,76 km)
- Lote 02A (Extensão 66,14 km)

Trecho Sul: Entr. BR-242/MT322(a) - Ribeirão Cascalheira, segmento: km 328,0 - km 417,8. Extensão 89,8.

- Lote 2 (Extensão 12,00 km)
- Lote 3 (Extensão 35,10 km)
- Lote 4 (Extensão 37,80 km)

Fragilidade Ambiental:	Processos Erosivos:
■ 1 - Muito Baixa	▲ Trecho Norte
■ 2 - Baixa	▲ Trecho Sul
■ 3 - Média	
■ 4 - Forte	
■ 5 - Muito Forte	

Informações:

As informações Cartográficas (dados temáticos) foram retiradas dos Estudos de Impacto Ambiental da BR-158/MT gentilmente cedidos pela empresa Ecoplan Engenharia Ltda. Os mapas são apresentados nos sistemas de coordenadas geográficas com datum SIRGAS 2000. Elaboração do Mapa: Geóg. Rodrigo W. Araujo - Jan/2016.

4.7 Fatores relacionados à obra que interferem diretamente no aparecimento de processos erosivos

Além de observar as características levantadas sobre o meio físico, é de suma importância analisar o andamento das obras para justificar o aparecimento de processos erosivos. A pavimentação do trecho Norte iniciou em maio de 2009 e até o presente momento foram concluídos os Lotes 2A, em dezembro de 2011, e 1B, em dezembro de 2013. Atualmente o Lote 1A permanece em obras, com previsão de término para junho de 2016. Especificamente neste lote, as obras propriamente ditas encerram-se em dezembro de 2015, porém, atualmente, a construtora está realizando atividades de recuperação das áreas de intervenção. Em relação ao Trecho Sul, as atividades iniciaram em 2009 e foram concluídas em agosto de 2013.

Em ambos os trechos, conforme descrito nos relatórios mensais, o cronograma das obras não foi atendido. Dentre os motivos do atraso, cita-se a estação chuvosa, pois nesse período as atividades permaneceram interrompidas. Observou-se que na maioria das vezes, as construtoras realizaram primeiramente a obra (corte, aterro, terraplenagem e pavimentação), postergando a recuperação dos taludes. Christopher Jr. (2002), relata que as maiores perdas de solo em estradas ocorrem durante e imediatamente após a construção da via, devido à sua instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de tráfego pesado.

Quanto aos principais fatores que podem ter ajudado ao aparecimento das erosões identificadas em ambos os trechos, destaca-se o subdimensionamento das drenagens e, principalmente, a ausência de vegetação nas áreas que sofreram intervenção durante as obras (taludes, caixas de empréstimo e margem dos rios), mantendo o solo exposto às intempéries. Tal situação representa claramente a informação salientada por Nilsson (2010), o qual relata que os dispositivos de drenagem estão frequentemente subdimensionados ou nem implantados e a cobertura vegetal está praticamente ignorada, simplificada em duas opções: plantar grama ou hidrossemeadura. Outra fonte de problema identificada ao longo da rodovia são as obras de loteamento, caixas de empréstimo e bota-foras, que estão mal cobertos e erodindo, levando sedimentos aos bueiros e galerias da rodovia, situação também destacada por este autor.

Complementando os motivos do aparecimento destes processos erosivos, segundo Bigarella *et al.* (2003), a erosão nas bordas das plataformas, geralmente próximo à base dos taludes de corte, é decorrente das águas pluviais, pois não são interceptadas antes de atingirem velocidades excessivas. Taludes de aterro também podem sofrer erosão acelerada, quando não contam com obras de drenagem e cobertura vegetal.

Quanto à revegetação das áreas que sofreram intervenção das obras, em todos os casos

foi utilizada a prática de hidrossemeadura, que é composta por água - mulch, sementes, fertilizantes e adubos orgânicos, das sementes herbáceas, foram utilizados as seguintes espécies: *Brachiaria* sp. (Braquiária), *Pennisetum americanum* (L.) (Milheto), *Crotalaria juncea* (Crotalária), *Cajanus cajan* (Feijão-guandu), *Stylosanthes* sp. (Stilosantes), *Melinis minutiflora* (Capim gordura), sendo a espécie Braquiária com maior proporção na mistura. As áreas de solo expostos devem-se ao insucesso desta prática. As falhas de germinação nos plantios ocorrem devido aos problemas adquiridos nas sementes, como dormência ou morte por exposição direta a fatores climáticos (intensa estiagem) ou ao ataque de pragas, bem como a ausência da adubação nitrogenada.

Cabe destacar que os dados retirados dos relatórios elaborados pela empresa Ecoplan Engenharia referem-se ao período de agosto e setembro, final da estação seca na região. Durante a estação chuvosa, devido ao subdimensionamento das drenagens e ausência de revegetação nas áreas que sofreram intervenção, os processos erosivos poderão evoluir e comprometer, inclusive, a pista de rolamento. É evidente que quanto maior a sua quantidade e frequência de chuva, mais influenciará no aparecimento e intensificação dos processos erosivos (GUERRA, 1994).

Por fim, é importante ressaltar que durante a realização de terraplenagem, é utilizado material terroso, proveniente de caixas de empréstimo localizados em áreas que não foram estudadas neste trabalho. Tal situação acaba interferindo nos resultados deste estudo, uma vez que os processos erosivos podem estar instalados em solos distintos do apresentado nos mapas e tabelas supracitadas.

5 CONCLUSÕES

O termo Fragilidade Ambiental refere-se à desestabilização do equilíbrio dinâmico existente no ambiente. Para avaliar seus diferentes níveis é importante considerar, na medida do possível, aspectos do meio físico, biótico e socioeconômico. Através deste estudo foi possível comprovar que regiões que apresentam fragilidade ambiental maior, são mais propícias ao estabelecimento de processos erosivos com severidade mais alta do que áreas de fragilidade baixa. A gravidade da deterioração ocasionada pelas obras, bem como sua consequência, varia conforme o tempo em que permanecem expostas e as características do local em que estão situadas (especialmente geologia, solos, cobertura vegetal, hidrologia e clima), bem como das atividades antrópicas a que estão submetidas.

Em geral, o Trecho Sul, classificado como área de média e forte fragilidade ambiental, apresentou mais processos erosivos, com grau de severidade maior, quando comparado ao Trecho Norte. Além das características físicas e ambientais deste segmento serem mais propícias ao aparecimento de erosões, destaca-se que as obras do Trecho Sul foram concluídas em 2013 e até 2015 as áreas que sofreram intervenção das obras permaneceram com solo exposto.

Neste estudo observou-se algumas drenagens obstruídas ou a falta de dissipadores de energia à jusante do bueiro. Dessa forma, constatou-se que o mal funcionamento do sistema de drenagem de águas pluviais também provoca a instalação de erosão com o grau de severidade variando conforme as características da região.

Sendo assim, através deste trabalho é possível atentar à importância do conhecimento das características físicas e ambientais antes do início das obras. A análise destes componentes propicia um entendimento de importantes condicionantes que interferem na maior ou menor susceptibilidade ao processo erosivo. É de suma importância que as construtoras avaliem o potencial erosivo dos terrenos antes da intervenção, levando em conta as condicionantes envolvidas, tais como geologia, solo, clima, vegetação, dentre outras. Através do cruzamento destas informações é possível estabelecer um mapa de fragilidade ambiental, sendo possível visualizar as regiões mais sensíveis durante as obras.

Observa-se que áreas de maior fragilidade requerem medidas preventivas especiais, com maior investimento em obras de drenagem e emprego de técnicas especiais de proteção superficial imediatas, tais como a aplicação de biomantas, evitando que o solo permaneça exposto por muito tempo. Regiões de média e baixa fragilidade têm recomendadas soluções convencionais em drenagem e proteção superficial corriqueiras, como a realização de

hidrossemeadura ou plantio de gramíneas, não necessitando imediata recuperação.

Dessa forma, salienta-se que para o bom desempenho das obras de infraestrutura viária, é de suma importância não apenas o atendimento das especificações da engenharia, mas o conhecimento da fragilidade ambiental do local, bem como executar as devidas medidas de recuperação com presteza, reduzindo, assim, os custos e evitando transtornos aos usuários, como decorrência da evolução desta degradação ambiental.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a publicação da Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/86, a qual define as atividades que dependerão de licenciamento através da elaboração de EIA/RIMA que serão submetidos à aprovação do órgão estadual competente e do IBAMA, os empreendedores passaram a contratar serviços de consultoria para realizar tais estudos. Atualmente, estes estudos são realizados em todo o país e as informações levantadas durante as atividades não são acessadas pelo meio acadêmico, sendo estas uma importante fonte de dados a serem utilizados e seus resultados divulgados, no intuito de corroborar para novos métodos construtivos que visem reduzir a degradação ambiental durante a realização das obras.

Por este motivo, o intuito deste trabalho foi compilar e avaliar os dados gerados pela Ecoplan Engenharia visando realizar a comparação da situação dos processos erosivos, devido as diferentes características físicas e ambientais encontradas em ambos os trechos da rodovia. Através dos resultados obtidos, busca-se atentar às construtoras sobre a importância do conhecimento da região antes do início das obras, para que sejam aplicadas medidas preventivas durante as atividades de movimentação de terra.

O presente trabalho também poderá subsidiar o DNIT, órgão responsável pelas rodovias federais, para adequar o cronograma das obras, solicitando que a recuperação das áreas degradadas, situadas em regiões mais frágeis, seja imediatamente após sua intervenção. Conforme salientado anteriormente, esta alteração nos cronogramas de execução das obras reduzirá os custos durante a recuperação e evitará possíveis transtornos aos usuários da rodovia.

Além disso, o DNIT prevê apenas recuperação utilizando técnicas de hidrossemeadura e enleivamento de mudas, não estando prevista a utilização de biomantas, por exemplo, as quais, conforme já constatado em diversos estudos, são eficientes para a estabilização de taludes. Em áreas de alta fragilidade ambiental é recomendado o uso de bioengenharia para revegetação de taludes.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. de. Influência da Declividade do Solo e da Energia Cinética de Chuva Simuladas no Processo de Erosão entre Sulcos. **Agriambi: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124-130, 2001.

AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul, São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 00, n. 22, p. 222-227, 1994.

BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Eds.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro, RS: Ed. Bertrand Brasil, 0. ed., 1999. p. 195-227.

BACELLAR, L. A. P.; COELHO NETTO, A. L.; ACERDA, W. Fatores condicionantes do voçorocamento na bacia hidrográfica do rio Maracujá, Ouro Preto – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais...**, Goiânia: ABGE, 2001. p. 120-121.

BASTOS, Cezar Augusto Burkert. **Estudo Geotécnico sobre a Erodibilidade de Solos Residuais não saturados**. 1999. 430 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BASTOS, Cezar Augusto Burkert. **Estudo Geotécnico sobre a Erodibilidade de Solos Residuais não saturados**. 1999. 430 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BASTOS, C.A.B., MILITITSKY, J; GEHLING, W. Proposta Metodológica para Avaliação Geotécnica da Erodibilidade de Solos Residuais Não Saturados. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7., 2001, Goiânia,GO. **Artigo...** Rio Grande do Sul: UFRGS, 2001. p. 1-9.

BELLINAZZI JUNIOR, Ricardo; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão urbana no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSIÃO, XX., 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1981. v.1, p. 117-137.

BEAVIS, S.G. Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, Australia. **Geomorphology**, Local/Cidade, v. 33, p. 59-72, 2000.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo, SP: Ícone Coleção Brasil Agrícola, 2008.

BIGARELLA, João José; SANTOS, Gilberto Friedenreich; HERRMANN, Maria Lucia de Paula; CARVALHO, Sheila Maria Cabral; MENDONÇA, Magaly. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Estrada de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro,. 1999. 195 p. (IPR Publ., 706).

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 68 p. (IPR. Publ., 711).

CAMBRA *et. al.* CAMBRA, M.F.E.; SILVA, L.G.E.; DANTAS, M.E. & COELHO NETTO, A.L. Lito-estruturas pré-cambrianas no controle do voçorocamento atual: Subsídios a modelagem sobre expansão da rede de canais na bacia do rio Piracema (SP/RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 1995. v. 1. p. 487-492.

CHRISTOPHER JR., Edwin A. **Post Harvest Evaluation of Best Management Practices for the Prevention of Soil Erosion in Virginia**. 2002. 125 p. Thesis (Marter of Science) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute, State University, Blacksburg, 2002.

DAER-RS, DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS E RODAGENS DO RIO GRANDE DO SUL (Brasil). **ES-OC 04: Proteção Vegetal**. Especificação de Serviço. Porto Alegre, RS, 1991.

DIREÇÃO, CONSULTORIA E ENGENHARIA LTDA. **Projeto Executivo de Engenharia para a Construção da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo - Lote: 01A**. v. 1, 143 f., 2005a.

_____. **Projeto Executivo de Engenharia para a Construção da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo - Lote: 02A**. v. 1. 147 f., 2005b.

_____. **Projeto Executivo de Engenharia para a Construção da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo - Lote: 01B**. v. 1, 150 f., 2005c.

_____. **Adequação do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo – Segmento 1**. v. 2, 108 f., 2005d.

_____. **Adequação do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo – Segmento 3**. v. 2, 111 f., 2005e.

_____. **Adequação do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da BR-158/MT – Subtrecho: Divisa PA/MT – Rio Crisóstomo – Segmento 4**. v. 2, 113 f., 2005f.

DREW, David. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 2. ed. Cidade, ESTADO (abreviado): Editora, 1989.

ECOPLAN ENGENHARIA. **Estudo de Impacto Ambiental para Licenciamento das Obras de Pavimentação da BR-158/MT**. Porto Alegre: Ecoplan, v. 1, 66 f., 2007a.

_____. **Estudo de Impacto Ambiental para Licenciamento das Obras de Pavimentação da BR-158/MT.** Porto Alegre: Ecoplan, v. 2, 295 f., 2007b.

_____. **Plano Básico Ambiental das Obras de Pavimentação da BR-158/MT, trecho Norte.** Porto Alegre: Ecoplan, 391 f., 2009a.

_____. **Plano Básico Ambiental das Obras de Pavimentação da BR-158/MT, trecho Sul.** Porto Alegre: Ecoplan, 365 f. 2009b.

_____. **Gestão Ambiental BR-158/Norte. Relatório Mensal 40.** Porto Alegre: Ecoplan, 1037 f. 2013a.

_____. **Gestão Ambiental BR-158/Norte. Relatório Mensal 41.** Porto Alegre: Ecoplan, 993 f. 2013b.

_____. **Projeto Executivo de Engenharia para Reabilitação de Áreas Degradadas da BR 158/MT.** Porto Alegre: Ecoplan, v. 1, 120 f., 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Bioma Cerrado – Solo.** Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html>. Acesso em: 24 fevereiro 2016.

GIMENES, Filipe Biaggioni Quessada; AUGUSTO FILHO, Oswaldo. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São Paulo: INPE, 2013, p. 6564-6571.

GOLDSMITH, F. B. Evaluating Nature. In: Warren A. e Goldsmith F.B. (eds.). **Conservation in Perspective.** John Wiley and Sons, Chichester, p. 233-246, 1983.

GRAY, D. Influence of vegetation on the stability of slopes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE INTERACTION OF VEGETATION WITH NATURAL AND FORMED SLOPES, 1994, Oxford. **Proceedings...** London: Thomas Telford, 1995. p. 2-25.

GUERRA, Antônio José Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** Cidade, ESTADO (abreviado): Ed. Bertrand, 2. ed., 1994. p. 472

GUERRA, Antônio José Teixeira; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Características e Propriedades dos Solos Relevantes para os Estudos Pedológicos e Análise dos Processos Erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 19, p. 93-114, 1996.

HASUI, Y. *et al.* **Aspectos estruturais e neotectônicos na formação de boçorocas na região de São Pedro, SP.** Geociências, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 59-76, 1995.

HENRIQUE, Filipe Mendes; FERNANDES, Ermínio. Caracterização do Meio Físico como Subsídio a Compreensão dos Processos Erosivos no Município de Pilões/PB. **Revista Geonorte: Edição Especial**, v. 2, n. 4, p. 261-275, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia - 3ª edição.** Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/madnual_pedologia.shtm>. Acesso em: 23 setembro 2015.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. (Org.). **Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e Solução dos seus Problemas.** São Paulo: IPT, 1991. 206 p. (Publicação IPT 1843).

LEMES, Marta Regina Tocchetto. **Revisão dos Efeitos da Vegetação em Taludes.** 2001. 140 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, Aline Maria Meiguins. Identificação do Potencial à Erosão em Rodovias: exemplo da Transamazônica/PA. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Pará: UFPA, 2003. p. 1331-1338.

MOLINERO, Giuliano Renato. **Modelagem de previsão de Evolução de Processos Erosivos.** 2007. 184 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Programa de Pós Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

MURATORI, Ana Maria. **Erosão no noroeste do Paraná: uma proposta metodológica de estudo sistemático através do uso de fotografias aéreas.** 1983. 135 f. Tese (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Programa de Pós-Graduação em Geologia Ambiental e Exploratória, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1983.

NILSSON, Thomas. CCR Engelog (Org.). Uma metodologia preventiva e multidisciplinar para preservação de taludes rodoviários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA – COBRAMSEG: Engenharia Geotécnica para o Desenvolvimento, Inovação e Sustentabilidade, 2010, Goiânia, GO. **Artigo...** São Paulo: ABMS, 2010. p. 1-8.

NUNES, Tarcia Valfridia Lima. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais:** trecho de Aquiraz – CE. 2003. 134 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes). – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

OLIVEIRA, Maria Paula Pires. **Caracterização geológico-geotécnica e propostas de intervenções para estabilização de taludes na Boçoroca do Córrego do Cravo – Nazareno/MG.** 2015. 143 f. Tese (Mestrado em Geotecnia) – Programa de Pós Graduação e Área de Concentração em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2015.

PINTO, R. C. G; SÍGOLO, J. B. Contatos Litológicos como Vetor de Erosão Linear nos municípios de Herculândia, Quintana e Pompéia do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, 7., 2001, Goiânia, GO. **Artigo...** São Paulo: UNESP, 2001. p. 1-8. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/T002.pdf>. Acesso em: 25

maio 2014.

RAIMUNDO, Huri Alexandre. **Aspectos Geotécnicos e pluviométricos Associados à Instabilidade de Encostas em Florianópolis-SC**. 1998. 343 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

RATCLIFFE, D. A. Criteria for the selection of nature reserves. **Advancement of Sciences**, n. 27. p. 294-296, 1971.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, p. 63-74, 1994.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional, orientações para o controle do boçorocas urbanas. São Paulo: DAEE/IPT, 1989. 92 p.

SILVA, T. P. *et al.* A influência de aspectos geológicos na erosão linear – médio-baixo vale do Ribeirão do Secretário, Paty do Alferes – Rio de Janeiro. **Geosul**, Florianópolis, SC, v. 18, n. 36, p. 131-150, 2003.

SMITH, P. G. R. e Theberge, J. B. A review of criteria for evaluating natural areas. **Environment Management**, Cidade, n. 10. p. 715-734, 1986.

WU, T.H.; MCKINNELL, W. P.; SWANSTON, D.N. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. **Canadian Geotechnical Journal**, Cidade, v. 16, n.1, p. 19-33, 1979.