



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DO MIRANTE DO MARCO GEODÉSICO NA BORDA  
DA CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT.**

**ALINE MAIARA MARCELLO**

**CUIABÁ - MT**

**JUNHO – 2014**



**ALINE MAIARA MARCELLO**

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DO MIRANTE DO MARCO GEODÉSICO NA BORDA  
DA CHAPADA DOS GUIMARÃES - MT.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos. Área de Concentração: Dinâmica Superficial e Subterrânea.

**Orientador: Prof. Dr. Prudêncio Rodrigues de Castro Júnior**

**Coorientador: Prof. Dr. Fernando Ximenes de Tavares Salomão**

**CUIABÁ - MT  
JUNHO – 2014**

## FOLHA DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS  
Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - - Boa Esperança - Cep: 78060900 - CUIABÁ/MT  
Tel : (65) 3615-8764 - Email : nearh@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "Análise Geoambiental no Mirante do Marco Geodésico na Borda da Chapada dos Guimarães-MT"**

AUTOR : Mestranda Aline Maiara Marcello

Dissertação defendida e aprovada em 05/06/2014.

Composição da Banca Examinadora:

---

Presidente Banca / Orientador	Doutor	Prudêncio Rodrigues de Castro Júnior	
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO		
Coorientador	Doutor	Fernando Ximenes de Tavares Salomão	
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO		
Examinador Interno	Doutora	Suise Monteiro Leon Bordest	
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO		
Examinador Externo	Doutor	Antonio Manoel Dos Santos Oliveira	
Instituição :	Universidade de Guarulhos - UNG		
Examinador Suplente	Doutor	Luiz Henrique Moraes de Lima	
Instituição :	TCE - Tribunal de Contas do Estado		
Examinador Suplente	Doutor	Renato Blat Migliorini	
Instituição :	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO		

CUIABÁ, 05/06/2014.

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M314a Marcello, Aline Maiara.  
Análise geoambiental do Mirante do Marco Geodésico na Borda da  
Chapada dos Guimarães. / Aline Maiara Marcello. -- 2014  
83 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Prudêncio Rodrigues de Castro Júnior.  
Co-orientador: Fernando Ximenes de Tavares Salomão.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,  
Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em  
Recursos Hídricos, Cuiabá, 2014.  
Inclui bibliografia.

1. Erosão. 2. trilhas. 3. Planalto dos Guimarães. 4. Mirante do Marco  
Geodésico. 5. Chapada dos Guimarães - MT. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que me apoiaram a percorrer mais este caminho e me deram toda estrutura possível. São exemplos que quero poder seguir e retribuir todo esforço que fizeram por mim.

Ao meu lindo pela paciência e apoio durante todo o período do mestrado. Devo principalmente a ele o incentivo para conseguir cumprir esta etapa.

Quero agradecer aos colegas de mestrado, com os quais o convívio me fez crescer como pessoa e profissional. Pude visualizar diferentes pontos de vista, descontraí e trocar muitas informações.

Sou grata a Universidade Federal de Mato Grosso, por possibilitar a realização deste mestrado, e ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos por oferecer um curso de forma a abrir o leque de conhecimentos dos seus alunos, possibilitando o convívio multidisciplinar e formando profissionais com capacidade de compreensão das diferentes áreas da ciência.

Quero deixar meu agradecimento especial ao meu orientador, professor Dr. Prudêncio Castro Jr, que me acolheu como orientanda e buscou sempre as melhores oportunidades para desenvolver este trabalho, agradeço-o principalmente pela escolha do tema e local a ser trabalhado, foi um presente que me enriqueceu muito.

Agradeço com especial carinho o professor Dr. Fernando Ximenes Salomão, meu coorientador, que mesmo muito atarefado sempre buscou um meio para ajudar, dar um conselho, demonstrar preocupação, incentivar e como um avô, demonstrando muito carinho em todas as suas atitudes.

Agradeço à prof. Dra. Suíse Monteiro Leon Bordest e ao prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira, pelas enriquecedoras e esclarecedoras recomendações dadas durante o exame de qualificação e por terem aceitado o convite de participarem da banca avaliadora deste trabalho.

Sou muito grata às amigas e colegas Roselha e Cida que me ajudaram em etapas de campo e foram ótimas companhias nos momentos de descontração. A amiga Renatinha que contribuiu imensamente com apoio, motivação e sugestões para finalizar a etapa da qualificação. O amigo Daniel pela ajuda com a elaboração dos mapas. As minhas primas Heloiza e Ana Letícia pela carinhosa ajuda com as ilustrações.

“Se o que você segura em  
sua mão não é suficiente como  
colheita, lança-a sobre a  
terra como semente.”  
Autor desconhecido

## RESUMO

Esta pesquisa teve como finalidade contribuir para a conservação da borda da Chapada dos Guimarães, e refletir sobre as necessidades de alternativas de uso nos locais de atrativo turístico na região. Dessa forma, entendeu-se que por meio de um estudo geoambiental seria possível contribuir de forma efetiva com melhor conhecimento da área. O projeto concebido para ser executado em 18 meses entre os anos de 2012 e 2014 teve como principal objetivo, realizar uma análise geoambiental através da identificação da cobertura pedológica e processos erosivos nas vertentes, bem como suas relações com o seu comportamento hídrico, relevo e substrato rochoso, visando caracterizar os diferentes comportamentos do local e apresentar subsídios e critérios para o desenvolvimento de um plano de manejo. A pesquisa concentrou-se no Mirante do Marco Geodésico em Chapada dos Guimarães-MT, onde foram realizadas 05 etapas de campo para o reconhecimento do local e delimitação da área, realização da topossequência e observação e caracterização dos processos erosivos. O conjunto de informações obtidas pelas observações diretas nos trabalhos de campo aliado a base metodológica adotada, permitiu a compreensão dos impactos provocados pelas ações humanas aceleradoras dos processos da dinâmica superficial. No estudo de caso do Mirante, observou-se que a falta de planejamento contribui para alteração do equilíbrio dinâmico do ambiente. Foram identificadas 03 manifestações principais de erosão: uma na principal trilha turística local, outras duas em linhas de talvegue, sendo que uma delas já se encontra estabilizada e a outra se encontra no traçado de uma antiga trilha.

**PALAVRAS-CHAVES:** Erosão, trilhas, Planalto dos Guimarães, Mirante do Marco Geodésico.

## ABSTRACT

This research aimed to contribute to the conservation of the edge of Chapada dos Guimarães, and reflect on the need for alternative use in places of tourist attraction in the region. Thus, it was understood that through a geo-environmental study would be possible to effectively contribute to better knowledge of the site. The project is designed to be executed in 18 months between the years 2012 and 2014 had as its main objective, perform a geo-environmental analysis by identifying the soil cover and erosion processes on slopes, as well as their relationships with their water behavior, topography and substrate rocky, to characterize the different behaviors of local and present subsidies and criteria for the development of a management plan for the site. The research focused on the “Lookout Marco Geodésico em Chapada dos Guimarães-MT”, where 05 steps field for the recognition of local and delineation of the field, and realization of toposequence observation and characterization of the erosive processes were performed. The set of information obtained by direct observations during field work combined with theoretical basis adopted, allowed understanding the impacts of human actions accelerating the natural dynamic processes of surface, often in association with concentrated surface water flow as factors generating erosions. In the case study of the Lookout, it was observed that the lack of planning contributes to the dynamic balance of the environment. 03 major erosion events were identified: one in the main local tourist track, two in thalweg lines, one of which is already stabilized and the other is on the route of an old track.

**KEY-WORDS:** Erosion, tracks, Tableland dos Guimarães, Mirante do Marco Geodésico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Acesso ao Mirante interditado.....	17
Figura 2 - Localização da área de estudo. ....	19
Figura 3 –Atividade turística no Mirante. ....	34
Figura 4 – Mapa de ocorrências das erosões selecionadas (modificado de GOOGLE EARTH, 2013).36	
Figura 5 - Início da trilha a montante da erosão A, com camada de couraça.....	39
Figura 6 – Erosão nas camadas de arenito da Transição Furnas/Ponta Grossa. ....	40
Figura 7 – Marcas do impacto das gotas de chuva. ....	41
Figura 8 - Caminhos alternativos na trilha. ....	42
Figura 9 - Cabeceira da Erosão B.....	46
Figura 10 - Foto aérea de 1998, com destaque para a trilha.....	47
Figura 11 - Polígono localizando a antiga trilha (modificado de GOOGLE EARTH, 2013). ....	47
Figura 12 - Marca de sulcos da antiga trilha (modificado de GOOGLE EARTH, 2013). ....	48
Figura 13 - Erosão C estabilizada, do tipo ravina. ....	49
Figura 14 - Área de visitação que foi interdita. ....	52
Figura 15 - Borda da erosão C com solo exposto.....	53
Figura 16 - Localização de manifestação de novo processo erosivo (modificado de GOOGLE EARTH,2013). ....	57
Figura 17 - Ravina na trilha.....	58
Figura 18 - Processo erosivo de desenvolvimento mais recente. ....	58
Figura 19 - Início da topossequência.....	59
Figura 20- Pontos investigados na topossequência (modificado de GOOGLE EARTH, 2013). ....	60
Figura 21 - Seção de topossequência ilustrando a estrutura pedológica, dinâmica hídrica, geometria e pontos analisados na vertente. ....	60
Figura 22 - Ponto onde se iniciam sulcos e ravinas. ....	61
Figura 23 - Ruptura de declive entre o Ponto 10 e 11. ....	65
Figura 24 – Detalhe mostrando os horizontes 1C e 2C.....	66
Figura 25 - Setores da vertente da topossequência.....	67
Figura 26 - Unidades Geotécnicas na área de estudo. ....	69
Figura 27 - Subunidades Geotécnicas. ....	71
Figura 28 - Uso e ocupação adequados ao local. ....	77
Figura 29 - Representação gráfica de trilha suspensa. ....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ficha cadastral erosão A .....	37
Quadro 2 - Ficha de cadastro da Erosão B .....	43
Quadro 3 - Ficha de cadastro da Erosão C .....	50
Quadro 4 - Imagens comparativas entre o início e o fim do período de chuvoso. ....	54
Quadro 5- Comparação da evolução da erosão B. ....	56
Quadro 6 - Descrição da cobertura pedológica no ponto 7. ....	62
Quadro 7 - Descrição da cobertura pedológica no Ponto 9. ....	63
Quadro 8 - Descrição da cobertura pedológica no Ponto 10. ....	64
Quadro 9 - Descrição da cobertura pedológica o no Ponto 12. ....	65
Quadro 10 - Síntese da Topossequência .....	68
Quadro 11- Síntese das Unidades e Subunidades Geotécnicas .....	74

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**APP** – Área de Preservação Permanente.

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

**DOEMT** - Diário Oficial do Estado de Mato Grosso.

**IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

**MPE** – Ministério Público Estadual.

**RRC** - Rampas Residuais da Chapada.

**SIG – CUIABÁ** - Sistema de Informação Geoambiental de Cuiabá, Várzea Grande e Entorno.

**UG1** - Unidade Geotécnica 1 - Chapadas

**UG5** - Unidade Geotécnica 2 – transição Chapada-frente de escarpa.

**UNESCO** - Organização das Nações Unidas.

**EDPG** – Encosta Declivosa da Formação Ponta Grossa.

**EDT** - Encosta declivosa em rochas da transição Furna/Formação Ponta.

**EPG** - Espigão em rocha da Formação Ponta Grossa.

**ET** - Espigão em rocha da transição Furnas/Ponta Grossa.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Problematização.....	14
1.2 Hipóteses de trabalho .....	17
1.3 Objetivos .....	18
1.4 Localização da Área de estudo .....	18
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
2.1 Levantamento de dados e pesquisa bibliográfico.....	20
2.2 Interpretação de fotos áreas e imagens de satélite.....	20
2.3 Reconhecimento de campo. ....	21
2.4 Realização de Topossequência.....	21
2.5 Cadastramento das ocorrências erosivas lineares.....	22
2.6 Compartimentação das unidades geotécnicas .....	22
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	23
3.1 Análise geoambiental .....	23
3.2 Topossequência e análise morfopedológica .....	24
3.3 Encostas.....	25
3.4 Dinâmica do escoamento superficial .....	26
3.5 Movimentos de massa .....	27
3.6 Erosão.....	28
3.7 O papel da vegetação.....	29
3.8 Degradação, resiliência e recuperação ambiental .....	29
3.9 Plano de Manejo .....	30
3.10 Carta geotécnica.....	30
3.11 Suscetibilidade à erosão linear.....	31
4 ASPECTOS REGIONAIS .....	31
4.1 Clima	31
4.2 Vegetação.....	31
4.3 Pedologia.....	32
4.4 Geologia .....	32
4.5 Geomorfologia .....	32
5 O USO DO SOLO NA ÁREA OBJETO.....	33
6 ANÁLISE GEOAMBIENTAL.....	35



6.1 Processos Erosivos .....	35
6.1.1 Erosão A .....	37
6.1.2 Erosão B .....	43
6.1.3 Erosão C .....	49
6.1.4 Evolução dos processos erosivos .....	53
6.2 Toposequência.....	59
6.3 Unidades Geotécnicas.....	68
7 RECOMENDAÇÕES.....	76
8 CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80

## **1 INTRODUÇÃO**

Este relatório constitui o texto para obtenção do título de mestre em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso. O conteúdo corresponde ao estudo pontual realizado no Mirante do Marco Geodésico, situado no município de Chapada dos Guimarães-MT, que objetiva, por meio da análise geoambiental identificar o comportamento do local frente aos processos erosivos que lá se desenvolvem e apresentar subsídios e critérios para o desenvolvimento de um plano de manejo local.

### **1.1 Problematização**

No meio ambiente estão inseridos elementos indispensáveis à vida, como a água, o ar, a biodiversidade e, também, atrativos naturais como sítios geológicos, paleontológicos e locais de beleza cênica que devem ser protegidos. Mas por um lado, não se pode coibir a expansão da ocupação dos espaços, reorganização dos já ocupados e até mesmo a ampliação do uso dos recursos naturais, desde que regidos pelos princípios da sustentabilidade, levando-se em conta o nível de expansão econômica e demográfica da atualidade. Por outro lado, todo benefício que o homem extrai da natureza tem certamente também impactos em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos irreversíveis (ROSS, 2003).

Devido à mudança na configuração da sociedade moderna, hoje se busca na natureza uma oportunidade de fugir da correria diária para desestressar. Neste contexto, áreas naturais surgem cada vez mais como opção turística para o desenvolvimento de práticas humanas, contribuindo para o desenvolvimento territorial e colocando em questão o uso sustentável dos recursos naturais.

Por tal motivo, turismo e conservação ambiental são duas atividades indissociáveis, o desenvolvimento do turismo sustentável, definido como a atividade que satisfaz os viajantes e as regiões receptoras respeitando e protegendo o meio ambiente, pode trazer benefícios para atenuar a degradação através da conscientização ambiental e aumentar a oportunidade de as gerações futuras desfrutarem das riquezas naturais que temos hoje, mas se o turismo

ecológico não for acompanhado de medidas de segurança pode colocar a vida e o ambiente em risco (FIGUEIREDO, 1997).

A ocupação humana, inadequada à natureza dos terrenos, pode causar desastres relacionados ao meio-físico (interação entre solo, rocha, água e relevo), que se intensificam a medida que essa pratica avance sobre terrenos sem infraestrutura para comportar a atividade e atuar na minimização de impactos (SALOMÃO, 1994; AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998; GUIDICINI; NIEBLE, 1984; TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

O Glossário da Defesa Civil Nacional define desastre como sendo: “Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.” (CASTRO, 1998). No ambiente, é preciso ter uma postura mais voltada para o preventivo do que para o corretivo, o custo da prevenção ao desastre é bem menor do que corrigir e recuperar o quadro ambiental deteriorado, mesmo porque determinadas agressões tornam-se irrecuperáveis (ROSS, 2003).

Com a postura de que é preciso prevenir muito mais do que corrigir, a elaboração de diagnósticos ambientais torna-se necessária para que se possam estabelecer diretrizes de uso dos ambientes e recursos naturais do modo mais racional e sustentável possível (ROSS, 2003).

A análise geoambiental tem como principal objetivo identificar os condicionantes do meio físico que tornam o terreno suscetível à degradação e a existência de riscos geológico e ambiental e as causas desses processos (GOMES, 2008). Com o entendimento dessas etapas pode-se pensar em projetos de uso e ocupação dos terrenos de forma a evitar desastres e ainda recuperar áreas que já foram degradadas.

Sendo assim, a análise geoambiental foi escolhida para ser realizada em um local de turismo ecológico que não conta com infraestrutura e há alguns anos vem sofrendo degradação acentuada no terreno, de forma, inclusive, a não estar mais inserido no contexto de ecoturismo, conceituado segundo Western (1995) citado por Figueiredo (1997, pg.55) da seguinte forma: “o ecoturismo é provocar e satisfazer o desejo que temos de estar em contato com a natureza é explorar o potencial turístico visando à conservação e o desenvolvimento, é evitar o impacto negativo à ecologia, à cultura e à estética”.

A recuperação de áreas degradadas cria condições para o reestabelecimento das relações ecológicas entre solo, plantas, animais e clima que permitam o reequilíbrio dinâmico da natureza em áreas hoje desprovidas dessas condições (DIAS; GRIFFITH, 1998; GARCIA, 2006).

A degradação de ambientes pode ocorrer por meio da erosão e perda de solo, deslizamento de encostas, assoreamento de cursos d'água, enchentes e perda de mananciais de água potável. Essa degradação, entre outras coisas, pode representar a perda de paisagens de alta importância cultural e turística e, mais grave ainda, a perda, por vezes irreversível, da diversidade biológica e do patrimônio natural do país. Esses elementos são fundamentais e insubstituíveis para a riqueza natural e qualidade de vida no país.

O estudo dos processos do meio físico e do comportamento do terreno é de fundamental importância para o planejamento e regulamentação adequada da ocupação humana, para evitar que tragédias possam ocorrer. Pois o estudo de riscos geológicos e geoambientais têm por objetivo identificar, caracterizar e orientar a tomada de decisões para a redução dos danos resultantes desses processos, que muitas vezes causam a perda de vidas humanas e danos materiais (INFANTI JR; FORNASARI FILHO, 1998).

A cidade de Chapada dos Guimarães é conhecida por suas formações rochosas, paredões, rios e cachoeiras, a região dos Planaltos dos Guimarães conta com cerca de 30 pontos turísticos que atraem a população nos finais de semana e feriados. O Mirante do Marco do Geodésico é um dos pontos turísticos mais visitados da região, entretanto sua situação de abandono está tornando-o sinônimo de perigo para os visitantes, inclusive com risco de morte, e degradação do meio ambiente.

O texto da Portaria nº 014/2010 da Secretária de Estado de Cultura do Estado de Mato Grosso publicada no DOEMT em 16/03/2010, intitula o Mirante como patrimônio histórico do estado, e afirma: “corria-se o risco de se perder, se não houver uma ação de preservação do homem, resguardando suas áreas com valor científico, paisagístico e estético”. Porém apesar da iniciativa legislativa governamental ter sido realizada no início de 2010, até o momento nenhuma ação efetiva foi tomada. Com exceção de ações de interdição pelo Ministério Público estadual que, em 24/05/2011 requereu a interdição provisória do local até que fosse apresentado um plano de estruturação da área, com estudos ambientais preliminares que apontassem a viabilidade do turismo sustentável, a ação foi concluída por uma conciliação com participação de segmentos organizados da sociedade, na qual o proprietário assumiu o compromisso de gradear a encosta do local, construir uma porteira para impedir o acesso ao local no período noturno e a prefeitura de instalar uma guarita com um instrutor, com objetivo de proteger a vegetação nativa e impedir as pessoas de ultrapassar os locais devidamente cercado, entre outras providências como consta em Eco's da Serra (2011), a partir dessa conciliação o local foi novamente aberto ao público.

Das exigências, apenas a estrutura da porteira foi construída no local, as demais não foram encaminhadas e dessa forma em 23/04/14 a justiça acatou novamente o pedido do MPE e determinou à interdição do local. A decisão cabe recurso, mas até o momento em que este estudo estava sendo redigido o acesso ao local permanece interditado (Figura 1). De acordo com a notícia divulgada pela redação da TVCA(2014), o MPE manterá a interdição até que um plano de estruturação da área com estudos ambientais que comprovem a viabilidade do turismo sustentável no local seja apresentado.

Nesse sentido, a análise geoambiental expressa à preocupação deste trabalho em caracterizar o comportamento do meio físico do local e apresentar subsídios e critérios para o desenvolvimento de um plano de uso e ocupação da área, contribuindo com a sociedade e órgãos públicos para a prevenção de acidentes e a fim de resguardar o patrimônio histórico, cultural e paisagístico.



Figura 1 - Acesso ao Mirante interditado.

## 1.2 Hipóteses de trabalho

A análise geoambiental detalhada na borda da Chapada dos Guimarães utilizando-se de procedimentos aplicáveis à caracterização geoambiental, com base na fenomenologia e

abordagem morfopedológica poderá identificar e delimitar zonas relativamente homogêneas quanto ao meio físico, definindo o comportamento físico hídrico do solo e da rocha bem como dos processos erosivos. Esta análise contribuirá para a orientação do uso e ocupação da área viabilizando sua vocação geoturística.

### **1.3 Objetivos**

Caracterizar o comportamento dos processos do meio físico e delimitar zonas homogêneas relacionadas à dinâmica hídrica e manifestações de processos erosivos.

Como objetivo específico destaca-se:

- Evidenciar o desenvolvimento dos processos erosivos;
- Comprovar a interferência antrópica como determinante dos processos erosivos;
- Caracterizar a fenomenologia dos processos erosivos;
- Compartimentar o meio físico em subunidades geotécnicas;
- Contribuir para o uso e ocupação adequada no Mirante do Marco Geodésico na borda do Planalto dos Guimarães;
- Fornecer subsídios para a realização do plano de manejo do Mirante.

### **1.4 Localização da Área de estudo**

A área objeto deste estudo, delimitada na Figura 2, está localizada no município de Chapada dos Guimarães-MT, especificamente na região conhecida como Mirante do Centro Geodésico da América do Sul, doravante denominada simplificada de Mirante. O Mirante fica distante cerca de 7,5 km da sede do município e 70 km da capital do estado, Cuiabá. O acesso ao local, saindo de Cuiabá, é feito através da rodovia MT 251, trajeto com pavimentação asfáltica até a estrada de terra que liga a rodovia ao Mirante.





O Mirante foi escolhido como área de estudo devido ao fato de ser o ponto turístico da região que recebe o maior volume de visitantes; sua proximidade e semelhança com áreas já estudadas que oferecem riscos geológicos; e por ter sido identificado, por imagens de satélites, feições erosivas de grande porte.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Tendo em vista o objetivo do trabalho foram desenvolvidas atividades em escritório e em campo, que se encontram reproduzidas em quatro etapas de trabalho, que serão a seguir descritas.

### **2.1 Levantamento de dados e pesquisa bibliográfico**

O levantamento de dados iniciou-se com o reconhecimento da área de estudo através de imagens de satélite com a utilização do software Google Earth, disponibilizadas gratuitamente e de fácil acesso.

A pesquisa bibliográfica iniciou-se por trabalhos e projetos de referência na área de geologia que contribuíram com informações sobre geologia, pedologia e geomorfologia da área (BRASIL, 1982; THOMÉ FILHO *et al*, 2006). Em seguida foram consultadas inúmeras referências relativas a conceitos tratados durante esta dissertação.

### **2.2 Interpretação de fotos áreas e imagens de satélite**

Inicialmente buscou-se fotografias aéreas do local para observar a evolução dos processos e fazer a delimitação de áreas através do método dos pares estereoscópicos para ir ao campo com um mapa preliminar, porém as fotografias disponibilizadas pelo acervo do Departamento de Geologia Geral da UFMT (DGG-UFMT) apresentam escalas grandes em que não eram possível trabalhar o objeto de estudo. Somente no mês de Fevereiro de 2014 foi



realizado o acesso a um par de fotografias em escala de detalhe (1:8.000), de um acervo pessoal, datadas de Maio de 1998, com as quais foi possível realizar observações da evolução dos processos erosivos e do uso e ocupação do local.

### **2.3 Reconhecimento de campo.**

Os levantamentos de dados *in loco* foram realizados entre os anos de 2012 e 2014, divididos em cinco momentos: Inicialmente, foi realizado em 07/12/2012 o reconhecimento e, em seguida a delimitação da área de estudo. A segunda atividade de campo realizou-se em 03/05/2013, onde foram feitas observações gerais do local e definido os processos erosivos pontuais a serem estudados no decorrer do trabalho. Num terceiro momento, em 11/10/2013, foram realizados levantamentos voltados à elaboração de uma topossequência representativa da área objeto. Em 09/02/2014 foi realizado o cadastramento de três ocorrências erosivas de grande porte. E, finalmente, no dia 22/04/2014 foram realizados registros fotográficos para análise da evolução dos processos erosivos após o período chuvoso.

### **2.4 Realização de Topossequência**

As atividades realizadas nas etapas anteriores permitiram escolher a localização do transecto onde foi realizado a topossequência, tratando-se de posição da vertente junto à ocorrência erosiva linear de grande porte. Inicialmente foi definida a linha do transecto de jusante para montante. Iniciando-se, nas proximidades da ruptura da linha de escarpa, até o ponto alto do Mirante, onde se situa o vértice geodésico de 1ª ordem do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o marco de Referencia de Nível – Teixeira. O estudo dessa topossequência teve como principal finalidade a interpretação do funcionamento hídrico tendo em vista a melhor compreensão dos processos erosivos instalados na área objeto.

Foram locados 12 pontos na topossequência para a realização do perfil de análise, distribuídos entre cada ruptura do declive presente no talvegue. Cada ponto do perfil corresponde à descrição do solo ou rocha aflorante na encosta ou através da tradagem manual, porém limitada pelas camadas de couraça, impenetráveis.

Em cada perfil foram identificados os horizontes da cobertura pedológica e descritas as suas características morfológicas, envolvendo: espessura, textura, estrutura, cor, presença

de raízes e transição entre os horizontes. Para a identificação da cor foi utilizada a Carta de Munsell, medida por comparação visual, comumente utilizada na determinação de cores do solo, muito úteis para a avaliação e identificação dos solos, tendo em vista que a classificação dos solos considera a cor para distinção de classes. Além disso, a cor permite inferir a ocorrência de determinados processos pedogenéticos e avaliar outras propriedades importantes (SALOMÃO, 1999; CASTRO, SALOMÃO, 2004; MARQUES, 2010).

## **2.5 Cadastramento das ocorrências erosivas lineares**

Foram cadastradas três erosões de grande porte. Para tal, foram utilizadas fichas de cadastro de erosão baseadas em modelos do IPT (MACEDO *et al.*, 2004), onde constam informações como dimensões, fenomenologia, interação da erosão com o uso do solo, medidas de combate existentes e seu desempenho, previsões de evolução e nível de criticidade.

## **2.6 Compartimentação das unidades geotécnicas**

Inicialmente foi realizada uma análise da carta geotécnica elaborada no perímetro urbano da cidade de Chapada dos Guimarães-MT (SALOMÃO; MADRUGA; MIGLIORINI, 2012), e sua extrapolação para a área objeto desta pesquisa. Com base no conhecimento adquirido nas etapas anteriormente desenvolvidas foi possível destacar na área objeto a existência de duas unidades geotécnicas mapeadas no perímetro urbano de Chapada dos Guimarães, tratando-se das unidades geotécnicas de Chapada e de Transição – Frente de Escarpa. A seguir essas duas unidades geotécnicas foram cartograficamente delimitadas, e a Unidade Geotécnica de Transição – Frente de Escarpa detalhada em cinco subunidades.

### **3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

A fundamentação teórica deste estudo apresenta um breve resumo sobre a base dos métodos científicos utilizados, conceitos da geomorfologia do local e dos processos do meio físico atuantes na área de estudo, assim como conceitos relevantes ao entendimento da fenomenologia, análise geoambiental e cartas geotécnicas.

#### **3.1 Análise geoambiental**

Nesta pesquisa, a análise geoambiental é utilizada na compreensão do comportamento do meio físico, condicionado pelos componentes físicos e suas inter-relações dos processos antrópicos com os naturais. O entendimento das relações da sociedade com a natureza é o objeto de estudo das pesquisas ambientais. A compreensão ocorre a partir do conhecimento dos componentes do sistema onde ocorreram mudanças, além de suas inter-relações no presente e no passado. Para isso, além da análise geoambiental, também se faz uso da análise fenomenológica, que tem como ponto de partida a consciência de que os processos constituem resposta de qualquer ação humana sobre o meio fisiográfico, interferindo nos processos geológicos (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; ROSS, 1994; SANTOS, 2008). A fenomenologia aqui trata é a abordagem da geologia de engenharia segundo a proposta de Santos (2008).

Através da análise geoambiental também é possível elaborar um modelo de estudo que consiga representar a realidade, como hipóteses representativas elaboradas a partir de resultados das investigações. Tais modelos constituem representações simplificadas da realidade para a resolução dos problemas, correlacionando componentes, causas e condicionantes dos fenômenos. Na análise geoambiental e no estudo fenomenológico o homem é considerado como agente geológico e assim é colocado como peça fundamental nos estudos. A ação geológica do homem é confirmada quando é possível caracterizar as consequências das intervenções diretas e indiretas do homem no meio-físico, além dos novos processos que possivelmente poderão ser desencadeados nos novos sistemas criados (GOMES, 2008).

A análise geoambiental tem o intuito de caracterizar causas e condicionantes principais dos processos do meio físico, dando especial atenção às cicatrizes, tendo em vista a elaboração do modelo fenomenológico dos processos. A fenomenologia consiste na

caracterização dos fenômenos que acontecem no local, visando à realidade, pois considera imediatamente o que está presente à consciência, o objeto a ser estudado (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; SANTOS, 2008; GOMES, 2008). Ao falar sobre a fenomenologia, Santos (2008) afirma que a utilização de parâmetros e resultados de ensaios isolados tornam-se apenas dados descritivos. Para o autor os dados são importantes, mas o essencial é o resultado da interação entre esses dados e a associação e vinculação desses com os comportamentos previsíveis dos maciços e materiais rochosos.

### **3.2 Topossequência e análise morfopedológica**

A topossequência é um dos procedimentos adotados para se realizar a análise morfopedológica. É realizada ao longo de uma vertente com distribuição de pontos, de modo que nos permite conhecer as relações entre os solos presentes na vertente e, ainda, as relações com o relevo e o substrato rochoso possibilitando a compreensão da estrutura pedológica e da dinâmica hídrica da vertente. Essas características podem ser determinadas em coberturas pedológicas, desde que a abordagem se estenda à vertente como um todo, conhecendo-se os diferentes materiais que a constituem, e suas características direta ou indiretamente relacionadas com a circulação da água (SALOMÃO, 1999; CASTRO; SALOMÃO, 2002).

Geralmente, o solo varia conforme o relevo se modifica. Assim, por exemplo, nas porções mais altas e planas da paisagem, é comum encontrar Latossolos. Descendo um pouco mais na encosta, pode-se encontrar Argissolos e, por fim, nas partes baixas, pode-se encontrar Gleissolos. Essa sequência de solos que ocorre principalmente devido à variação topográfica recebe o nome de topossequência. Se os solos originarem-se de um mesmo tipo de rocha, a sequência de solos pode também ser chamada de catena. No entanto, se a sequência de solos derivarem de diferentes rochas, ela recebe apenas o nome de topossequência (BRADY; WEILL, 2002).

De maneira geral, os levantamentos de tipos de solos de uma área devem ser feitos avaliando-se a relação solo-relevo, pois, como exposto acima, o solo, normalmente, varia em função do relevo aliado a fatores como vegetação, litologia e regime de chuvas, os quais influenciam a dinâmica hídrica. Desse modo os profissionais procuram fazer verificações das topossequências que ocorrem em uma área a fim de compreender os processos do meio físico local (SALOMÃO, 1999).

Salomão (1999; 2007) considera que a erosão é influenciada pelo relevo, cobertura vegetal e precipitações pluviométricas. A estrutura dos solos influi de maneira decisiva sobre o escoamento difuso. Os agregados são pouco estáveis, a erosão os destrói; os poros são tapados em superfície pelos elementos finos liberados e a infiltração é entravada. A impermeabilização intensifica o escoamento superficial e a evolução geomorfológica é modificada.

### **3.3 Encostas**

Augusto Filho e Virgili (1998) definem encostas naturais e taludes como superfícies inclinadas de maciços rochosos, terrosos ou mistos, originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos. As encostas naturais podem sofrer modificações em sua geometria (forma) de modo natural ou artificial. São exemplos de modificações artificiais, realizadas pelo homem: cortes, desmatamentos, aterramentos, escavações, entre outros. De modo natural a chuva é um dos principais agentes responsáveis pela instabilidade de terrenos, alimentando diretamente a dinâmica das águas de escoamento superficial e de subsuperfície, e, portanto, influenciando na deflagração dos processos de modificação de taludes e encostas.

O perfil das encostas é composto de vários segmentos, que caracterizam a dinâmica dos processos de infiltração e escoamento superficial. Esses segmentos são classificados em convexo, côncavo e retilíneo. Em geral o segmento convexo está caracterizado na parte superior das encostas, a partir da qual a declividade aumenta para a jusante, seguindo por um segmento inferior côncavo com a redução da porcentagem de declividade encosta abaixo. O segmento retilíneo possui declividade constante, e pode ser caracterizado ou não no perfil de uma encosta (MOREIRA; NETO, 1998; BIGARELLA *et al.*, 2003).

Ocorre uma relação entre o processo de escoamento superficial e o perfil das encostas. Nas encostas que se compõem de segmentos côncavos, as águas de escoamento superficial convergem para o seu interior. Nos segmentos convexos, as águas de escoamento sofrem dispersão. Nesse sentido, podem-se incluir nesta análise, os processos erosivos atuantes, representando uma conexão dinâmica entre áreas de montante e jusante (BIGARELLA *et al.*, 2003).

### 3.4 Dinâmica do escoamento superficial

Quando as águas pluviais atingem a superfície do terreno ocorreu infiltração e escoamento superficial dessas águas. O escoamento superficial representa a parcela da água precipitada que não infiltra no solo e tende a escoar para cotas topográficas mais baixas (TUCCI, 1996).

A capacidade de infiltração da água de um determinado solo varia muito durante o decorrer das chuvas. Isto ocorre desde o início do processo, pois quando caem as primeiras gotas de chuva, a infiltração é rápida, pois o solo está seco, e, no transcorrer do tempo, ela se torna constante. Mas, quando a quantidade de chuva excede a capacidade de infiltração, satura-se o solo, ocorrendo um acúmulo de água na superfície, iniciando o processo de escoamento superficial. Portanto o escoamento superficial corresponde à parcela da água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade, que a conduz para cotas mais baixas. Conforme as características do seu deslocamento, as águas superficiais podem provocar a erosão dos solos, inundações de várzeas, etc. (SALOMÃO, 1994; COELHO NETTO, 1995; AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998. SALOMÃO, 1999).

A cobertura vegetal tem um papel de fundamental importância na dinâmica do escoamento superficial, no sentido de exercer a ação de proteger o solo, atenuando o impacto das gotas de água, as intempéries atmosféricas, possuindo um efeito retardador para o escoamento superficial e garantindo uma melhor infiltração da água no solo. A vegetação distribui as águas da chuva equilibradamente pelo solo, através do escoamento pelas raízes e retenção da água entre as folhas (GUERRA; CUNHA, 2007).

As águas pluviais quando atingem a superfície terrestre, escoam e infiltram pelas camadas superficiais do solo. Os solos possuem um papel muito importante dentro do ciclo hidrológico, pois, os mesmos funcionam como reservatório natural de águas para as plantas, e atuam também como agente regulador do escoamento superficial e subsuperficial. As propriedades dos solos condicionam a quantidade de chuva que infiltram e que escoam na superfície do terreno. Estudar a dinâmica do escoamento superficial é entender como este processo de escoamento e infiltração acontece, levando em consideração a combinação de fatores naturais e artificiais, em especial as características geológicas, pedológicas, geomorfológicas e geométricas das encostas, as condições bióticas e as condições antrópicas, representadas pelas formas de uso do solo que intensificam ou atenuam a dinâmica do escoamento superficial. Em solos arenosos, as taxas de infiltração são mais elevadas do que

em camadas de solo siltico-argilosas, onde a infiltração torna-se menor e, portanto, seu escoamento é mais elevado (COELHO NETTO, 1995).

### **3.5 Movimentos de massa**

No glossário da defesa civil (CASTRO, 1998) movimento de massa é definido como “todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independentemente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características. O mesmo que escorregamento, no seu sentido amplo”.

Os fatores condicionantes dos movimentos de massa estão relacionados, principalmente, a estrutura geológica, declividade da vertente, formas de encostas, regime de chuvas, perda da vegetação e da atividade antrópica.

O termo escorregamentos, quando utilizado de maneira genérica, abrange um conjunto de processos denominados de movimentos gravitacionais de massa, que estão diretamente associados à evolução das encostas. Neste sentido, é comum empregar a expressão escorregamentos a outros processos relacionados a movimentos de massa. Cada movimento de massa apresenta um mecanismo particular de instabilização, como a sua geometria, a cinemática do movimento, condicionantes e agentes deflagradores e o material a ser mobilizado (CERRI, 1993).

Guidicini e Nieble (1984) descrevem o processo chamado de movimentos complexos de massa, que substitui o termo escorregamentos mistos utilizado em classificações antigas. Esses movimentos resultam de uma combinação das formas de movimentos de massa existentes, como rastejos, corridas de lama, corrida de terra, erosão, queda de blocos, queda de detritos, subsidências, recalques e desabamentos. De acordo com os autores é o caso das intensas formas de erosão conhecidas como boçorocas, típica de regiões climáticas subtropicais, as boçorocas são o resultado de profundas modificações das condições de equilíbrio naturais introduzidas pela ação do homem em tais regiões. De acordo com os mesmos autores o termo escorregamento tem sido comumente utilizado no sentido de abranger todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independentemente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características.

### 3.6 Erosão

A erosão é o conjunto de processos que desagregam e transportam solo e rochas morro abaixo ou na direção do vento. Esses processos transportam o material alterado da superfície da Terra de um local e depositam-no em outro lugar. Como a erosão move o material sólido alterado, novas porções de rocha fresca e inalterada vão sendo expostas ao intemperismo (PRESS *et al.*, 2006).

Os processos erosivos são condicionados basicamente por alterações do meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas, desde o desmatamento e agricultura, até obras urbanas e viárias, que, de alguma forma, propiciam a concentração das águas de escoamento superficial. O processo erosivo manifesta-se como fenômeno resultante da ruptura de equilíbrio do meio ambiente, decorrente da transformação drástica da paisagem, por eliminação da cobertura vegetal natural e introdução de novas formas de uso do solo (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2001). A adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende do entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico sobre o terreno (SALOMÃO, 1994).

A grande maioria dos autores considera, com base em modelos de escoamento, a existência de dois grandes grupos de erosão: a erosão laminar, remoção uniforme dos horizontes, e a erosão linear, remoção através de fluxo concentrado. A erosão por escoamento concentrado pode causar grandes incisões lineares na forma de ravinas e boçorocas. O processo conhecido por boçoroca é uma forma de erosão linear conceituada por se desenvolver por influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d'água subsuperficiais, em que se inclui a superfície freática do aquífero, com o desenvolvimento da erosão interna ou entubamento ou *piping*. As ravinas são formas de erosão lineares profundas, porém que não atingem o nível freático e assim como os sulcos se desenvolvem apenas por influência das águas superficiais, este último é caracterizado por apresentar profundidade de no máximo 0,5 metros. (SALOMÃO, 1994; INFANTI JÚNIOR; FORNASARI FILHO, 1998; SALOMÃO, 1999; ALMEIDA FILHO *et al.*, 2001).



### **3.7 O papel da vegetação**

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990) a vegetação representa uma proteção natural e eficiente na proteção dos solos contra processos erosivos, através da interceptação das águas pluviais pela cobertura vegetal, protegendo de forma direta o solo contra os impactos das gotas de chuva; aumento do atrito na superfície o que diminui a velocidade do escoamento superficial; melhora a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água;

Alves et al. (2007) verificou que a cobertura vegetal auxilia na melhor taxa de infiltração de água no solo, e está diretamente relacionada com as propriedades físicas deste. Assim, em solos pouco permeáveis a vegetação representa o único caminho para a infiltração da água no solo.

### **3.8 Degradação, resiliência e recuperação ambiental**

Para o IBAMA (1990) a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados.

Segundo Odum (2005) resiliência é um conceito referente à capacidade de um ambiente reestabelecer o equilíbrio após ter sofrido uma degradação, ou seja, refere-se à capacidade de recuperação tendo como propriedade à adaptação e auto-organização em resposta a ação de degradação.

A recuperação ambiental representa o retorno de uma área que sofreu degradação a uma forma e utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo local, de modo a se alcançar uma situação estável, na qual estejam presentes as condições mínimas para que um novo equilíbrio dinâmico se processe (IBAMA, 1990). Sendo que de acordo com Dias e Griffith (1998) a recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das diferentes áreas de

conhecimento, que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes em um sistema natural.

### **3.9 Plano de Manejo**

O plano de manejo é um documento técnico, elaborado a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico, biológico e social. Estabelecem as normas, restrições para o uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais das unidades de conservação, seu entorno e, quando for o caso, os corredores ecológicos a ela associados, podendo também incluir a implantação de estruturas físicas, visando minimizar os impactos negativos (BRASIL, 2000).

### **3.10 Carta geotécnica**

A carta geotécnica identifica áreas relativamente homogêneas em relação ao funcionamento e comportamento dos terrenos frente aos processos da dinâmica superficial e potencialidades naturais à ocupação. Essas áreas são identificadas como unidades geotécnicas e são definidas levando-se em consideração a previsão e o desempenho da interação entre a ocupação do solo e o meio físico, a partir do conhecimento dos processos relacionados aos fenômenos e problemas decorrentes das diversas formas de ocupação (SALOMÃO, MADRUGA, MIGLIORINI, 2012).

As unidades geotécnicas representam um importante instrumento técnico voltado ao planejamento da ocupação urbana, subsidiando, inclusive, projetos de identificação de zonas sujeitas a riscos naturais (SALOMÃO, MADRUGA, MIGLIORINI, 2012).

### **3.11 Suscetibilidade à erosão linear**

A partir da aplicação da abordagem da análise estrutural da cobertura pedológica (BOULET, 1997), em topossequências, é possível definir setores de vertentes com diferentes suscetibilidades a ravinas e boçorocas. Essa abordagem é mais indicada para estudos detalhados (SALOMÃO, 1999; 2007).

De acordo com Salomão (1999; 2007) o método de abordagem visando à delimitação de áreas com diferentes suscetibilidades à erosão por ravinas e boçorocas baseia-se na análise integrada da paisagem, ponderando-se o comportamento das águas e incidências de ravinas e boçorocas, em relação aos fatores geológicos, geomofológicos e pedológicos.

## **4 ASPECTOS REGIONAIS**

Este capítulo apresenta breves informações sobre os aspectos relativo ao clima, vegetação, geologia e geomorfologia predominantes na região da área de estudo.

### **4.1 Clima**

O clima da região é típico de savanas tropicais, caracterizando-se por apresentar dois períodos bem definidos, um seco, de inverno, que vai de abril a outubro e outro úmido, verão, de novembro a março. A temperatura média em Chapada dos Guimarães é de 21,5° C e a mínima chega a menos de 5° C. A precipitação média anual pode chegar a 2100 mm (THOMÉ FILHO *et al*, 2006).

### **4.2 Vegetação**

A cobertura vegetal no local é caracterizada principalmente por cerrado do tipo campo sujo e campo limpo (THOMÉ FILHO *et al*, 2006). Esta formação também é chamada de savana gramíneo-lenhosa, na qual prevalecem gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas e palmeiras acaules. Esta unidade altera-se gradualmente para campo limpo nos morrotes. As herbáceas são principalmente gramíneas (*Família gramínea*).

### **4.3 Pedologia**

Os Plintossolos Pétricos compreendem os solos mais representativos da área de estudo e correm, praticamente, em toda a região em diferentes formas de relevo. Constituem solos bastante limitantes ao uso agrícola devido à pequena profundidade, presença de concreções, carapaças ferruginosas e cascalhos. Nas porções da Chapada, em topografia praticamente plana, são encontrados Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa com camadas de couraça ferruginosa (LACERDA FILHO *et al*, 2004; THOMÉ FILHO *et al*, 2006; SALOMÃO, MADRUGA, MIGLIORINI, 2012).

### **4.4 Geologia**

Chapada dos Guimarães está localizada sobre rochas do Grupo Paraná, representadas pelas Formações Furnas e Ponta Grossa. A base do Grupo Paraná é constituída pelas rochas metassedimentares dobradas do Grupo Cuiabá. A Formação Furnas é representada, da base para o topo, por arenitos conglomeráticos que gradam para arenito puro. O contato superior com a Formação Ponta Grossa é transicional. A Formação Ponta Grossa é constituída por argilitos, algumas camadas com presença de fosseis, sendo comum encontrar conchas de Braquiópodes (LACERDA FILHO *et al*, 2004; THOMÉ FILHO *et al*, 2006).

### **4.5 Geomorfologia**

A região de estudo está localizada na extremidade da Bacia do Paraná e pertencente à unidade geomorfológica denominada Planalto dos Guimarães, encontra-se na borda da chapada, área de transição entre o planalto e a depressão. O Planalto dos Guimarães, com altitudes que variam de 600 a 800m, é onde esta inserida a cidade de Chapada dos Guimarães que apresenta formas de relevo do tipo chapadas, colinas amplas e patamar. A Depressão Cuiabana ou Depressão do Rio Paraguai, abrange uma área de baixas altitudes entre 200 e 450 m. A Formação Furnas e Ponta Grossa caracterizam-se por constituir escarpas abruptas, sustentadas em parte pelos arenitos da Formação Furnas (BRASIL, 1982; THOMÉ FILHO *et al*, 2006).

As escarpas da transição entre o planalto e a depressão sofrem processo natural de recuo da escarpa por ações intempéricas que causam processos erosivos, e queda de blocos, que podem ocasionar acidentes. Destaca-se o exemplo do acidente ocorrido na Cachoeira Vêu de Noivas no Parque Nacional de Chapada, em que a queda de um bloco rochoso, de arenito da Formação Furnas, atingiu alguns turistas presentes no local, e levou ao óbito uma jovem (G1, 2008).

Localmente, no Mirante, as formas de relevo que mais se destacam são os espigões definidos como pico de serra, de monte ou rochedo ou divisor de águas. E os talvegues que são definidos como caminho do vale; linha sinuosa, no fundo de vale, pela qual as águas correm e que divide os planos de duas encostas.

## **5 O USO DO SOLO NA ÁREA OBJETO**

Com a grande expansão demográfica e o surgimento de grandes cidades, não apenas em território nacional, mas como em todo o mundo, as pessoas começaram a procurar refúgios naturais para contemplar a natureza e dessa forma iniciaram processos de uso e ocupação do solo em locais de maior fragilidade. O turismo por ser uma atividade econômica, gera impactos devastadores que muitas vezes são irreversíveis. O ecoturismo, também, pode

provocar grandes danos à natureza se não for bem planejado, mas pode ser uma atividade sustentável se tiver o uso adequado do meio ambiente e pode contribuir, inclusive, na formação de cidadãos com conscientização e educação ambiental (FIGUEIREDO, 1997).

Na área de estudo verifica-se a grande influência da atividade humana na eclosão dos processos erosivos que ocorrem no local. O uso do solo é restrito a atividade turística com trilhas que foram formadas a partir do pisoteio dos visitantes e da passagem de carros (Figura 3). Ao lado da rodovia há algumas áreas que foram utilizadas para a retirada de cascalho durante a construção da estrada. Essas atividades eliminam a vegetação nativa no topo da encosta, que cobre o terreno fazendo com que o escoamento seja incrementado com a diminuição da infiltração. A cobertura vegetal exerce uma importante função na retenção da água da chuva, a vegetação com os seus sistemas de raízes controla o escoamento superficial e a infiltração das águas, reduzindo, assim, o surgimento de processos erosivos (LONDE; BITAR, 2011). Entretanto, o solo exposto, desprotegido de vegetação e coberto por couraça, conduz água pluvial de forma concentrada ao longo do talvegue, escavando sulcos, que evoluem para ravinas muito profundas.



Figura 3 –Atividade turística no Mirante.

A ação humana associada a fatores naturais são as principais causas que levam a instabilização de estruturas rochosas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). O mal

uso de terreno pela atividade turística esta acelerando esse processo, de modo a resultar em risco à integridade física dos turistas e a preservação do ambiente natural.

## **6 ANÁLISE GEOAMBIENTAL**

Este capítulo trata dos resultados dos trabalhos de campo, como a caracterização das principais manifestações erosivas através de fichas de cadastro de erosão (MACEDO *et al*, 2004); a caracterização do comportamento hídrico da vertente através da realização da topossequência; o registro fotográfico da evolução dos processos erosivos e a delimitação de áreas homogêneas em relação ao comportamento e evolução frente aos processos da dinâmica externa.

### **6.1 Processos Erosivos**

Para compreensão dos processos da dinâmica superficial que ocorrem na área objeto, foram escolhidas três erosões mais intensas e caracterizadas por meio de fichas de cadastro, conforme metodologia apresentada por Macedo (*et al*, 2004). Essas ocorrências erosivas encontram-se identificadas na Figura 4.



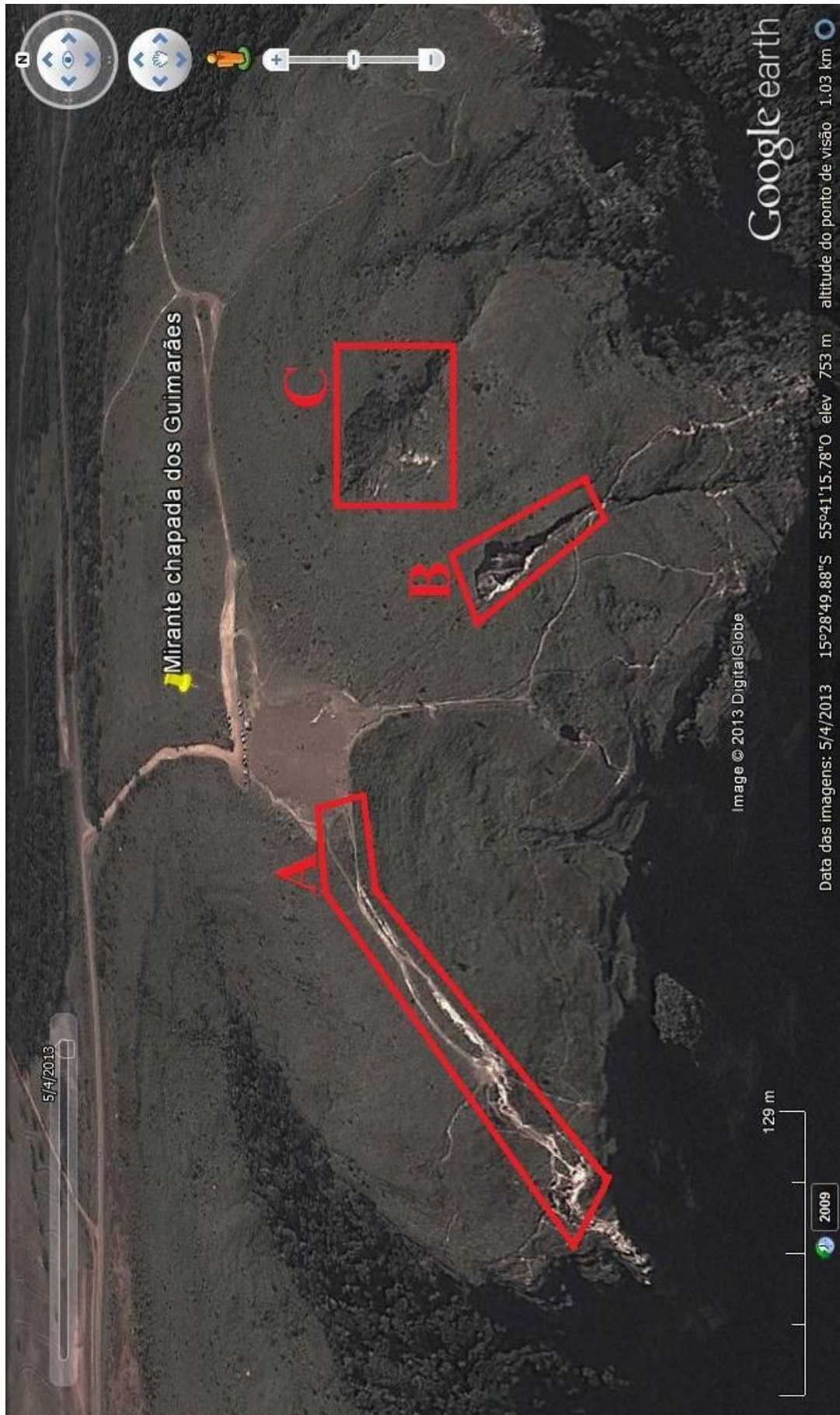


Figura 4 – Mapa de ocorrências das erosões selecionadas (modificado de GOOGLE EARTH, 2013).



### 6.1.1 Erosão A

Essa erosão se apresenta na forma de sulco e ravina, cuja ficha de cadastro encontra-se descrita no Quadro 1. Desenvolveu-se ao longo de uma trilha turística, instalada em um espigão. A trilha inicia-se na parte mais alta e plana do relevo, local desprotegido de cobertura vegetal, tendo em superfície uma camada de couraça. Trata-se de material resistente à ação erosiva e de baixa permeabilidade, favorecendo o escoamento concentrado das águas de chuva.

Quadro 1 - Ficha cadastral erosão A

Ficha de Cadastro de Erosão		
1. Identificação e localização da erosão		
Nome: Trilha do Trampolim	Local: Mirante do Geodésico – Chapada dos Guimarães-MT	
Acesso: Rodovia MT 251 km 8.		
2. Dados Regionais		
Bacia Hidrográfica: Bacia do Aricá.	Geomorfologia: Encosta escarpada na borda do planalto dos Guimarães.	
Geologia: Argilitos da Formação Ponta Grossa e arenitos da Formação Furnas.	Pedologia: Plintossolo pétrico e couraça ferruginosa.	
3. Dados geométricos da erosão		4. Características da área de contribuição
Comprimento(m): 186	Largura média(m): 2	Profundidade(m): 3,35
5. Interação da erosão com o uso da terra		
A erosão do tipo sulco e ravina desenvolveram-se ao longo de uma trilha de visitação turística, instalada em um esporão digitado que separa duas encostas côncavas (coletoras de água superficial). A trilha se inicia na parte mais alta e plana do relevo, onde ocorre a camada de couraça aflorante desprotegida de cobertura vegetal, onde inicia o escoamento das águas pluviais ao longo da trilha.		
6. Identificação da ficha		
Equipe Aline, Fernando Ximenes e Prudêncio Castro Jr.	Data: 11.10.13	Criticidade: Alta
7. Dinâmica/Fenomenologia:		

A camada aflorante de couraça impede a infiltração das águas pluviais, favorecendo o escoamento superficial. Onde ela ocorre, observa-se mais resistência ao aprofundamento de processos erosivos, dando origem a sulcos e ravinas pouco profundos. À medida que desce para os terços médio e inferior do esporão digitado a couraça vai desaparecendo, as águas pluviais adquirem maior energia de escoamento e dessa forma favorece o aprofundamento do processos de ravinamento, que inclusive já se encontram na parte aflorante do arenito Furnas, mais erodível que os argilitos da formação superior.

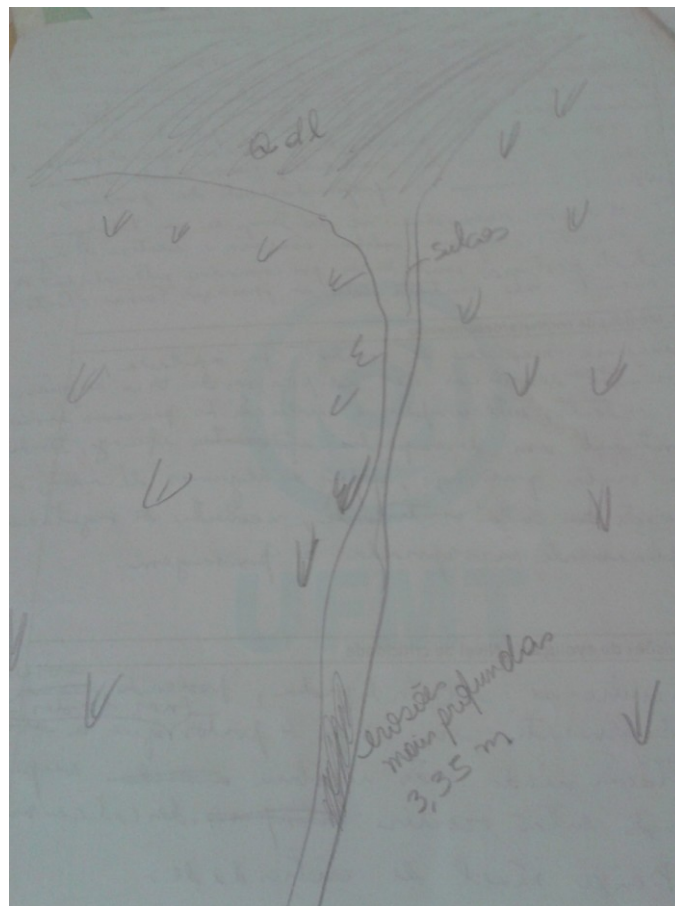
#### 8. Medidas de combate/desempenho

Nenhuma foi adotada

#### 9. Previsões de evolução e Nível de criticidade

O processo erosivo tende a evoluir, principalmente no terço inferior da encosta, onde se observa afloramentos dos arenitos da Formação Furnas, mais erodíveis. A proximidade com a escarpa arenítica vertical favorece a ocorrência de outros movimentos de massa, como queda de blocos.

#### 10. Croqui da erosão



Fonte: IPT/DAEE

A infiltração da água superficial na trilha é muito baixa devido à presença de camada de couraça ferruginosa; composição argilosa da rocha; compactação da camada superficial do solo e a ausência de vegetações em todo seu percurso. O início do trajeto da trilha é coberto por couraça e onde essa camada ocorre observa-se mais resistência ao aprofundamento de processos erosivos, surgindo apenas sulcos e ravinas pouco profundas (Figura 5).



Figura 5 - Início da trilha a montante da erosão A, com camada de couraça.

À medida que se atinge os terços médios e inferiores do espigão a couraça vai desaparecendo e concomitantemente as águas pluviais adquirem maior energia de escoamento devido ao aumento de declividade e dessa forma as erosões lineares tomam maior proporção



resultando em ravinas muito profundas, principalmente nos trechos onde aflora camadas de arenito da porção de transição entre as Formações Furnas e Ponta Grossa (Figura 6).



Figura 6 – Erosão nas camadas de arenito da Transição Furnas/Ponta Grossa.

As camadas de arenito se degradam ainda mais com o impacto das gotas da chuva (Figura 7) e com a ação do vento, que é muito atuante na região, e atinge o local com muita intensidade.



Figura 7 – Marcas do impacto das gotas de chuva.

Outro fato que agrava o processo erosivo nessa trilha é a total falta de infraestrutura para a atividade turística. Essa é a principal trilha de visitação do local, pela qual passam turistas diariamente e que, em busca de melhores condições de acesso e locomoção, iniciam caminhos alternativos, paralelos e próximos das erosões lineares existentes (Figura 8). Essa ação faz com que haja a destruição da vegetação às margens das trilhas, que sofrem alargamento devido ao pisoteio, erosão de encostas devido ao traçado inadequado e a falta de drenagem adequada às necessidades do local.





Figura 8 - Caminhos alternativos na trilha.

A forma como esse local está sendo usado o torna uma área de alto risco de desenvolvimento de processos erosivos irreversíveis, pois já se encontra em avançado estado de alteração e encontra-se em um local de difícil acesso para tomada de medidas corretivas.

Em resumo o modelo fenomenológico da erosão A apresenta as seguintes características:

- Tipo: sulco e ravina.
- Causa: escoamento superficial em trilha em espigão.
- Condicionantes principais: rampa residual de chapada sem vegetação, presença de couraça ferruginosa, que induz o escoamento superficial e camadas de arenito da transição Furnas/ Ponta Grossa são mais susceptíveis a erosão.
- Condicionantes secundários: precipitação e vento diretamente sobre a o terreno erodido.
- Motivo da causa: falta do Plano de Manejo do Mirante.

### 6.1.2 Erosão B

A erosão B encontra-se descrita por meio de ficha de cadastro apresentada no Quadro 2, sendo caracterizada como erosão linear do tipo ravina, pois, apesar de suas dimensões não foram encontradas evidências do fenômeno de *piping*, considerado como característica fundamental para a classificação de boçoroca, de acordo com autores como Salomão (1994); Infanti Júnior e Fornasari Filho (1998); Almeida Filho *et al.*, (2001) e outros.

A alteração do argilito da origem a um horizonte muito argiloso e siltoso. Provavelmente contendo argila expansiva. Esse material resultante do intemperismo quando absorve água e seca da origem a fissuras que provocam a desagregação de pequenas partículas reproduzindo processo do meio físico conhecido por desagregação superficial ou empastilhamento. O alargamento da ravina se deve a esse processo de desagregação superficial que provoca o descalçamento das camadas sobrejacentes e o desmoronamento. Esse conjunto de fenômenos e processos do meio físico permitiram o alargamento da ravina, tal processo, de desagregação e empastilhamento foi constatado próximo a área de estudo por Salomão, Madruga e Migliorini (2012).

É possível que o seu formato se deva a presença de argilas expansivas presentes nos argilitos e folhelhos da Formação Ponta Grossa. O movimento de retração e expansão dessas argilas fazem com que blocos do argilito se soltem do horizonte rochoso de modo a alargar a ravina no encontro com a Formação Ponta Grossa.

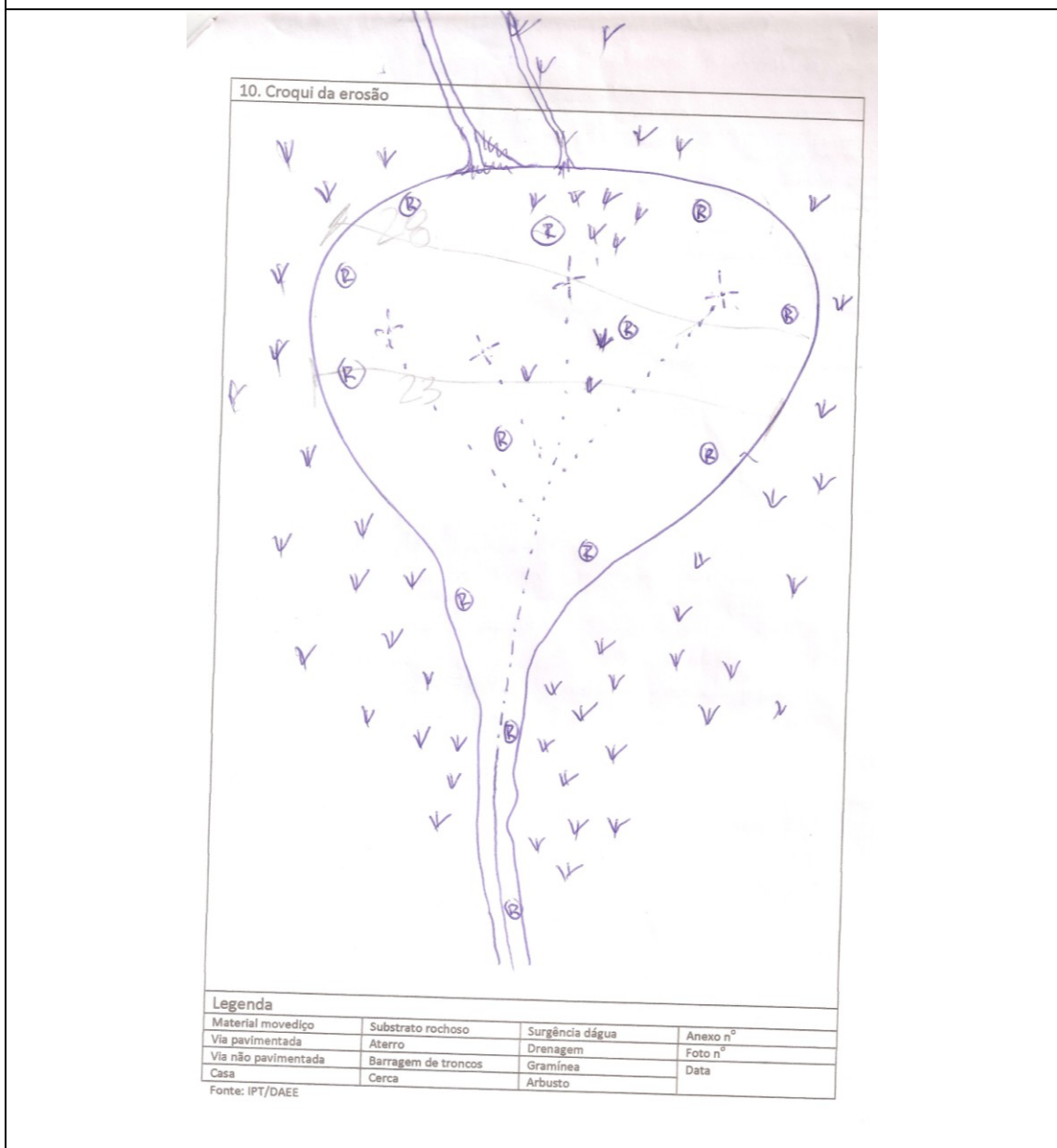
Quadro 2 - Ficha de cadastro da Erosão B

Ficha de Cadastro de Erosão	
1. Identificação e localização da erosão	
Nome: Erosão atual fora da trilha	Local: Mirante do Geodésico – Chapada dos Guimarães-MT
Acesso: Rodovia MT 251 km 8.	
2. Dados Regionais	
Bacia Hidrográfica: Bacia do Aricá.	Geomorfologia: Encosta escarpada na borda do planalto dos Guimarães.
Geologia: Transição Argilitos da Formação Ponta Grossa e arenitos da Formação Furnas.	Pedologia: Horizonte A, 1C (Alteração da laterita), 2C (alteração do argilito)

3. Dados geométricos da erosão		4. Características da área de contribuição	
Comprimento(m):98	Profundidade(m): 17	Largura media(m): 25	
5. Interação da erosão com o uso da terra			
<p>Essa erosão apresenta trechos de sulcos e ravinas profundas. Desenvolveram-se devido a retirada da cobertura vegetal no topo da encosta, pelo pisoteio excessivo de turistas na frágil vegetação nativa (graminosa). O solo exposto, desprotegido de vegetação e coberto por couraça, conduz a água pluvial de maneira concentrada ao longo do talvegue, escavando sulcos, que evoluem para ravinas muito profundas, só não caracterizadas como boçoroca por não ter sido encontrado características do fenômeno de <i>piping</i>.</p>			
6. Identificação da ficha			
Equipe: Aline, Fernando Ximenes e Prudêncio Castro Jr.		Data: 11.10.13	Criticidade: Alta
7. Dinâmica/Fenomenologia			
<p>A erosão inicia na forma de sulco na parte superior da vertente onde o relevo é mais plano e recoberto por uma resistente camada de couraça ferruginosa. Descendo a encosta a couraça apresenta-se em estado alterado, bastante fragmentada, permitindo a infiltração da água. A partir daí inicia uma forma erosiva que atinge dezenas de metros de profundidade, que se desenvolve ao longo do talvegue de uma encosta côncava coletora de água.</p> <p>Dentro da erosão ocorrem movimentos de massa do tipo fluxo de lama e detritos, escorregamento e queda de blocos de argilito.</p> <p>A água infiltra pouco no argilito ai escoar e vai na erosão/escorregamento. A maior profundidade e largura dessa ravina localiza-se na porção do contato transicional entre a Formação Furnas e Ponta Grossa.</p>			
8. Medidas de combate/desempenho			
<p>Nenhuma medida de combate esta implantada.</p> <p>Devem-se implantar medidas relacionadas à dissipação do escoamento das águas superficiais, implantando trilhas em locais definidos e de forma a permitir a recomposição da vegetação nos locais com solo exposto.</p>			
9. Previsões de evolução e Nível de criticidade			
<p>Pelo descalçamento recente dos horizontes superiores, constituídos de material argiloso, observa-se que a erosão encontra-se em processo acelerado de evolução remontante na encosta, e poderá avançar até a porção que apresenta uma camada de couraça bem preservada, a qual representa um obstáculo ao avanço da erosão.</p> <p>Avanço maior forma outro anfiteatro erosivo</p>			



Alto nível de criticidade, devido ao ritmo acelerado de evolução e de degradação ambiental.  
10. Croqui da erosão



Na cabeceira dessa ravina é possível observar movimentos de massa do tipo fluxo de detritos, corrida de lama e queda de blocos (Figura 9), caracterizando assim o que Guidicini e Nieble (1984) chamam de movimentos complexos de massa.



Figura 9 - Cabeceira da Erosão B.

Possivelmente a erosão teve início em decorrência do escoamento superficial concentrado das águas pluviais, provenientes do topo da encosta coberta por couraça ferruginosa, em uma antiga trilha que foi observada em fotos aéreas de 1998 (Figura 10) que passava paralelamente a esta erosão (Figura 11). O local apontado pela seta presente na imagem indica o local onde a erosão possa ter iniciado.



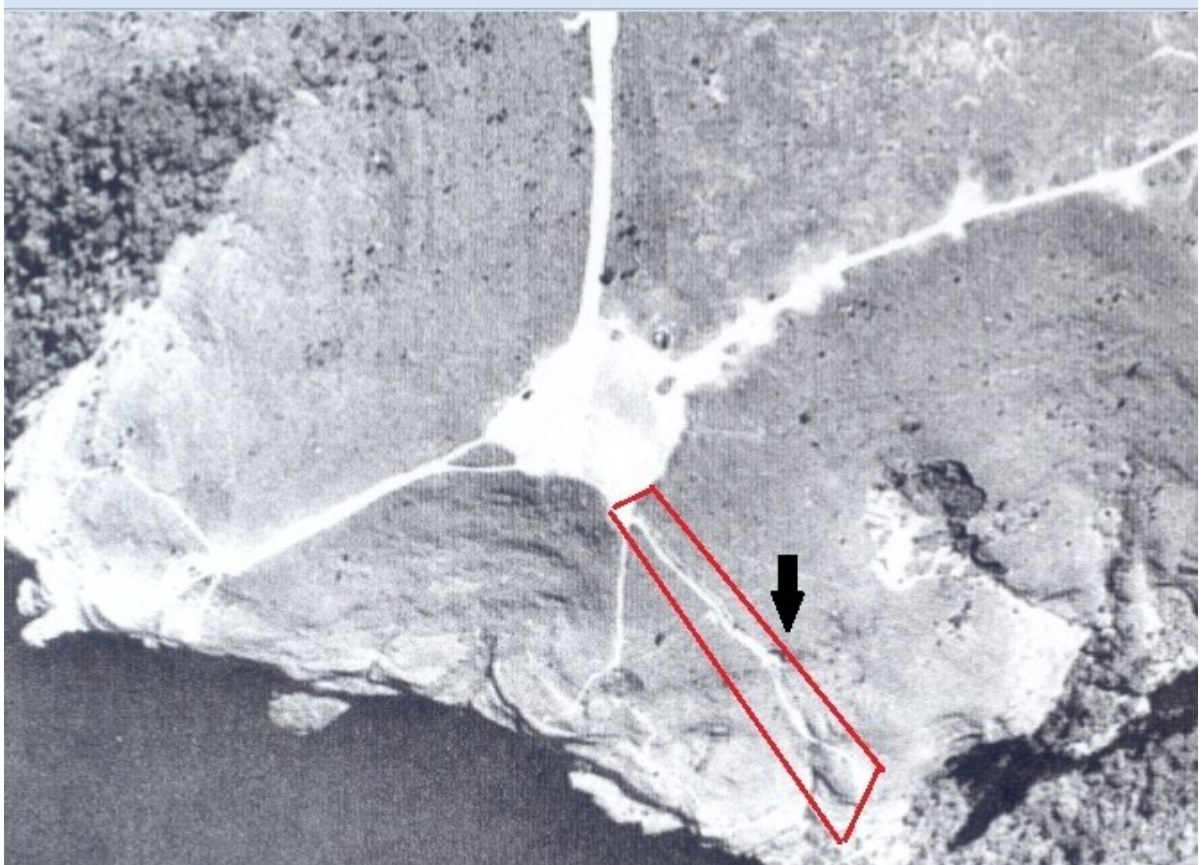


Figura 10 - Foto aérea de 1998, com destaque para a trilha.



Figura 11 - Polígono localizando a antiga trilha (modificado de GOOGLE EARTH, 2013).

O escoamento concentrado deve ter causado sulcos e ravinas na trilha, que ao atingir a porção da encosta composta litologicamente por camadas alternadas de argilito e arenito, da transição Furnas/Ponta Grossa, teve um avanço mais intenso, pois as camadas de arenito são mais suscetíveis aos processos erosivos.

Possivelmente o surgimento dessa erosão afastou os turistas da trilha que existia ali e com isso a vegetação ocupou novamente o seu lugar na trilha, ficando apenas marcas de sulcos no local (Figura 12).



Figura 12 - Marca de sulcos da antiga trilha (modificado de GOOGLE EARTH, 2013).

Como a água pluvial continuou a escoar de forma concentrada nesse local a erosão se desenvolveu de forma a chegar à atual situação e tende a se agravar caso esse escoamento não seja interrompido, já que até o momento nenhuma medida de combate foi implantada. Seu nível de criticidade é alto, devido ao ritmo acelerado de evolução.

Em resumo, o modelo fenomenológico da erosão B apresenta as seguintes características:

- Tipo: erosão linear: sulcos e ravinas; erosão laminar.
- Causa: escoamento superficial concentrado; trilha.



- Condicionantes principais: rampa residual de chapada sem vegetação, encosta com solo raso e presença de couraça ferruginosa, e utilização do talvegue como trilha.
- Motivo da causa: falta do Plano de Manejo do Mirante.

### 6.1.3 Erosão C

A erosão C encontra-se estabilizada. Sua cicatriz é de uma erosão profunda do tipo ravina (Figura 13). Desenvolveu-se ao longo de uma linha de talvegue como a erosão B. No topo da linha de talvegue há uma pequena área que era utilizada como estacionamento de onde os turistas visualizavam a paisagem. O uso desse local fez com que as águas pluviais escoassem de forma concentrada encosta abaixo, dando origem a sulcos na vertente. A ficha de cadastro da erosão C é apresentada no Quadro 3.



Figura 13 - Erosão C estabilizada, do tipo ravina.

Quadro 3 - Ficha de cadastro da Erosão C

Ficha de Cadastro de Erosão		
1. Identificação e localização da erosão		
Nome: Erosão do mirante, estabilizada.		Local: Mirante do Geodésico – Chapada dos Guimarães-MT
Acesso: Rodovia MT 251 km 8.		
2. Dados Regionais		
Bacia Hidrográfica: Bacia do Aricá.		Geomorfologia: Encosta escarpada na borda do planalto dos Guimarães.
Geologia: Argilitos da Formação Ponta Grossa e arenitos da Formação Furnas.		Pedologia: Plintossolo pétrico e couraça ferruginosa.
3. Dados geométricos da erosão		4. Características da área de contribuição
Comprimento(m): 123	Profundidade (m): Não foi possível medir in loco	Largura media(m): 40
5. Interação da erosão com o uso da terra		
<p>A erosão profunda do tipo ravina ou boçoroca (definir em outra etapa) desenvolveu-se ao longo de uma encosta escarpada na borda do Planalto dos Guimarães. No terço superior da encosta havia uma pequena área de estacionamento. O uso desse local fez com que as águas pluviais escoassem de forma concentrada encosta a baixo, dando origem a sulcos na vertente, que se aprofundaram ao alcançar o terço médio, transformando-se em ravinas ou boçorocas. Entretanto, não foi possível definir seu comportamento como boçoroca, pois esta erosão já se encontra estabilizada, com revegetação natural bem evoluída.</p>		
6. Identificação da ficha		
Equipe: Aline, Fernando Ximenes e Prudêncio Castro Jr.	Data: 11.10.13	Criticidade: Baixa
7. Dinâmica/Fenomenologia		
<p>Surgiram erosões em forma de sulcos na superfície do terreno, devido ao escoamento concentrado de águas pluviais advindas do estacionamento localizado no topo da encosta. Na parte superior da vertente ocorre uma camada resistente de couraça ferruginosa que sustenta o relevo e protege a encosta da erosão acelerada. Porém essa couraça, ao longo do tempo, vai sofrendo alterações químicas e físicas na vertente pela ação do intemperismo e até mesmo pelo próprio escoamento superficial das águas de chuva, tornando-se suscetíveis ao rompimento da camada e iniciando os processos erosivos que vão se aprofundando. A erosão se desenvolveu ao longo de um talvegue de uma encosta côncava coletora de água, com substrato geológico constituído por camadas intercaladas de argilito e arenito no contato entre as Formações Furnas e Ponta Grossa.</p>		

### 8. Medidas de combate/desempenho

Nenhuma medida de combate foi adotada com relação ao processo erosivo. Porém, por medidas de segurança para os visitantes do local, foi restringido o acesso à pequena área de estacionamento, e dessa forma interrompeu-se o processo de escoamento concentrado da água de chuva e cessou o processo erosivo na vertente, de modo que, a erosão está controlada, recoberta de vegetação e plenamente incorporada à paisagem.

### 9. Previsões de evolução e Nível de criticidade

A erosão encontra-se estabilizada, podendo evoluir, eventualmente, em 3 ou 4 pontos, nas bordas em que a vegetação ainda não recobriu o solo exposto, podendo então ocorrer descalçamentos das bordas. Baixo nível de criticidade.

### 10. Croqui da erosão



Os sulcos se aprofundaram ao alcançar o terço médio, transformando-se em ravina. Na parte superior da vertente ocorre uma camada resistente de couraça ferruginosa que sustenta o relevo e protege a encosta da erosão acelerada. Porém essa couraça, ao longo do tempo, vai sofrendo alterações químicas e físicas na vertente pela ação do intemperismo e até mesmo pelo próprio escoamento superficial e infiltração das águas de chuva, tornando suscetível o rompimento da camada e iniciando os processos erosivos que vão se aprofundando. A dinâmica de evolução desta erosão é semelhante a da erosão B.

Nenhuma medida de combate foi adotada com relação ao processo erosivo, entretanto bastou que uma pequena área utilizada para visualização fosse interditada com a colocação de blocos rochosos (Figura 14), para que fosse interrompido o processo de escoamento concentrado da água de chuva, tendo cessado o processo erosivo na vertente. Atualmente, as cicatrizes desse processo erosivo encontram-se recobertas por vegetação e incorporadas à paisagem, demonstrando assim que o local apresenta poder de resiliência, que é a capacidade do ecossistema de recuperar suas condições anteriores ao distúrbio sem intervenção humana (EMBRAPA, 2013), ou seja, o ecossistema foi capaz de se recuperar assim que a intervenção humana foi eliminada.



Figura 14 - Área de visitação que foi interditada.



A erosão encontra-se estabilizada, apresentando baixo nível de criticidade. Porém pode evoluir, eventualmente, em 3 ou 4 pontos, nas bordas em que a vegetação ainda não recobriu o solo exposto (Figura 15), podendo então ocorrer descalçamentos das bordas.

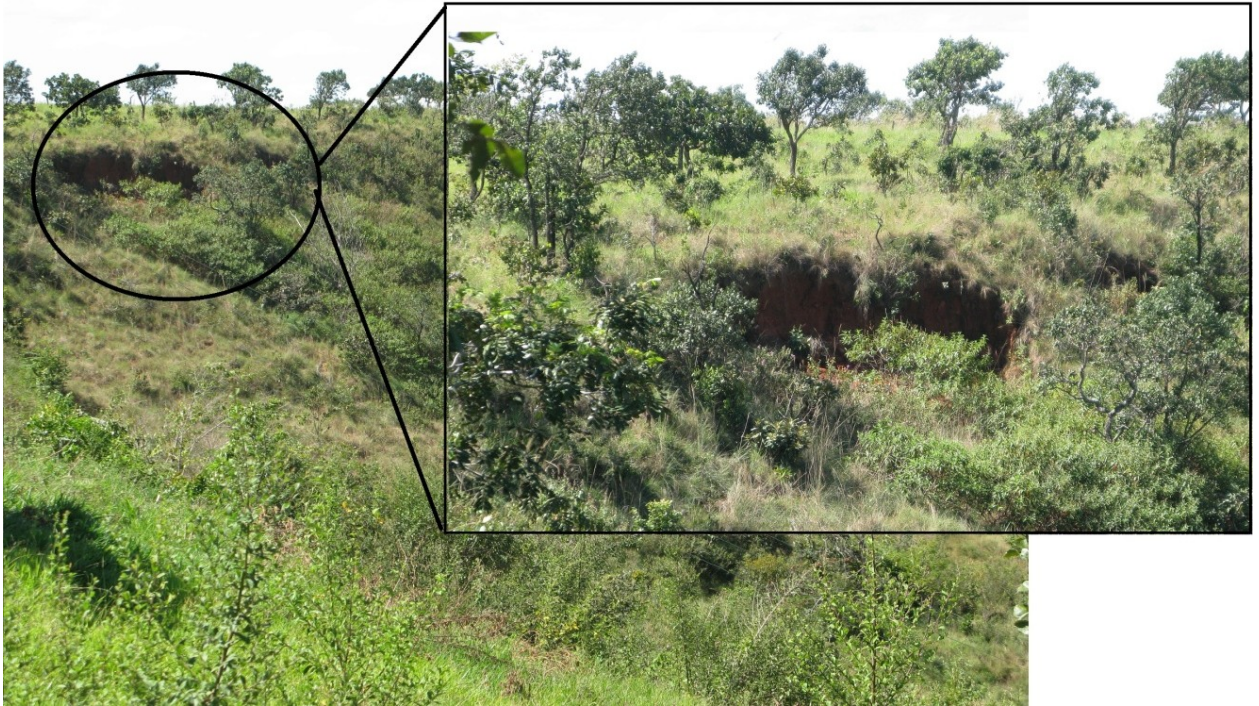


Figura 15 - Borda da erosão C com solo exposto.

#### **6.1.4 Evolução dos processos erosivos**





Em 11 de Outubro de 2013, início do período chuvoso, foi realizada coleta de dados no local, no Quadro 1 estão algumas fotografias desta data ao lado de fotografias do mesmo ponto, registradas em 22 de abril de 2014, última etapa de campo, realizada após o período de chuvas.



Quadro 4 - Imagens comparativas entre o início e o fim do período de chuvoso.





<p>11/10/2013</p>	<p>22/04/2014</p>
<p>C1</p> 	<p>C2</p> 
<p>11/10/2013</p>	<p>22/04/2014</p>
<p>D1</p> 	<p>D2</p> 



No decorrer de seis meses os sulcos, mostrados na imagem A1 e B1, com cerca de 2 a 7 cm de profundidade em 11/10/13, na imagem A2 e B2, chegaram a profundidades de até 45 cm em 22/04/14. As imagens C1 e C2 mostram que no período de seis meses processos erosivos do tipo laminar transformaram-se em sulcos. No decorrer desses seis meses foi possível observar a ocorrência de desmoronamentos do talude da erosão B, como ilustrado nas imagens D1 e D2.

Fotos da etapa de campo de 08 de fevereiro de 2013 foram utilizadas para comparação com fotos de 22 de abril de 2014, ilustrando a evolução da erosão B em pouco mais de dois meses de período chuvoso, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5- Comparação da evolução da erosão B.



Entre as imagens E1 e E2 do Quadro 5 se passaram apenas 74 dias, um período em que ocorre chuvas intensas no local, o que agravou de forma acelerada os processos erosivos. A porção da ravina mostrada nas imagens E, que em 08/02/14 atingia cerca de 2 metros de profundidade, se aprofundaram mais 0,5 m até 22/04/14.

Outra erosão teve início recente no local (Figura 16), com desenvolvimento semelhante ao da Erosão B. O escoamento superficial está causando ravinas profundas em outra trilha existente no ponto turístico (Figura 17), que direcionam todo o volume de água em direção à escarpa, e ao encontrar a porção de transição Furnas/Ponta Grossa a erosão torna-se mais profunda (Figura 18).



Figura 16 - Localização de manifestação de novo processo erosivo (modificado de GOOGLE EARTH,2013).

Tal processo erosivo não foi analisado por estar em um local de alta declividade e muito próximo ao precipício da escarpa, oferecendo risco de queda, porém, devido à semelhança fenomenológica com a erosão B e possivelmente com a C também, ela está aqui citada para documentar seu desenvolvimento como um comportamento típico na área.





Figura 17 - Ravina na trilha



Figura 18 - Processo erosivo de desenvolvimento mais recente.



## 6.2 Topossequência

A seção de topossequência foi realizada paralela à linha de talvegue da encosta onde se encontra a Erosão B. Tal linha coincide com o traçado de uma antiga trilha. O ponto inicial da topossequência coincidiu com o local onde se encontra o vértice geodésico de 1ª ordem do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o marco de Referencia de Nível – Teixeira (Figura 19).



Figura 19 - Início da topossequência.

O levantamento da topossequência foi iniciado no vértice do marco topográfico do IBGE (Figura 19), e o seu transecto encontra-se ilustrado na Figura 20, com a identificação de 12 pontos de descrição da cobertura pedológica.

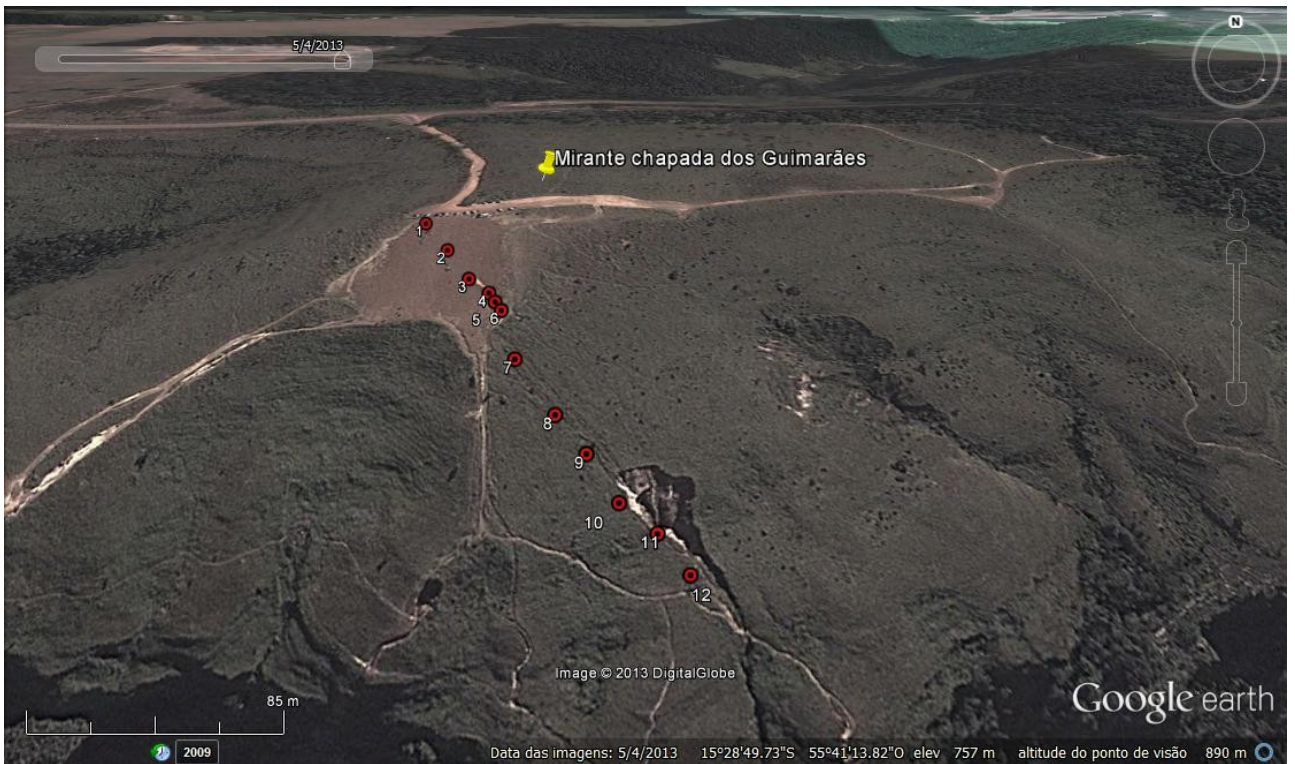


Figura 20- Pontos investigados na topossequência (modificado de GOOGLE EARTH, 2013).

A Figura 21 apresenta a topossequência realizada.

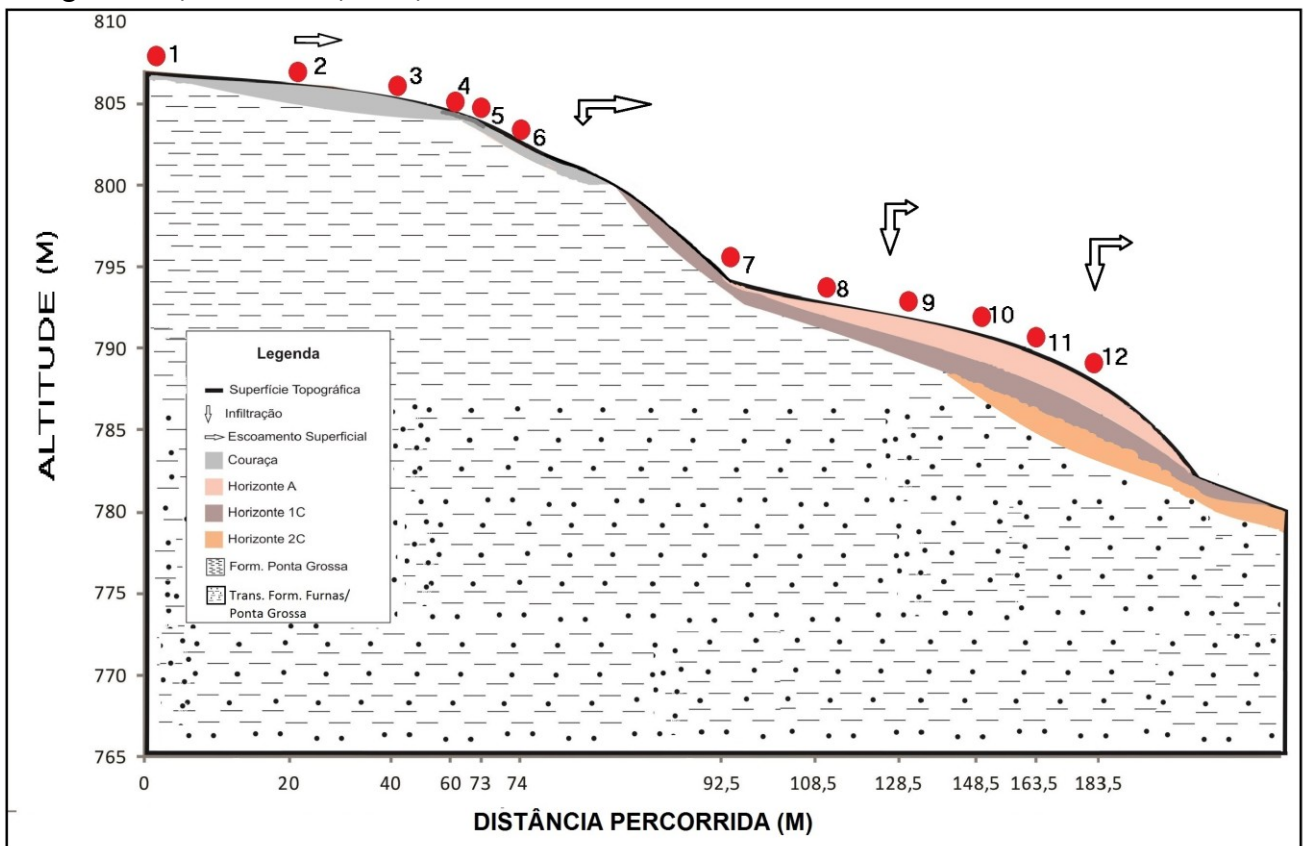


Figura 21 - Seção de topossequência ilustrando a estrutura pedológica, dinâmica hídrica, geometria e pontos analisados na vertente.



Na porção superior da vertente, com extensão aproximada de 80 metros, aflora camada de couraça sobre o substrato rochoso com ausência do horizonte A, removido por erosão laminar. A jusante desse trecho nota-se a existência de horizonte A com espessura máxima de 15 cm sobreposto à camada de couraça ferruginosa muito alterada (horizonte 1C). Abaixo do horizonte 1C observa-se a existência do horizonte 2C, constituído por alteração do substrato rochoso. No segmento mais de montante da vertente as águas de chuva praticamente não se infiltram escoando-se em superfície sobre a camada de couraça ferruginosa, e no trecho de jusante a água de chuva tende a infiltrar-se no horizonte superficial (horizonte A) e parcialmente no horizonte 1C, tendendo ao escoamento subsuperficial.



Entre os pontos 1 e 4 a declividade é muito baixa (máxima de 5%), não se observando nesse trecho evidência erosiva linear. A partir do Ponto 4 até o Ponto 7 observa-se significativo aumento da declividade, com declividade média de 52%, observando-se ocorrência de erosão na forma de sulcos, apenas em porções desmatadas do terreno. Entre os Pontos 1 e 7 observa-se afloramento de couraça ferruginosa, que dificulta o aprofundamento erosivo, mesmo em porções desmatadas da vertente (Figura 22).



Figura 22 - Ponto onde se iniciam sulcos e ravinas.

No ponto 7 foi possível caracterizar a cobertura pedológica tendo em vista a ocorrência nesse local de um sulco que evidencia os horizontes do solo. Quadro 6 apresenta uma caracterização do perfil do solo, constituído por horizonte A com apenas 15 cm de espessura sobre camada de couraça ferruginosa alterada, tratando-se de Plintossolo Pétrico.

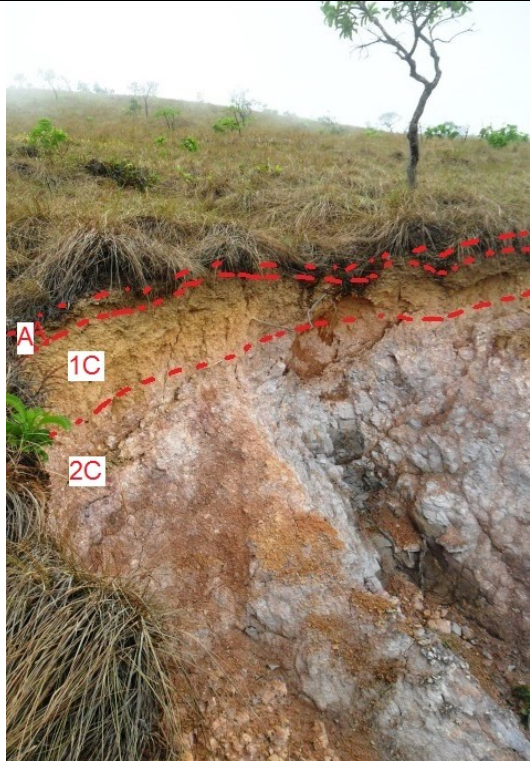
Quadro 6 - Descrição da cobertura pedológica no ponto 7.

Solo	Profundidade	Textura	Cor	Foto
Horizonte A	15 cm	Argilo arenosa com presença de raízes finas	7.5 YR 4/2	
Horizonte 1 C	8 cm	Matriz argilo arenosa, porém mais amarelada que o horiz. A, com fragmentos de couraça lamelares.	7.5 YR 5/4	

O Ponto 8 encontra-se a 16 metros a jusante do Ponto 7, apresentando as mesmas características pedológicas descritas no Ponto 7.

O ponto 9 localiza-se próximo à cabeceira da erosão, situado a 20 metros abaixo do Ponto 8. As características morfológicas dos horizontes do perfil de solo nesse local encontra-se descrito no Quadro 7, mostrando a existência de horizonte A com 15 cm de espessura sobre horizonte 1C constituído por material de alteração da couraça com 60 cm de espessura e horizonte 2C produto da alteração de argilito pertencente a Formação Ponta Grossa.

Quadro 7 - Descrição da cobertura pedológica no Ponto 9.

Solo	Profundidade	Textura	Cor	Foto
Horizonte A	15 cm	Argilosa com raízes finas.	7.5 YR 5/4	
Horizonte 1C	60 cm	Textura argilosa, de coloração amarelo avermelhado, com fragmentos de couraça.	7.5 YR 5/4	
Horizonte 2C	> 1m	Argilito arroxeadado da Formação Ponta Grosso		

O ponto 10 está localizado 20 metros abaixo do Ponto 9, com desnível topográfico de 2 metros. Portanto em trechos de encosta com 10% de declividade. Neste ponto foram observados os horizontes A, 1C, 2C e o substrato rochoso, cujas características morfológicas encontram-se apresentadas no Quadro 8. Nesse local foi possível observar que o horizonte 2C com apenas 10 cm de espessura é constituído por material produto da alteração de camadas alternadas de arenito e argilito, pertencente a transição Furnas/Ponta Grossa.



Quadro 8 - Descrição da cobertura pedológica no Ponto 10.

Solo	Profundidade	Textura	Cor	Foto
Horizonte A	15 cm	Argilo arenosa com presença de raízes finas	7.5 YR 4/2	
Horizonte 1 C	20 cm	Apresenta textura de matriz argilo arenosa, com fragmentos de couraça.	7.5 YR 5/4	
Horizonte 2C	10 cm	Argilo arenoso. Camadas de arenito e argilito alteradas.		
Rocha		Transição (camadas de argilitos e arenitos)		

O Ponto 11 está localizado a 20 metros abaixo do Ponto 10, situando-se logo após uma ruptura nítida de declive, com desnível topográfica de 4 metros. A declividade se acentua atingindo 20% no trecho entre o Ponto 10 e 11. A Figura 23 mostra a visão do ponto 11 para o ponto 10, ilustrando a ruptura de declive entre eles.



Figura 23 - Ruptura de declive entre o Ponto 10 e 11.

A partir do Ponto 12, último ponto da topossequência, a erosão diminui em sua largura, apresentando pouco mais de 1 metro. Deste ponto em diante observa-se presença de vegetação dentro da ravina. O perfil de solo aí observado tem suas características morfológicas descritas no Quadro 9.

Quadro 9 - Descrição da cobertura pedológica o no Ponto 12.

Solo	Profundidade	Textura	Cor	Foto
Horizonte A	15 cm	Argilosa com fragmentos de couraça	7.5 YR 5/4	
Horizonte 1C	Entre 0,80 a 1,10 m	Textura argilosa, de coloração amarelo avermelhado	7.5 YR 5/4	
Horizonte 2C	1m	Argilo arenoso. Camadas de arenito e argilito alteradas.		



Foi possível observar que a camada 2C é mais erodível do que a camada 1C, conforme ilustra a Figura 24. Assim ela se submete mais intensamente a processos erosivos da água que escoou no talude da ravina, deixando o horizonte 1C suspenso podendo sofrer escorregamento.

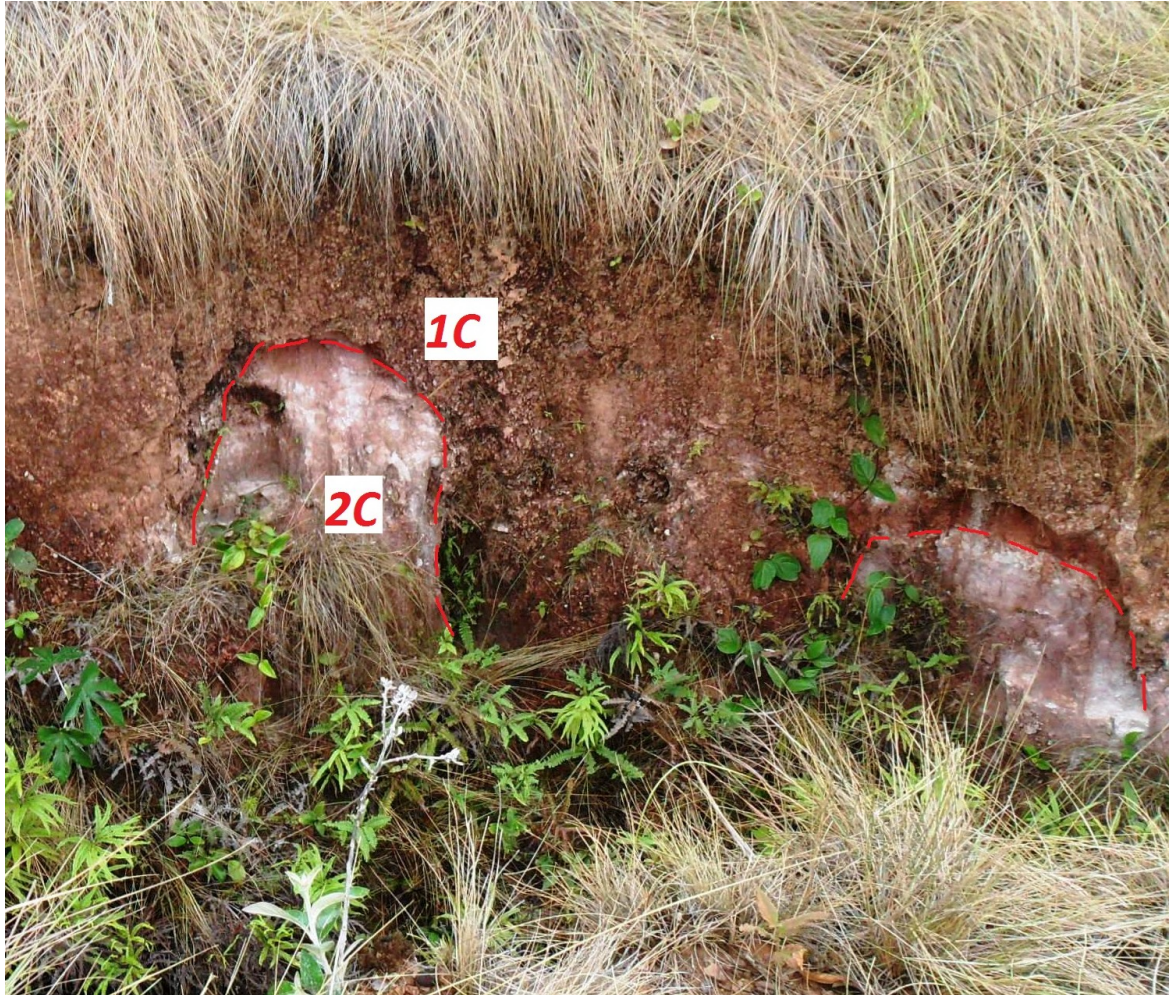


Figura 24 – Detalhe mostrando os horizontes 1C e 2C.

A Figura 25 representa a configuração topográfica da vertente obtida a partir do estudo da topossequência, identificando a existência de quatro setores com variações de declividade, que se encontram caracterizados no Quadro 10.



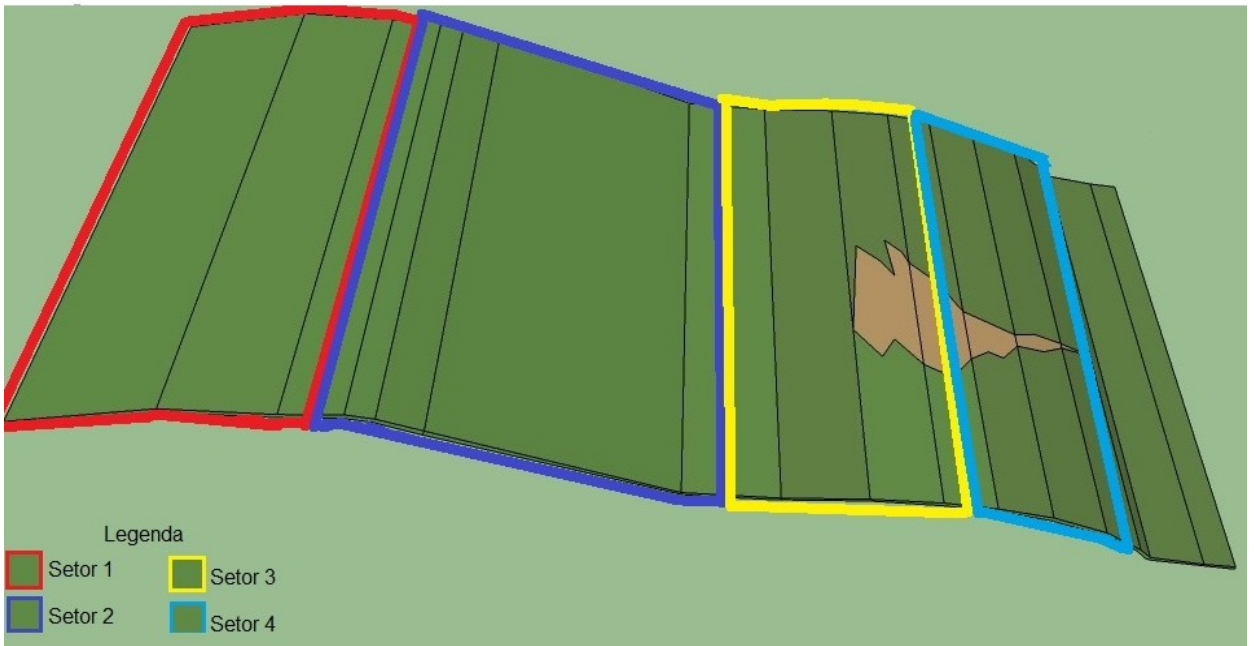
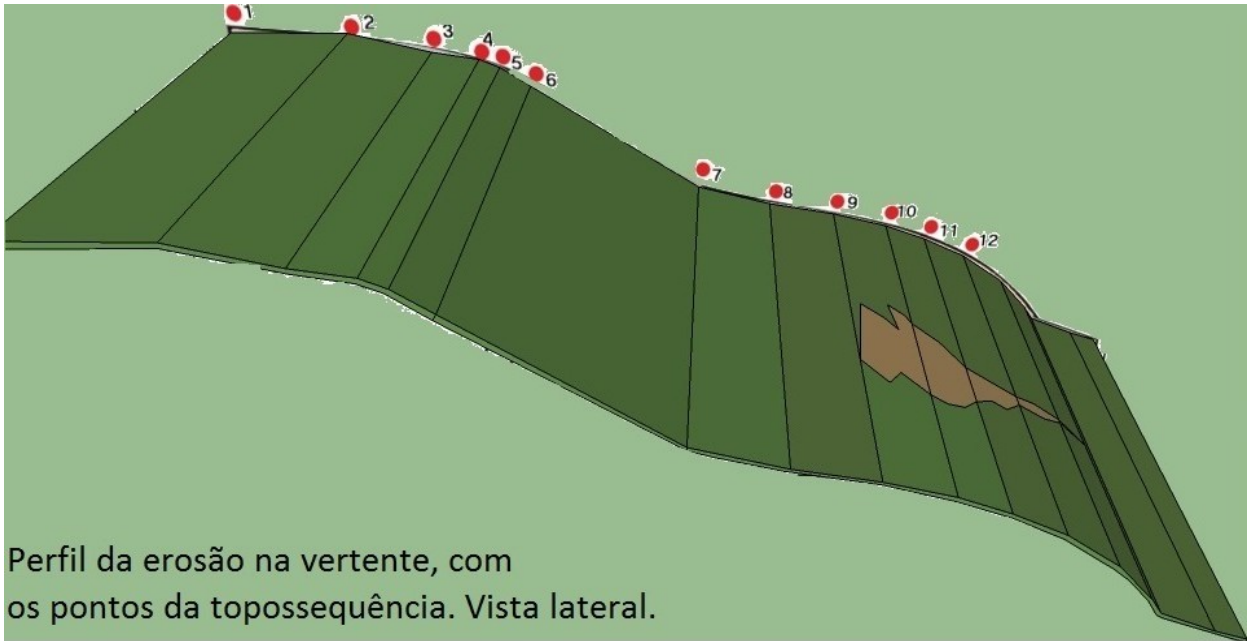


Figura 25 - Setores da vertente da topossequência.

Quadro 10 - Síntese da Topossequência

Setor	Ponto	Comprimento (m)	Declividade média %	Cobertura pedológica	Comportamento Hídrico	Ocorrência erosiva
1	1 – 3	50 m	3,5%	Couraça ferruginosa (Plintossolo Pétrico)	Predomínio de Escoamento Superficial.	Erosão laminar
2	4 – 7	45 m	52%	Couraça ferruginosa alterada (Plintossolo Pétrico)	Predomínio de escoamento superficial com baixa infiltração	Erosão laminar e sulcos
3	8-10	55 m	9%	Horizonte A Horizonte 1C Horizonte 2C (Plintossolo Pétrico)	Predomínio de escoamento superficial e infiltração apenas no horizonte superficial e escoamento em subsuperfície	Erosão laminar Sulcos e ravinas
4	11-12	33,5 m	26%	Horizonte A Horizonte 1C Horizonte 2C (Plintossolo Pétrico)	Predomínio de escoamento superficial e infiltração apenas no horizonte superficial e escoamento em subsuperfície	Erosão laminar Sulcos e ravinas

### 6.3 Unidades Geotécnicas

Devido à proximidade da área analisada pela Carta Geotécnica do perímetro urbana de Chapada dos Guimarães (SALOMÃO; MADRUGA; MIGLIORINI, 2012) com a área objeto deste estudo e a identificação, nesta área, de características do terreno semelhantes às

descritas por Salomão, Madruga e Migliorini (2012) extrapolamos a carta geotécnica destes autores de modo a utilizar a mesma legenda para a área do Mirante.

Das unidades geotécnicas de Salomão, Madruga e Migliorini (2012) foram identificadas na área deste estudo as unidades UG1 (Chapada) e UG5 (Transição Chapada – Frente de escarpa) (Figura 26), descritas a seguir, conforme características identificadas na área.

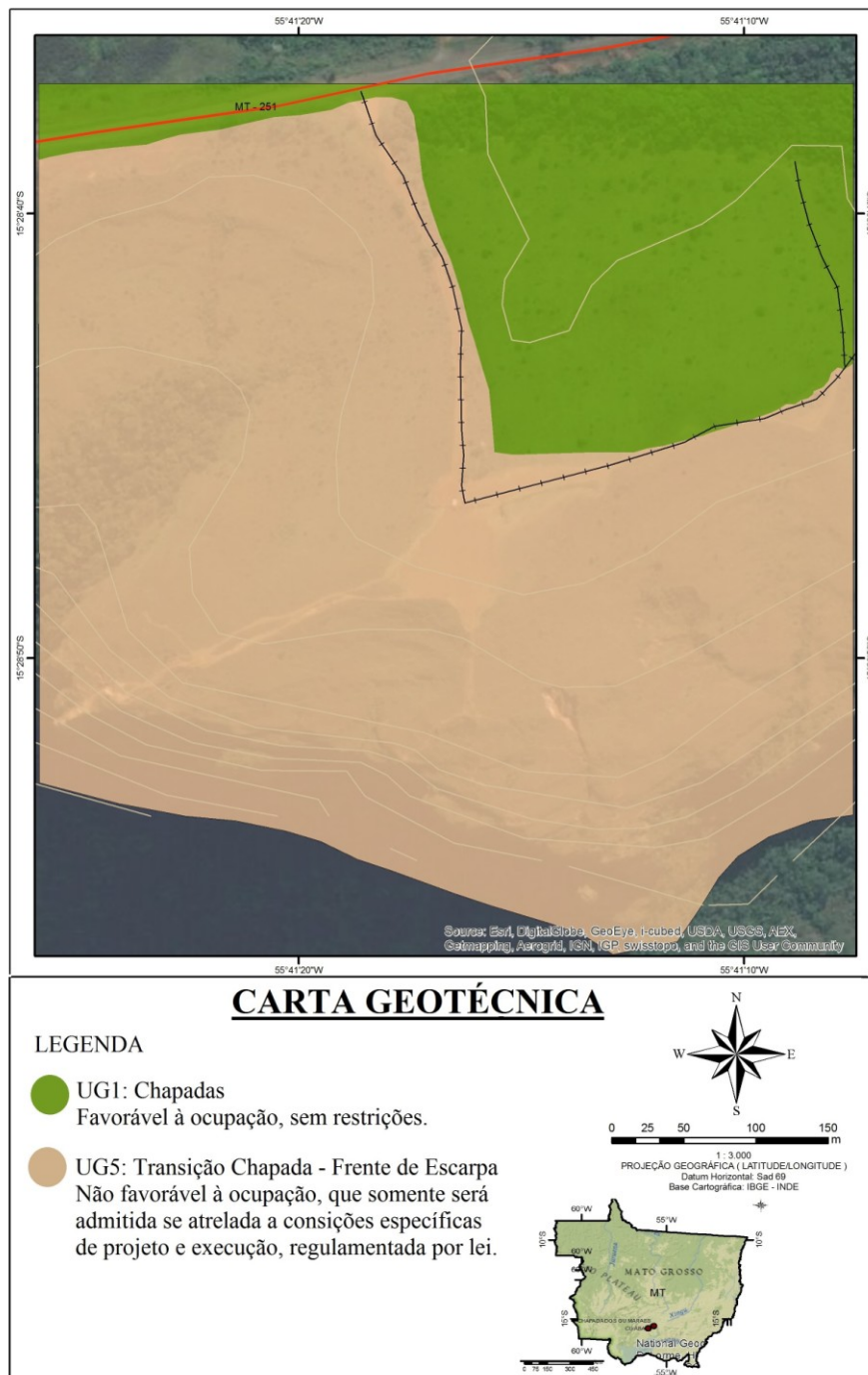


Figura 26 - Unidades Geotécnicas na área de estudo.

- UG1 - Chapada

A unidade geotécnica UG1 corresponde a áreas de cimeira do Planalto dos Guimarães, com terreno de topografia ligeiramente aplainada, em rampa, com declividade máxima de 6%, constituída por Latossolo e Plintossolo Pétrico, associados à Formações Ponta Grossa e transição Furnas/Ponta Grossa, constituídas por arenitos e argilitos.

Nas porções com predomínio de Plintossolo Pétrico o perfil pedológico favorece o escoamento superficial, por apresentar em pequena profundidade, camada de impedimento de drenagem, a camada de couraça ferruginosa que dificulta a infiltração das águas. Esse comportamento hídrico do terreno favorece a ação erosiva. Nas porções onde há predomínio de Latossolo, naturalmente permeáveis, a água infiltra com facilidade no horizonte latossólico que cobre a couraça. Assim, esses solos apresentam baixa erodibilidade.

De forma geral a UG1 apresenta alta suscetibilidade à erosão laminar e moderada à linear, desenvolvendo-se sulcos e ravinas quando desprotegidos da cobertura vegetal (SALOMÃO, 1999; 2007; SALOMÃO, MADRUGA, MIGLIORINI, 2012). A unidade é favorável à ocupação, porém, cuidados especiais, através de obras de drenagem devem ser tomados para impedir o escoamento concentrado das águas de chuva em direção aos talwegues e fundos de vales.

- UG5 - Transição Chapada – Frente de escarpa

A unidade geotécnica UG5 apresenta diferentes formas e feições de relevo, desde superfícies praticamente planas e em rampas suaves, representadas por restos residuais de Chapada, até feições topográficas muito declivosas constituídas por encostas e espigões. Grande parte dessa unidade apresenta boa cobertura vegetal, que vem permitindo a manutenção da estabilidade ambiental em setores de alta fragilidade. Porém a forma de uso do solo, realizada pelo turismo, tem retirado a cobertura vegetal de algumas pequenas áreas, o suficiente para desencadear graves problemas pontuais de erosão.

Através dos dados obtidos no desenvolvimento deste trabalho, realizado em escala de detalhe, foi possível dividir a unidade geotécnica UG5 em cinco subunidades geotécnicas (Figura 27), que se distinguiram em campo pela intensidade e desenvolvimento dos processos erosivos, sendo elas:



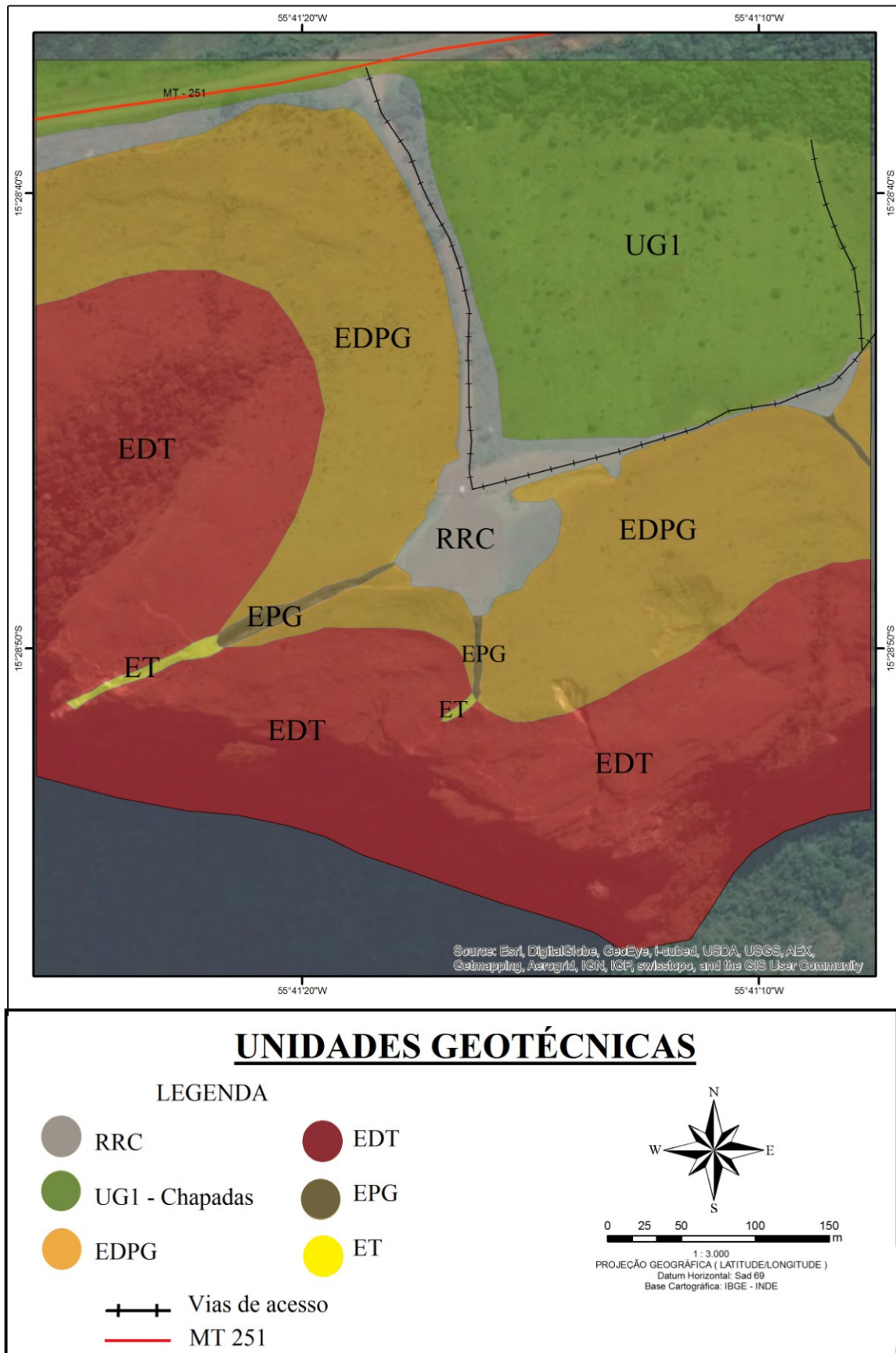


Figura 27 - Subunidades Geotécnicas.

- Rampas Residuais da Chapada (RRC).
- Espigão em rocha da Formação Ponta Grossa (EPG);
- Espigão em rocha da transição Furnas/Ponta Grossa (ET);
- Encosta declivosa em rochas da Formação Ponta Grossa (EDPG);
- Encosta declivosa em rochas da transição Furna/Ponta Grossa (EDT);

RRC: As áreas de domínio da subunidade geotécnica Rampas Residuais da Chapada, situam-se em cotas topográficas mais elevadas, em faixas de terrenos relativamente estreitas. Em um passado recente pertenceu às áreas de chapada, porém, durante o processo natural esta área passou a integrar a encosta com pequeno caimento altimétrico para o local onde ocorre à frente de escarpa do Planalto dos Guimarães não pertencendo mais a chapada, mas guardando características da mesma.

A cobertura pedológica dessa subunidade é constituída por Plintossolo Pétrico, em algumas porções pode apresentar apenas camada de couraça ferruginosa exposta em superfície que atua de modo a favorecer a impermeabilização do terreno e geram escoamento superficial. Apresentam baixa suscetibilidade à erosão laminar e linear por sulcos e ravinas (SALOMÃO, 1999; 2007).

A ocupação da subunidade RRC somente será admitida para fins voltados ao lazer e turismo, restrita a local com declividade inferior a 12%, e sua ocupação estará atrelada a condições específicas de projeto e execução, regulamentadas por lei, recomendando-se especial cuidado com a drenagem das águas de chuvas que se dirigem para as encostas, de maneira a proteger os terrenos contra processos erosivos.

EPG: Nesta subunidade a água escoar de forma concentrada em direção à frente de escarpa. É constituída por argilitos da Formação Ponta Grossa que se encontram encobertos por solos rasos caracterizados por Plintossolos Pétricos e camadas de couraça ferruginosa. Este solo apresenta, em seu estado natural, horizonte A com no máximo 10 cm de espessura e abaixo desse horizonte ocorre uma camada de couraça ferruginosa (F), que atua como uma capa protetora da rocha concedendo maior resistência às ações erosivas. Os processos identificados nesta área são apenas sulcos e erosão laminar causadas pelo grande volume de água que recebem do setor à montante. Quando desprovida da camada de laterita desenvolve-se ravinas, que podem chegar até cerca de 1 metro de profundidade. As erosões lineares

desenvolvidas nesta zona contribuem, ainda mais para a concentração do fluxo de água, que chega ao setor inferior (ET) com maior energia cinética.

ET: A subunidade ET esta inserida num contexto de relevo com características de divisor de águas, um espigão, assim como a EPG, porém esta subunidade é constituída por alternância de camadas de arenito e argilito, caracterizando a porção de transição entre as Formações Furnas e Ponta Grossa. Os locais de domínio da subunidade ET apresentam potencial erosivo maior que a subunidade EPG, pois devido a sua posição topográfica, abaixo da EPG recebe um volume maior de água de escoamento proveniente da encosta acima e com maior energia cinética. Sofre mais com a ação dos ventos, que são fortes e frequentes na região, e com os impactos das gotas de chuva, que promovem processos erosivos muito mais intensos nas camadas de arenito, sendo possível identificar no local ravinas de até 3,35 metros de profundidade. Na porção mais próxima a ruptura abrupta do declive da escarpa há movimentos de massa do tipo queda de blocos.

EDPG: Esta subunidade concentra o escoamento superficial das águas de chuva em direção às linhas de talvegue. Este setor apresenta as maiores declividades da encosta. É constituído por substrato rochoso de argilito da Formação Ponta Grossa. Desenvolveu Horizonte A com espessura de até 15 cm, ausente em algumas porções do terreno com declividades que chegam a 115% onde ocorreu erosão laminar, retirando este horizonte e expondo o horizonte inferior 1C de alteração da couraça ferruginosa (Plintossolo Pétrico). A baixa profundidade e a grande quantidade de cascalho de couraça ferruginosa no perfil do solo e o relevo inclinado são fatores que tornam alto o risco de erosão, devido à baixa permeabilidade, sulcos são facilmente formados nestes solos pelo escoamento superficial concentrado, mesmo quando eles apresentam boa cobertura vegetal.

EDT: A encosta declivosa da subunidade EDT é constituída por camadas de argilito e arenito intercalados, pertencente à porção de Transição das Formações Furnas e Ponta Grossa. Apresenta declividades mais suaves o que permite maior infiltração das águas superficiais, retidas pela cobertura vegetal e pela camada enriquecida em matéria orgânica, e assim desenvolve horizontes pedológicos mais profundos. As camadas de arenito e argilito mais próximas à superfície estão alteradas e tornaram-se mais suscetíveis aos processos erosivos. A presença da camada de vegetação natural permite que o escoamento se dê de forma controlada, porém a ausência da vegetação somada ao grande volume de água recebido pelas linhas de talvegues nestas áreas faz dela a subunidade com maior potencial a manifestações

erosivas intensas. Processos erosivos lineares na forma de sulcos e ravinas profundas foram observados apenas ao longo de trilhas e caminhos de maior visitação turística para a contemplação da beleza natural do local. Movimentos de massa do tipo queda de blocos são observados no limite entre a escarpa e a transição para a Depressão Cuiabana, identificado por observação de blocos rolados neste setor, que fica cerca de 600 metros de altitude, abaixo do planalto.

As subunidades geotécnicas EDT, EDPG, ET e EPG compreendem áreas de risco geológico não favorável à ocupação e não devem ser desmatadas de maneira a garantir a estabilidade do terreno. O Quadro 11 apresenta a síntese de algumas informações referentes as subunidades.

Quadro 11- Síntese das Unidades e Subunidades Geotécnicas

<b>Unidade</b>	<b>Funcionament o Hídrico</b>	<b>Processos do Meio Físico predominante</b>	<b>Potencialidades e limitações ao uso</b>	<b>Medidas preventivas e corretivas</b>
UG1	Infiltra com facilidade no horizontes A e B Latossolico, até profundidade aproximada de 2 m, e em camada de couraça praticamente não se infiltra.	Baixa suscetibilidade a erosão laminar e linear.	Favorável à ocupação, sem restrições.	Obras de drenagem para impedir o escoamento superficial concentrado.
RRC	Baixa infiltração das águas de chuva com predomínio de escoamento superficial.	Alta suscetibilidade a erosão laminar; Suscetível a ravinas e não suscetível a boçoroca.	Possível de ser utilizada com atividades de turismo e lazer, desde que adotadas praticas que permitam o disciplinamento do escoamento das águas de chuva.	Obras de drenagem para impedir o escoamento concentrado.



UG5	EPG	Baixa infiltração das águas de chuva com predomínio de escoamento superficial.	Alta suscetibilidade a erosão laminar; Suscetível a ravinas e não suscetível a boçoroca.	Não favorável à ocupação, devendo ser preservada e mantendo-se a cobertura vegetal.	Manutenção da cobertura vegetal e adoção de práticas voltadas à contenção dos processos erosivos instalados.
	ET	Baixa infiltração das águas de chuva com predomínio de escoamento superficial.	Alta suscetibilidade a erosão laminar; Suscetível a ravinas e não suscetível a boçoroca, podendo desenvolver ravinas profundas.	Não favorável à ocupação, devendo ser preservada e mantendo-se a cobertura vegetal.	Manutenção da cobertura vegetal e adoção de práticas voltadas à contenção dos processos erosivos instalados.
	EDPG	Baixa infiltração das águas de chuva com predomínio de escoamento superficial.	Alta suscetibilidade a erosão laminar; Suscetível a ravinas e não suscetível a boçoroca, podendo desenvolver ravinas profundas.	Não favorável à ocupação, devendo ser preservada e mantendo-se a cobertura vegetal.	Manutenção da cobertura vegetal e adoção de práticas voltadas à contenção dos processos erosivos instalados.
	EDT	Baixa infiltração das águas de chuva com predomínio de escoamento superficial.	Alta suscetibilidade a erosão laminar; Suscetível a ravinas e não suscetível a boçoroca, podendo desenvolver ravinas profundas.	Não favorável à ocupação, devendo ser preservada e mantendo-se a cobertura vegetal.	Manutenção da cobertura vegetal e adoção de práticas voltadas à contenção dos processos erosivos instalados.

Todas as unidades geotécnicas presentes na área de estudo são classificadas como suscetíveis a ravinas e não suscetíveis a boçorocas de acordo com Salomão (1999), que

estabelece como critérios para a definição nesta classe áreas favoráveis à concentração dos fluxos d'água, entretanto, com profundidades relativamente pequenas da cobertura pedológica e com ausência do lençol freático. De acordo com o autor, os processos erosivos por ravinamento ocorrem condicionados à declividade das encostas e a determinadas formas de ocupação, que favorecem a concentração de escoamento superficial das águas.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Com base na carta geotécnica a prevenção ainda é a melhor maneira de evitar os processos erosivos intensos, pois, uma vez instalados, torna-se quase inviável sua eliminação, restando como alternativa a sua estabilização para evitar a evolução do problema (GOULART, 2006).

As obras de proteção e drenagem das águas, através da colocação de obstáculos ou barreiras protetoras, minimizam os efeitos da erosão causados pelo escoamento superficial concentrado, atuando de forma a dissipar o fluxo d'água, reduzindo assim o volume e energia de escoamento. Escadas dissipadoras podem ser construídas nos taludes de maior inclinação, por terem capacidade de suportar maior fluxo e velocidade da água. As obras de drenagem devem ser dimensionadas de modo a atender as necessidades do local, de acordo com o índice pluviométrico e área de captação. Em locais de difícil acesso ou inacessíveis para o maquinário, as técnicas de bioengenharia de solos podem constituir a única alternativa viável para a execução de obras de proteção de taludes e controle de erosão, as quais podem ser realizadas manualmente, sem a utilização de máquinas (PEREIRA, 2001). Estas ações atuarão de forma a prevenir o surgimento de novos processos erosivos e controlar a evolução dos processos existentes.

Como pôde ser observado no decorrer deste trabalho, a principal causa deflagradora dos processos erosivos no local é a ausência de vegetação nos pontos que estão sendo utilizados pelo turismo. Sendo assim, juntamente com as obras de drenagem, se faz necessário a implantação de medidas para o reestabelecimento da vegetação.

O estacionamento para os veículos dos turistas pode ser instalado nas áreas referentes à unidade UG1, unidade favorável à ocupação (Figura 28) desde que contempladas com obras de drenagem para evitar a deflagração de processos erosivos.

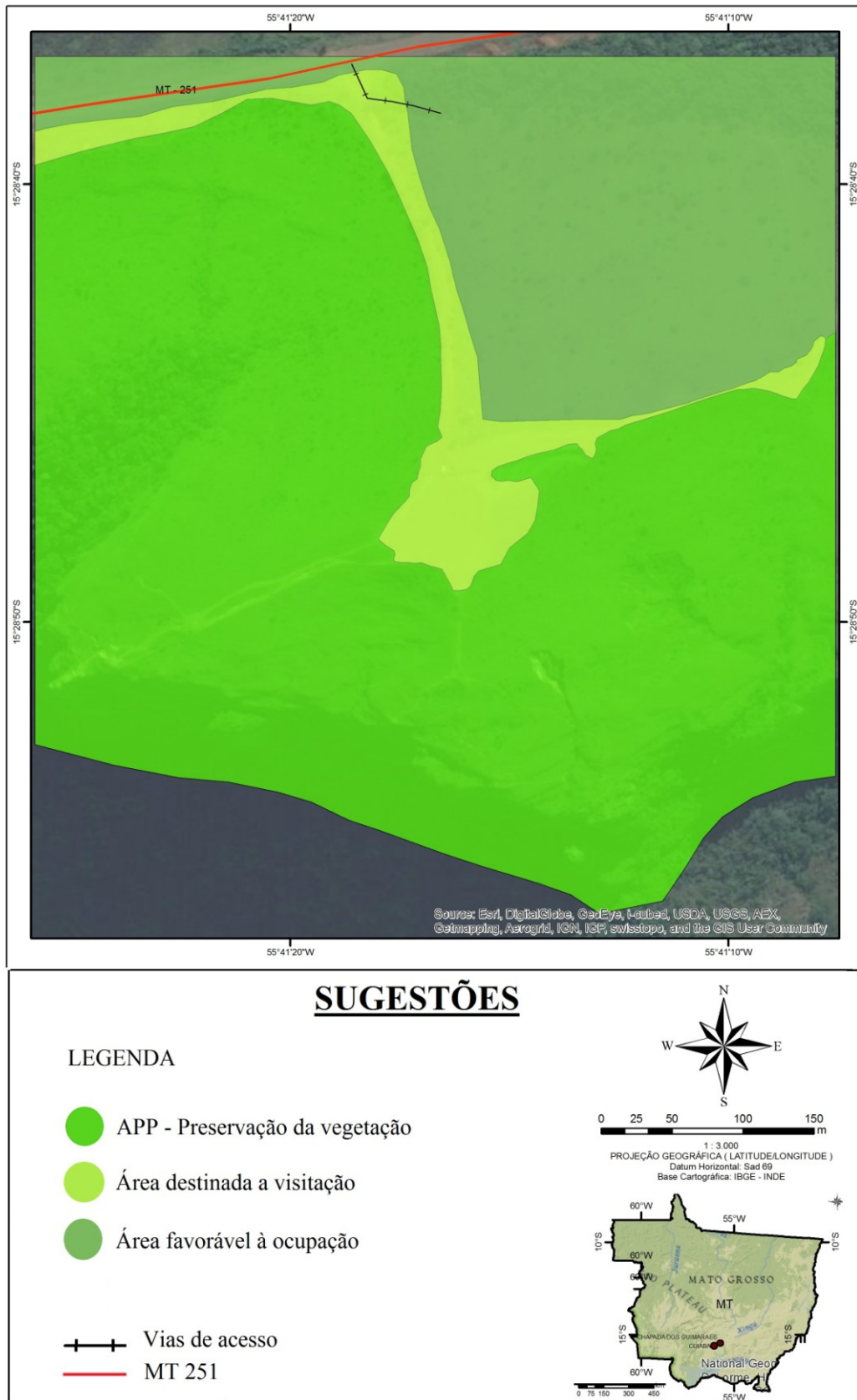


Figura 28 - Uso e ocupação adequados ao local.

Apesar de não haver a necessidade da presença de vegetação na subunidade RRC, pois obras de drenagem são suficientes para evitar eventuais problemas com o escoamento superficial, a presença de vegetação nesse local contribuirá para a infiltração e dissipação das águas de chuva e devolveria o aspecto natural ao local. Para isso, trilhas suspensas podem ser construídas nesta subunidade, restrita ao uso turístico e de lazer, com a utilização de material que permita a incidência de luz solar e da entrada de água. A trilha suspensa atuaria, inclusive, na limitação dos locais possíveis de acesso, impedindo assim turistas desavisados de ter acesso às subunidades geotécnicas não favoráveis ao uso (Figura 29).

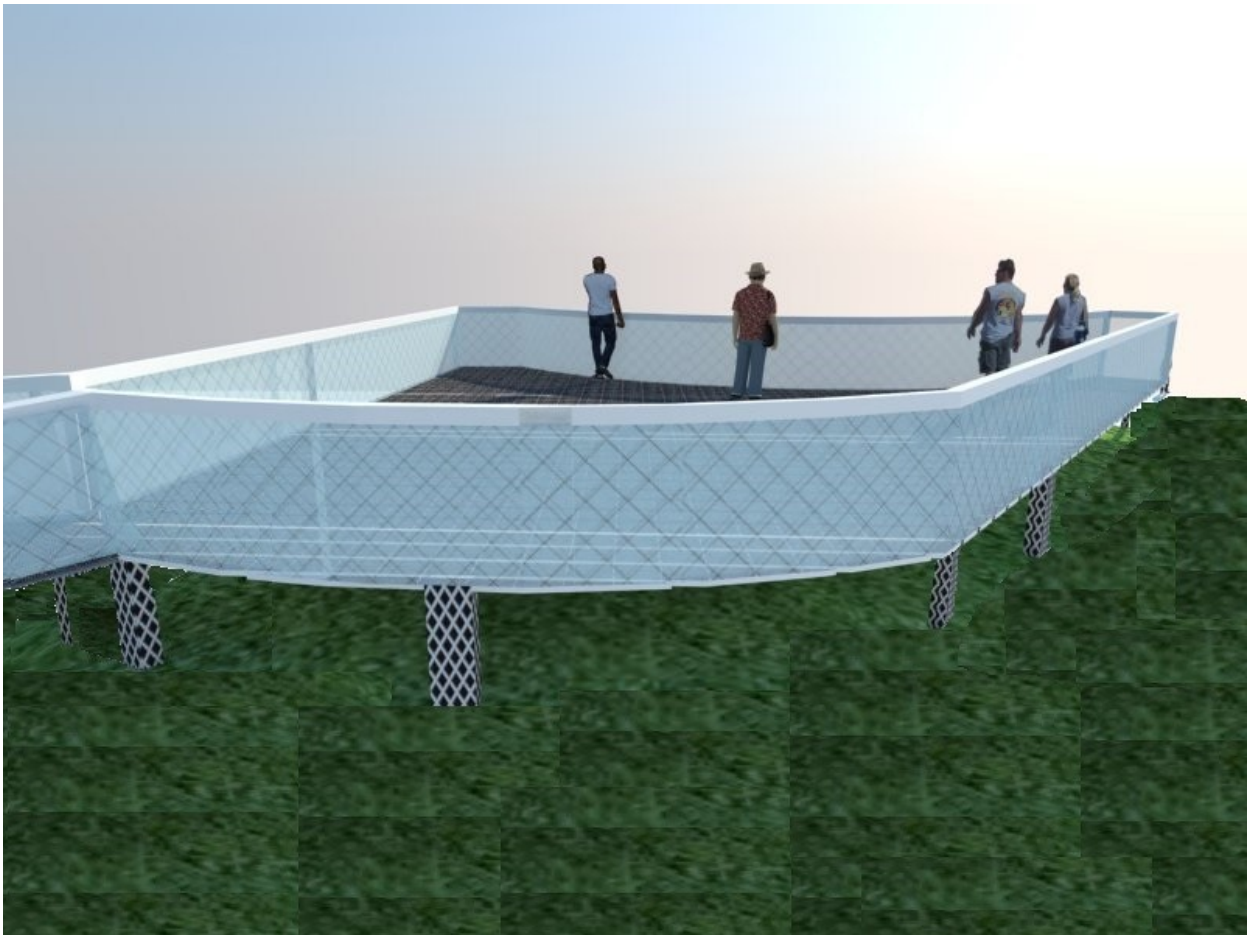


Figura 29 - Representação gráfica de trilha suspensa.



## 8 CONCLUSÕES

Através da análise geoambiental foi possível interpretar as relações existentes entre os componentes do meio físico (rocha, relevo e solo) com o funcionamento hídrico das águas infiltradas e escoadas e a interferência das atividades humanas nessas relações. A interpretação do meio físico e do funcionamento hídrico se deu através dos dados obtidos na realização da topossequência de uma vertente e no cadastramento dos processos erosivos instalados, os quais evidenciaram a interferência antrópica na potencialização e evolução dos processos erosivos ali atuantes.

As áreas de relevo suave, que estão descobertas de vegetação, tornaram-se rampas praticamente impermeáveis. A água da chuva que incide sobre esta superfície é direcionada para trechos que acumulam grandes volumes de água em fluxo concentrado na encosta, que possui alta declividade, aumentando, assim, a velocidade de escoamento da água e, por conseguinte sua energia e poder erosivo que tem maior atuação ao encontrar materiais litológicos com menor resistência, como o arenito, causando processos erosivos intensos.

A partir de tais constatações foi possível elaborar uma representação simplificada da realidade do local, em que foi possível identificar duas unidades geotécnicas a Chapadas e a Transição Chapada – Frente de Escarpa, esta última foi detalhada sendo possível identificar, mapear e caracterizar cinco subunidades.

Os processos erosivos atuantes no Mirante do Marco Geodésico foram deflagrados devido ao uso e ocupação do local sem qualquer tipo de orientação técnica e de planejamento, resultando em locais com drenagem deficiente que causa erosão hídrica acelerada e que se não for controlada pode fazer com que o local perca seu valor estético, paisagístico e avance para um estado de degradação irreversível, confirmando assim o pensamento de Francis Bacon: “A natureza para ser comandada tem que ser obedecida”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA FILHO, G. S.; GOUVEI, M. I. F.; RIDENTE JR. J. L.; CANIL, K. 2001. **Prevenção e Controle da Erosão Urbana no Estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/brasil/ix-003.pdf>>. Acesso em 15 Jun. 2012.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. 2007. **Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo vermelho distrófico em recuperação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p. 617-625.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILL, J.C. 1998. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. 1ª edição. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Volume único, Cap. 15, pág. 243-269.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1990. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone. 355p.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. 2002. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC. v.3, 425 p.
- BOULET, R. 1987. Análise Estrutural da Cobertura Pedológica e Cartografia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, Campinas. **Anais...**Campinas: SBCS. P. 79-90.
- BRADY, N. C.; WEILL, R.Y. 2002. **The nature and properties of soils**. 13a Edição. New Jersey: Prentice Hall. 958p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. 1982. **PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.21** Cuiabá; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro – RJ. 544 p.
- BRASIL. 2000. **Lei nº 9. 985, de 18 de julho de 2000**. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- CASTRO, A. L. C. (org). 1998. **Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. 283p.
- CASTRO, S.S.; SALOMÃO, F.X.T. 2002. **Compartimentação morfopedológica e suas aplicações: considerações metodológicas**. GEOUSP *Espaço e Tempo*, n.7, p. 27-37.
- CERRI, L. E. S. 1993. Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: uma Proposta para a Prevenção de Acidentes, **Tese de Doutorado**, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista. 197 p, Rio Claro-SP
- COELHO NETTO. A. L.; AVELAR, A. S. 1995. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 211-252.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. 1998. Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas. In: **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa (MG): Luiz Eduardo Dias e Jaime Wilson Vargas de Mello. p. 1-7.

ECO'S DA SERRA. **Mirante será interditado parcialmente**. 2011. Disponível em: <<http://matogrossoonline.com.br/artigo.php?id=6969558>> Acesso em 22 jul. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2013 **Recuperação de áreas degradadas**. Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=229&func=pesq>, acesso em 11 mar. 2013.

FIGUEIREDO, L. A. V. 1997. Ecoturismo e participação popular no manejo de áreas protegidas: aspectos conceituais, educativos e reflexões. In RODRIGUES, A. B. (org) **Turismo e Ambiente – Reflexões e Propostas**. São Paulo: Hucitec.

G1/redação. 2008. **Defesa Civil aponta risco de desmoronamento no Parque da Chapada**. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL466589-5598,00-DEFESA+CIVIL+APONTA+RISCO+DE+DESMORONAMENTO+NO+PARQUE+DA+CHAPADA.html> Acesso em 24 Ago. 2012

GARCIA, M. A. A. 2006. Caracterização Geoambiental e Proposta Para a Recuperação se um Sítio de Mata Atlântica no Município de São Sebastião/SP: Medidas para evitar o escorregamento da encosta. **Tese de Doutorado**. USP/SC/Ciências da Engenharia Ambiental.

GOMES, G. L. C. C. 2008. Análise geoambiental de áreas de risco a escorregamentos nos loteamentos do Recreio São Jorge e Novo Recreio, município de Guarulhos – SP. **Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental)**. Guarulhos – SP. UnG.

GOOGLE EARTH. **A 3D interface to the planet**. Apresenta o programa interativo do Google Earth. Disponível em < <http://earth.google.com/>>. Acesso: em 10 de abril de 2013.

GOULART, R. M. et al. 2006. **Caracterização de Sítios e Comportamento de Espécies Florestais em Processo de Estabilização de Voçorocas**. Cerne, v.12, n. 1, p. 68-79. Lavras.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. 2007. **Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. 1984. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. ed. Edgard Blücher: São Paulo.

HORA, A. M.; DIAS, C. A.; GUEDES, G. R.; BRAGA, E. O.; SOARES, M. M.; MONTEIRO, L. G.; SILVEIRA, M. G. B.; VICENTE, P. S.; 2012. Turismo e revitalização de áreas de preservação ambiental: consensos e dissensos no município de Tumiritinga/MG. VI encontro Nacional da ANPPAS. **Anais**. Belém-PA.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. 1990. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: 95 p.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. 1998. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. 1ª edição. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). Volume único, capítulo 9, pág.131-152.

LACERDA FILHO, J. V.; ABREU FILHO, W.; VALENTE, C. R.; OLIVEIRA, C. C.; ALBUQUERQUE, M. C.; 2004. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso**. Esc. 1:1.000.000. Goiânia: CPRM. (Convênio CPRM/SICME). Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia.

LONDE, P.R.; BITAR, N.A.B. 2011. **Importância do Uso de Vegetação para Contenção e Combate à Erosão em Taludes do Lixão Desativado no Município de Patos De Minas (MG)**. 2011. Disponível em <[http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/54719/importancia\\_do\\_uso\\_de\\_vegetacao\\_para\\_contencao.pdf](http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/54719/importancia_do_uso_de_vegetacao_para_contencao.pdf)>. Acesso em 03 Fev.2014.

MACEDO, E. S.; OGURA, A. T.; CANIL, K.; ALMEIDA FILHO, G. S.; GRAMANI, M. F.; SILVA, F. C.; CORSI, A.C.; MIRANDOLA, F. A. 2004. Modelos de fichas descritivas para áreas de risco de escorregamento, inundação e erosão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS- ANAIS. Florianópolis - SC.

MARQUES, R. D; 2010. Análise pedológica em topossequência através da relação entre precipitação e a perda de sedimentos na encosta Itagiba, zona norte de Santa Maria –RS. **Tese de Mestrado**. Santa Maria: PPGGEO, UFSM. 120 p.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G. 1998. Clima e Relevô. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. 1ª edição. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). Volume único, Cap. 5, pág. 69 - 85.

ODUM, E. P., 2007. **Fundamentos de ecologia**. Thomson Learning

PRESS, F; SIEVER, R; GROTZINGER, J; JORDAN, T, H. **Para entender a Terra**, 4. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROSS, J. L. S. 1994. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, p. 63-74.

ROSS, J. L. S. 2003. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 7. Ed. – São Paulo : Contexto. – Coleção Repensando a Geografia.

SALOMÃO, F. X. T. 1994. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano-rural. **Tese de Doutorado**. São Paulo: FFLCH, USP. 200 p.



SALOMÃO, F. X. T. 1999. Controle e Prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, T. A. J.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. (org) **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1ª ed., Cap. 7, 48p.

SALOMÃO, F. X. T. 2007. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. N. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand do Brasil, 3ª ed., 2007. p. 229-267.

SALOMÃO, F.X.T.; MADRUGA, E.L.; MIGLIORINI, R.B. 2012. **Carta Geotécnica do Perímetro Urbano da Chapada dos Guimarães: subsídios ao plano diretor**. Revista do Instituto de Geociências – USP, Sér. Cient, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 5-15.

SANTOS, A.R. dos. 2008. **Diálogos geológicos: é preciso conversar com a Terra**. São Paulo: O Nome da Rosa. 184p.

THOMÉ FILHO, J. J.; SCISLEWSKI, G; SHINZATO, E; ROCHA, G.A; DANTAS, M; CASTRO JUNIOR, P.R; ARAÚJO, E. S; MELO, D. C. R; ARMESTO, R. C. G. (Org). 2006. **Sistema de Informação Geoambiental de Cuiabá, Várzea Grande e Entorno – SIG - Cuiabá**. Goiânia; CPRM.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). 2009. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente – Governo do Estado de São Paulo. 196 p.

TUCCI, C. E. M. 1996. **Estudos Hidrológicos e Hidrodinâmicos do Rio Aguaçu na RMC, COMEC**. Relatório técnico.

TVCA. 2014. **Justiça manda interditar mirante no Parque de Chapada dos Guimarães**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2014/04/justica-manda-interditar-mirante-no-parque-de-chapada-dos-guimaraes.html>> Acesso em 23 Abr. 2014.

WESTERN, D. 1995. Definindo o ecoturismo. In: Lindberg, K & Hawkins, D. E., eds. **Ecoturismo: um guia para planejamento e gestão**. São Paulo: Senac.