

Organizador:
Antonio Conceição Paranhos Filho

**SENSORIAMENTO
REMOTO PARA
FINS GEOLÓGICOS:**
NOÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

Organizador:
Antonio Conceição Paranhos Filho

**SENSORIAMENTO
REMOTO PARA
FINS GEOLÓGICOS:**
NOÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL**

Reitor

Marcelo Augusto Santos Turine

Vice-Reitora

Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Obra aprovada pelo

CONSELHO EDITORIAL DA UFMS

Deliberação Nº 07, DE 13 DE ABRIL DE
2020

Conselho Editorial

Rose Mara Pinheiro (presidente)

Além-Mar Bernardes Gonçalves

Alessandra Borgo

Antonio Conceição Paranhos Filho

Antonio Hilario Aguilera Urquiza

Elisângela de Souza Loureiro

Elizabeth Aparecida Marques

Marcelo Fernandes Pereira

Naivo Franco de Almeida Jr

Rosana Cristina Zanelatto Santos

Ruy Caetano Correa Filho

Vladimir Oliveira da Silveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Divisão da Editora UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

Sensoriamento remoto para fins geológicos: noções teóricas e práticas [recurso eletrônico] /Antonio Conceição Paranhos Filho, organizador. Campo Grande, MS : Ed. UFMS, 2020.
1 arquivo: 5 mb

Formato: digital
Disponível no Repositório Institucional (UFMS)
ISBN 978-65-86943-03-0

1. Sensoriamento remoto. 2. Levantamento geológico. 3. Mapeamento geológico.
I. Paranhos Filho, Antonio Conceição Prado.

CDD (23) 621.3678

Elaborada pela Bibliotecária Lilian Aguilar Teixeira CRB 1/2448

Organizador
Antonio Conceição Paranhos Filho

**SENSORIAMENTO
REMOTO PARA
FINS GEOLÓGICOS:
NOÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS**

Campo Grande - MS
2020



© dos autores:

Antonio Conceição Paranhos Filho
Amanda Letícia Abegg da Silveira
Patrick Schaldach
Vitor Avila Barsotti
Andrey Gaspar Sorrilha Rodrigues
Rômulo Machado

Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica
TIS Publicidade e Propaganda

Revisão

A revisão linguística e ortográfica
é de responsabilidade dos autores

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

Direitos exclusivos
para esta edição



Divisão da Editora UFMS - DIEDU/AGECOM/UFMS

Av. Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário, Campo Grande - MS, 79070-900
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Fone: (67) 3345-7203
e-mail: diedu.agecom@ufms.br

Editora associada à



**Associação Brasileira
das Editoras Universitárias**

ISBN: 978-65-86943-03-0

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a

À Fundação Universidade Federal do Estado de Mato Grosso do Sul e ao CNPq, pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica a Amanda Letícia Abegg da Silveira.

Ao CNPq, pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa concedidas a Antonio Conceição Paranhos Filho (processo 304 122/2015-7) e a Rômulo Machado (processo 300423/82-9).

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do MS - FUNDECT pelo apoio com recursos do Edital Universal 10/2015 (Processo: 59/300.164/2016, TO 095/2016; TO 25849).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelas bolsas de mestrado concedidas a Amanda Letícia Abegg da Silveira e Andrey Gaspar Sorrilha Rodrigues.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/MEC – Brasil.

APRESENTAÇÃO

A geologia dá início ao ciclo de formação do Meio Ambiente, formando o solo, definindo suas características, propriedades químicas e físicas, que influenciarão no desenvolvimento da vegetação posteriormente e no estabelecimento da fauna. Assim, estudar a geologia ajuda a entender os processos que ocorrem em todo o sistema.

As características geológicas se dão em larga escala, por isso a utilização de Sensoriamento Remoto tem se tornado de grande auxílio nos levantamentos geológicos, já que as imagens podem abranger grandes áreas. Lisle *et al.* (2014) explicam que o mapeamento geológico, sempre que possível, deve incorporar quaisquer técnicas que possam ajudar a delinear a geologia, como a geofísica, abertura de trincheiras, perfuração a trado, sondagens e o uso de imagens de satélite, que atualmente representam grande avanço para a ciência, com a possibilidade de se usar imagens de satélite gratuitas e softwares livres.

No Brasil, o mapeamento geológico está, em grande parte, na escala de 1:1.000.000, salvo alguns casos onde se encontram escalas variando entre 1:50.000 e 1:250.000, dependendo das condições aflorantes. Isso se dá pela dificuldade do processo de mapeamento e atualização dos mapas já existentes em um país com proporções continentais como o Brasil. Em países menores, como os que fazem parte da Grã-Bretanha, é comum encontrar mapas em escala de 1:10.000 cobrindo todo o país (Lisle *et al.*, 2014).

As folhas que compõem o mapa geológico de Mato Grosso do Sul são Corumbá SE.21, Goiânia SE.22, Campo Grande SF.21 e Paranapanema SF.22 (1:1.000.000). A realização de análises integradas de dados aerogeofísicos e de Sensoriamento Remoto pode auxiliar no estudo do território e desenvolvimento de um banco de dados geológico nacional mais detalhado, além de contribuir para a delimitação de áreas

potenciais para a ocorrência de depósitos minerais (SOUZA FILHO E CRÓSTA, 2016).

Desde o início da utilização de imagens de satélite para fins geológicos são evidentes os benefícios das contribuições das técnicas a cada avanço tecnológico, demonstrando a existência de um interesse cada vez maior na exploração de sensores termais imageadores e não-imageadores, já que determinados comprimentos de onda podem evidenciar a presença de minerais, como silicatos, quartzo e feldspatos, e dos carbonatos, visto que possuem assinaturas espectrais características (SOUZA FILHO E CRÓSTA, 2016). Porém, não apenas minerais de interesse econômico, mas essa reflectância variada nos diversos elementos é o que diferencia os pacotes geológicos, sendo útil para os estudos e mapeamentos geológicos.

O histórico do sensoriamento remoto aplicado à Geologia remonta a décadas atrás, quando os primeiros trabalhos começaram a indicar essa possibilidade. Desde a década de 70 alguns textos foram publicados relatando a possibilidade da utilização de imagens de satélite para análises geológicas (SOARES & FIORI, 1976; LOCH, 1982; DEMATTÊ ET AL., 1993; CREPANI & MEDEIROS, 2004). Por mais que essa ideia já venha sendo semeada há décadas, continua ganhando força com o avanço das tecnologias, que permitem a progressão no descobrimento de técnicas inovadoras, se mantendo sempre atual.

Os grandes avanços na ciência e nas técnicas tornou possível a distribuição de imagens de satélite gratuitas, como Landsat, MODIS e CBERS, ou o desenvolvimento e distribuição de softwares livres de licença, como o QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2015) e o TerraView (INPE, 2006). Essa possibilidade é de grande ajuda no avanço do estudo científico, por ser mais acessível e de fácil adaptação. A alta qualidade de dados que se pode obter de forma gratuita é o que permite os usuários, como estudantes e pesquisadores, desenvolverem projetos sem o empecilho que poderia ser a falta de recursos financeiros.

Nesse sentido, este trabalho tem a finalidade de apresentar ferramentas e técnicas que auxiliem no desenvolvimento de pesquisas voltadas para o âmbito da geologia, ou que se utilizem de conhecimentos geológicos. Além disso, os materiais aqui utilizados podem ser encontrados na Internet de forma gratuita, sem que haja necessidade de gastos para o acompanhamento dos tutoriais.

SUMÁRIO

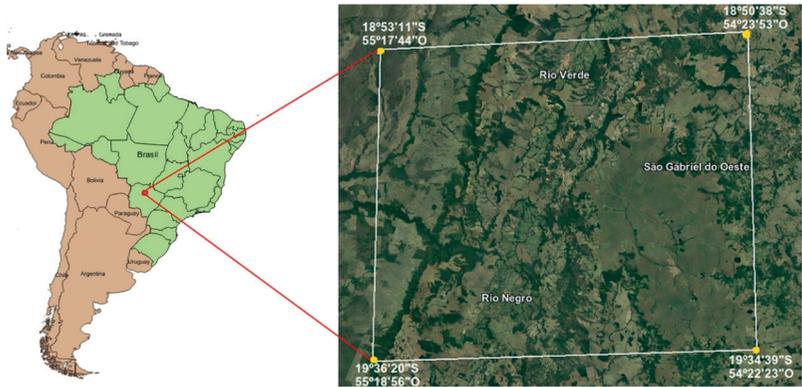
1. ESCOLHA DE UM LOCAL PARA ESTUDO	10
2. MATERIAIS NECESSÁRIOS	14
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.1 A geologia de referência	16
3.2 Fotointerpretação	16
4. SOMBREAMENTO	23
4.1 Sombreamento e aspecto do relevo	26
4.2 Drenagem	31
4.2.1 Extração da rede de drenagem no terraview	32
5. APOIO DE CAMPO	41
5.1 Os pontos	42
6. A ANÁLISE DOS DADOS	44
7. OBSERVAÇÕES	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	54

1. ESCOLHA DE UM LOCAL PARA ESTUDO

A área aqui escolhida é um local já utilizado para saídas de campo em disciplinas da graduação e pós-graduação, como Geobiossistemas e Meio Físico do Pantanal, na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. A área de estudo é compreendida de um recorte de espaço de área de 7.780 km² do Estado de Mato Grosso do Sul, estando inserida entre os Municípios de Rio Verde a norte, São Gabriel do Oeste a Leste, Rio Negro a Sul e a borda da Bacia Sedimentar do Pantanal a Oeste, que é uma região de interesse econômico, devido às pedreiras, agricultura e pecuária (Figura 1).

A escolha desse local se deu pela presença de pacotes rochosos variados, sedimentares, ígneos e metamórficos, constituindo uma geologia interessante para estudo. O mapa geológico usado como referência e a classificação litoestratigráfica, elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2009), apresentam várias características diferentes nesse local (com presença de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas), tais como a Bacia Sedimentar do Pantanal a oeste, de idade cenozóica, rochas da bacia sedimentar do Paraná a leste, com idades desde o Paleozóico até o Cenozóico e entre ambas bacias há uma faixa de afloramento de rochas metamórficas pré-cambrianas (CPRM, 2009).

Figura 1: Localização da área de estudo, seus limites ficam no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil e foram estabelecidos através de um polígono de 7.780 km², abrangendo três domínios geológicos bem distintos, com idades que vão do Pré-Cambriano ao Cenozóico. Mapa da América Latina e Brasil por Center for Disease Control and Prevention (U.S. Department of Health & Human Services, 2018) e imagem Landsat 8 (NASA, 2017).



A escolha desse local se deu pela presença de pacotes rochosos variados, sedimentares, ígneos e metamórficos, constituindo uma geologia interessante para estudo. O mapa geológico usado como referência e a classificação litoestratigráfica, elaborados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2009), apresentam várias características diferentes nesse local (com presença de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas), tais como a Bacia Sedimentar do Pantanal a oeste, de idade cenozóica, rochas da bacia sedimentar do Paraná a leste, com idades desde o Paleozóico até o Cenozóico e entre ambas bacias há uma faixa de afloramento de rochas metamórficas pré-cambrianas (CPRM, 2009).

A Bacia Sedimentar do Pantanal, que se encontra na parte oeste da área de estudo, onde afloram duas unidades de Depósitos aluvionares (de Idade Quaternária - Holoceno) formada por sedimentos aluvionares inconsolidados típicos de planícies de inundação, com presença de sei-

xos, areias, cascalhos, material silto-argiloso e restos de matéria orgânica (CPRM, 2018). A segunda é a Formação Pantanal (de Idade Quaternária - Pleistoceno), formada de sedimentos arenosos, siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos, em áreas de inundações periódicas (RADAMBRASIL, 1982).

A Bacia Sedimentar do Paraná (porção centro-sudeste da área), dentro da área de estudo, conta com Coberturas Detrito-Lateríticas (Idade Neógeno – Cenozoica), caracterizada pela presença de conglomerados e sedimentos areno-siltosos; Grupo Bauru, Formação Marília (Idade Cretácea), constituída de arenitos de vários tipos; Grupo São Bento – Formação Serra Geral (Idade Jurocretácea), formada de basaltos intercalados de arenitos, litoarenitos e arenitos vulcânicos; Grupo São Bento – Formação Botucatu (Idade Jurocretácea), com presença de arenitos e sedimentos de origem eólica, formado em ambiente desértico; Grupo Itararé – Formação Aquidauana (Idade EoCarbonífera), constituída de arenitos, diamictitos, conglomerados, siltitos e folhelhos; Grupo Paraná – Formação Ponta Grossa (Idade Devoniana), formada por folhelhos, siltitos e intercalações de arenitos, há também a presença de macrofósseis; Grupo Paraná – Formação Furnas (Idade Devoniana), composta de arenitos (destaque para o arenito “Pele-de-Onça”, mineralizado com ferro), conglomerados e material silto-argiloso; Grupo Paraná – Formação Rio Ivaí (Idade Siluriana), formada de diamictitos, folhelhos, conglomerados e arenitos. Existem também as Suítes Intrusivas São Vicente – Granito Coxim e Granito Rio Negro (Idade Neo-Proterozóica), formadas por corpos subvulcânicos, concebidos de metamorfismo térmico (RADAMBRASIL, 1982; CPRM, 2018).

O domínio formado pelo embasamento Pré-cambriano está presente na área de estudo na faixa de afloramento que segue a borda leste da Bacia Sedimentar do Pantanal, que a separa da Bacia Sedimentar do Pantanal e tem sua representação através do Grupo Cuiabá (Idade Neo-

-Proterozóica). As características identificadas pela CPRM (2018) são de xistos e filitos, alternados de mármores.

O mapa geológico original da área está na escala de 1:1.000.000 (CPRM, 2009), com nível de detalhamento equivalente, assim, dependendo da aplicação, alguns detalhes podem não ser exibidos, ou seja, há falta de material geológico detalhado para o Estado de Mato Grosso do Sul. Esse ponto explica uma dificuldade que pode ser encontrada na investigação de uma área reduzida, pois há feições que poderiam estar fora da percepção.

2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

Para o processamento dos dados, em sua maioria, será utilizado o software SIG livre QGIS, versão 2.8 Wien (QGIS Development Team, 2015), que é um aplicativo desenvolvido para a criação de mapas, georreferenciamento de imagens, mapas ou vetores, criação e sobreposição de camadas, visualização de imagens de satélite, além da possibilidade da combinação de suas bandas conforme a finalidade desejada. Outras possibilidades também são disponibilizadas em forma de complementos e plugins. O download desde programa pode ser feito no seu site oficial (www.qgis.org).

A extração da malha de drenagem será feita através do software TerraView (INPE, 2006), que é um aplicativo desenvolvido pela Divisão de Processamento Digital de Imagens (DPI) do INPE e distribuído gratuitamente, livre de licença ou restrição de uso. Este foi construído utilizando a biblioteca TerraLib, que é uma fonte livre de Informações Geográficas que apoia o desenvolvimento de aplicações geográficas customizadas. As principais aplicações desse aplicativo são visualização de dados, gerenciamento de um banco de dados geográfico. Seu download pode ser obtido no site do INPE (www.dpi.inpe.br). Existem outros softwares e tutoriais que permitem a realização desse processo e compete ao usuário decidir qual atende melhor as suas necessidades.

O software Google Earth pode ser utilizado para a elaboração de planejamentos de campo, onde é possível marcar o percurso, planejar o deslocamento e o tempo necessário para o desenvolvimento das atividades. O Google Earth é um programa que possui licença gratuita, desenvolvido e distribuído pela empresa de serviços online e software Google LLC e utiliza imagens fornecidas pela DigitalGlobe, que possibilita a visualização de dados de mapas, terreno, imagens de satélite e outras informações fornecidas por usuários (Google Earth, 2017).

Para validação posterior das informações, os pontos de controle foram obtidos por um GPS Garmin Monterra, mas pode ser substituído facilmente por outro dispositivo, de acordo com os recursos disponíveis para cada levantamento.

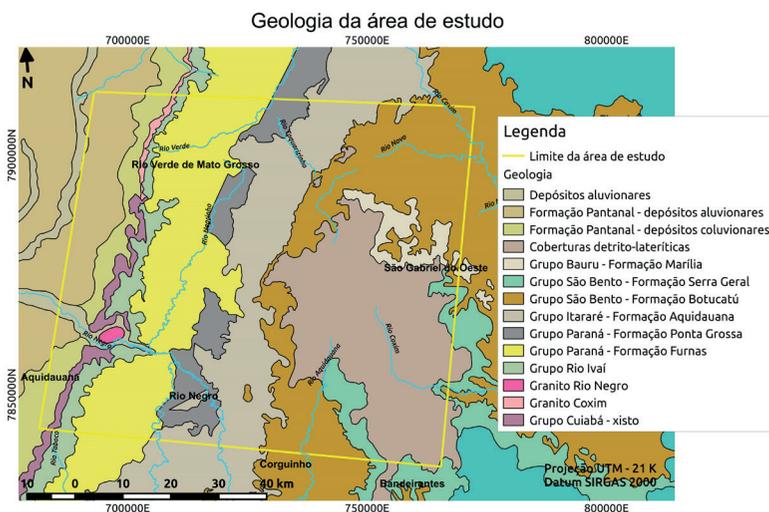
As imagens Landsat e os grids SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) podem ser obtidos no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos, enquanto os mapas geológicos brasileiros podem ser encontrados no Portal CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 A GEOLOGIA DE REFERÊNCIA

O primeiro arquivo a ser baixado é o *shapefile* do mapa geológico de referência do local escolhido para o estudo, aqui utilizaremos o de Mato Grosso do Sul, com download disponível no Portal CPRM (www.cprm.gov.br). Essa extensão é compatível com o QGIS. Esse mapa pode então ser cruzado a outros dados que serão importantes para o trabalho (Figura 2).

Figura 2: Mapa gerado no software QGIS utilizando como base o arquivo com extensão shape fornecido pela CPRM (2009) da geologia do Estado de Mato Grosso do Sul.



3.2 FOTOINTERPRETAÇÃO

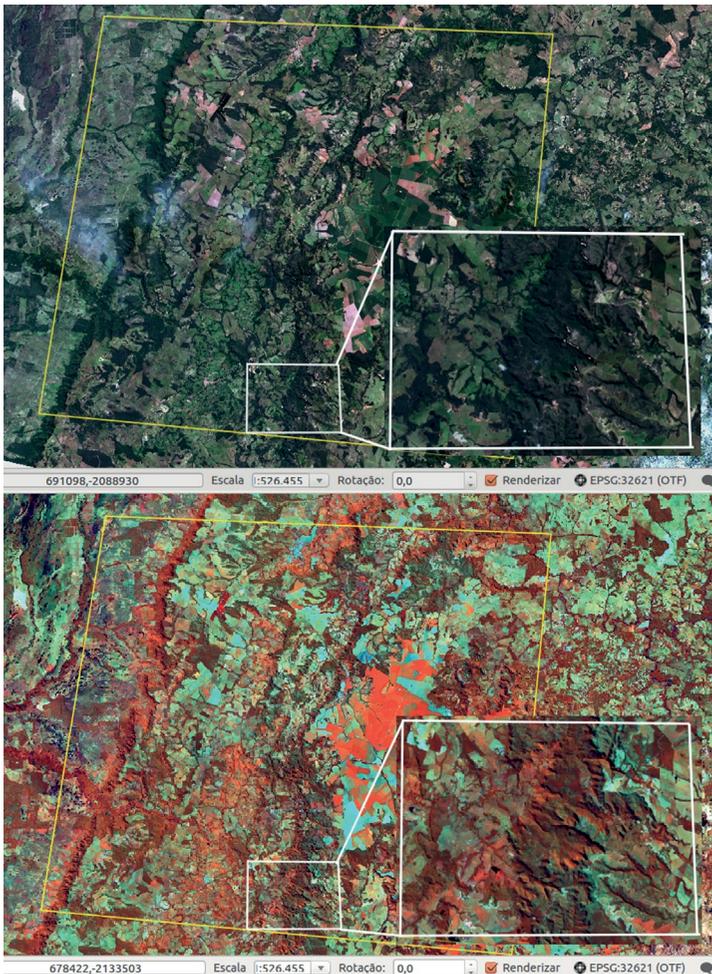
As imagens de satélite aqui utilizadas foram as do satélite Landsat 8, com órbita-ponto 225/073, datadas de 02/08/2016 e 22/03/2017, baixadas através do site USGS, que as disponibiliza já georreferenciadas. A fotointerpretação das feições de interesse da imagem Landsat será feita utilizando as

combinações de bandas 432 (bandas: vermelho, verde e azul), que equivale as cores naturais do terreno e a combinação 564 (bandas: infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas e vermelho), que realça a diferença entre feições de mesma cor no espectro visível (Figura 3).

A partir destes será traçado os limites das zonas homólogas, com mesmas características, criando-se um *layer* de zonas estruturalmente semelhantes no software Qgis. As zonas de feições semelhantes, zonas homólogas, são constituídas pelo padrão formado na repetição das formas e estruturas numa mesma região (SOARES E FIORI, 1976; ZUQUETTE; 1993; SILVA ET AL., 2007; SAMPAIO ET AL., 2014). Nem sempre os limites de divisão entre essas zonas são bem demarcados, limites graduais são quando as propriedades de uma zona homóloga são substituídas progressivamente pelas propriedades de outra. Sendo assim existem também zonas de transição, com características de ambas zonas homólogas.

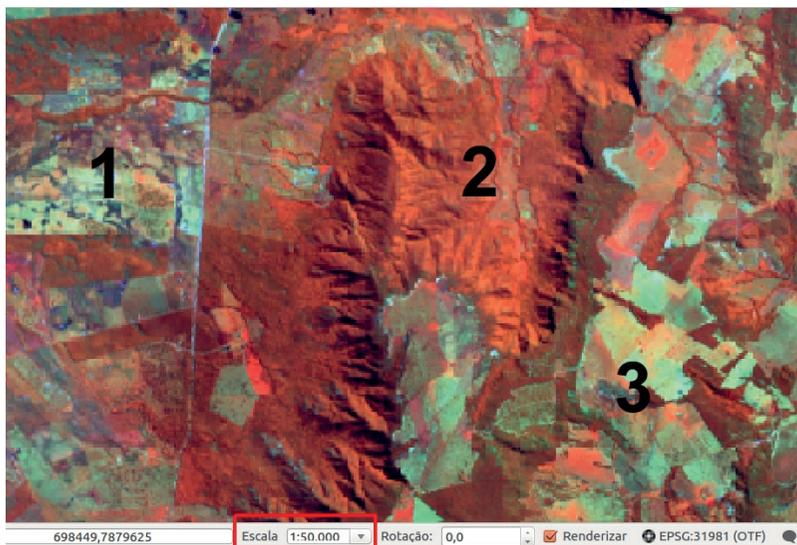
Como cada zona homóloga possui características distintas de composição do solo, data de formação, processos de formação, estratigrafia desenvolvimento de vegetação e uso do solo, fatores esses que as diferenciam de forma evidente nas imagens de satélite e imagens de sombreamento, se tornam grande auxílio no estudo que uma área. Esta camada será analisada e posteriormente comparada com o *layer* de geologia da CPRM (2009).

Figura 3: comparação entre as combinações de bandas aplicadas à imagem do satélite Landsat 8 sobre a área de estudo. Na parte superior a composição Cor Natural RGB 432 e na inferior com Infravermelho RGB 564, com o *zoom* aplicado em uma pequena área. Setas foram colocadas na imagem indicando locais em que a composição falsa-cor com o infravermelho evidencia aspectos do relevo que não são facilmente visíveis na imagem em cores naturais, por estarem na mesma cor ou textura que o entorno. Fonte: autor.



O processo da fotointerpretação se inicia com a escolha da escala a ser utilizada para o trabalho. No QGIS a escala pode ser fixada no valor exato na barra inferior, onde há outras informações, como as coordenadas. Quando for determinada a escala e aplicada, basta começar o processo de identificação das diferentes zonas (Figura 4).

Figura 4: Barra de escala na parte inferior, logo abaixo da imagem aberta e identificação de diferentes zonas. A zona 1 tem o relevo visivelmente “liso”, por ser a planície do Pantanal, além da resposta espectral mais azulada que as outras; a zona 2 é notoriamente mais “rugosa” que as outras 2, representa a Escarpa do Pantanal e sua esposta espectral é mais avermelhada; a zona 3 é mais plana novamente, com padrão de feições marcadas por ângulos retos e espectral variando entre avermelhado, laranja e verde bem definidos. Fonte: autor.



Para delimitar essas zonas e dividi-las, uma camada vetorial pode ser criada permitindo que o desenho seja feito sobre a própria imagem de satélite. Na Barra de Tarefas do QGIS deve-se ir na opção “Camada” > “Criar camada” > “Camada do tipo shape...” ou com o comando “Ctrl+Shift+N” e

uma caixa de opções de configuração aparecerá. É importante definir o tipo como **“Linha”**, o SRC (Sistema de Coordenadas de Referência) como SIRGAS 2000 e a zona sendo trabalhada e o nome do atributo para a Tabela de Atributos, após clicar em **“OK”** aparecerá uma janela onde se deve escolher o local a ser salvo o arquivo *shape* e o nome deste (Figura 5).

Figura 5: Configurações do arquivo vetorial a ser criado. Fonte: autor.

Tipo

Ponto Linha Polígono

Codificação de arquivo UTF-8

SRC selecionado (EPSG:31981, SIRGAS 2000 / UTM zone 215)

Novo atributo

Nome

Tipo Número inteiro

Espessura 10 Precisão

Adicionar a lista de atributos

Lista de atributos

Nome	Tipo	Espessura	Precisão
id	Integer	10	

Remover atributos

Ajuda Cancelar OK

O processo de identificação de limites pode ser então iniciado. Muitos aspectos podem ser analisados na imagem a fim de marcar lugar que melhor expresse os limites entre zonas, como a resposta espectral, que são as cores visualizadas e a textura do relevo, marcada por sombras nas declividades contrárias à luz registrada no momento de captura da imagem. Outros aspectos mais específicos podem ser analisados, por exemplo, a resposta espectral da escarpa ser mais avermelhada, a vegetação aparece bem marcada no infravermelho e nessa região o relevo

tortuoso impede o desenvolvimento de alguma atividade humana, permitindo se manter a densidade da mata (Figuras 6, 7 e 8).

Figura 6: Processo de delimitação da mudança de zonas, o traço preto é a linha criada e os pontos vermelhos são os pontos de conexão entre os segmentos de reta. Fonte: autor.

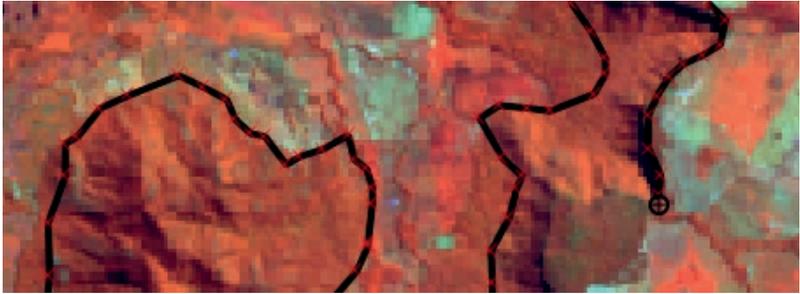


Figura 7: As zonas identificadas já demarcadas: quando as linhas de divisão já foram desenhadas fica mais fácil visualizar as diferenças e o limite fica cada vez mais claro, por isso muitas mudanças podem ocorrer durante o processo. Fonte: autor.

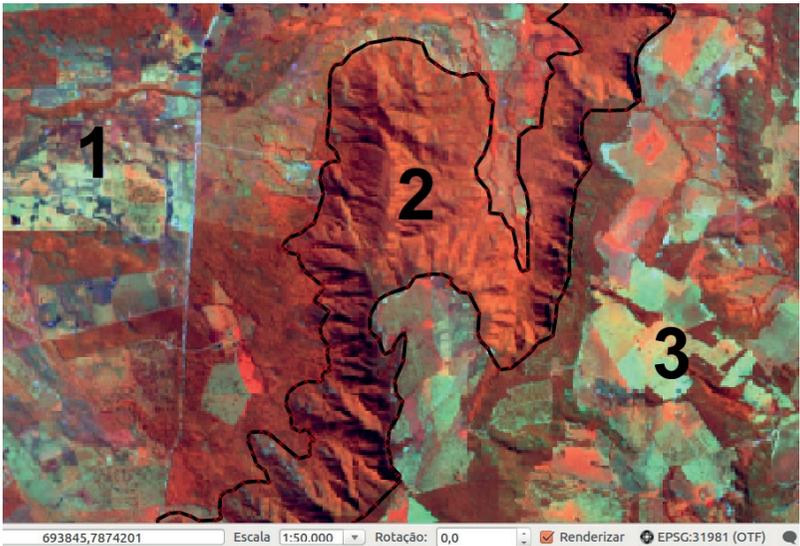
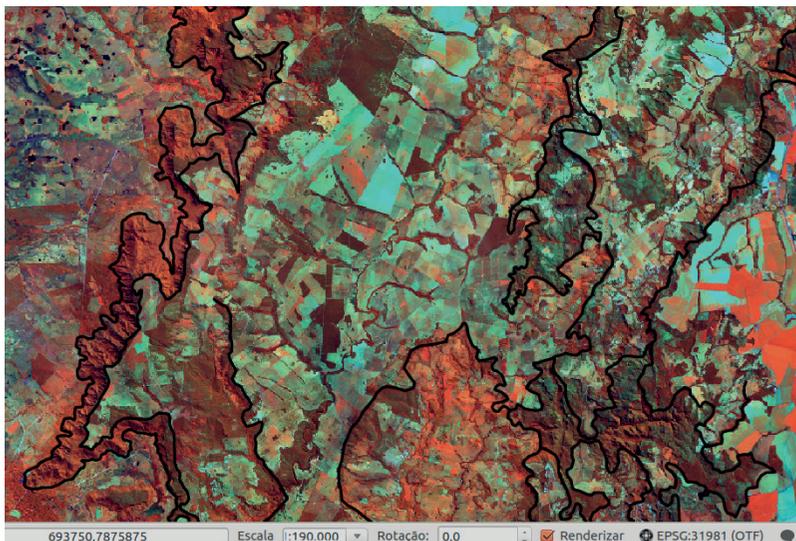


Figura 8: O processo de delimitação num estágio mais avançado: o mapa começa a tomar forma. Fonte: autor.



As imagens Landsat conseguem desempenhar bem a maior parte na função de identificação das zonas, mas para facilitar a visualização da geomorfologia serão utilizados dados de elevação SRTM (FARR ET AL., 2007).

4. SOMBREAMENTO

O sombreamento do relevo é importante na identificação das feições estruturais e características litológicas. Este processo é aplicado de forma a realçar o relevo através da simulação de diferentes ângulos de inclinação da incidência de luz solar, que ocasiona a sombra no relevo, fazendo com que fiquem evidentes as concavidades e convexidades da topografia. Esse processo permite a visualização de estruturas, contatos litológicos, erosão, morros e escarpas, planícies e padrões de textura.

Autores explicam que a análise de texturas nas fotografias aéreas se dá através da identificação de densidade, ou seja, “zonas com maior ou menor número de elementos texturais por unidade de área” (FLORENZANO, 2007; MENESES ET AL., 2012; PARANHOS FILHO, 2016;). Assim, as mudanças de densidade, na textura do relevo ou da drenagem, é o que permite dividir regiões que contém as mesmas características, agrupando feições semelhantes, de mesmo significado e separando de outros grupos de feições semelhantes. No relevo é importante observar as descontinuidades topográficas, que são bastante evidentes nas texturas das imagens sombreadas.

De acordo com Carvalho e Bayer (2008) “O menor elemento de imagem, identificável e passível de repetição, é denominado de elemento textural, definido como mudança na diferença de tons na imagem, produzida por um conjunto de feições pequenas para serem discernidas individualmente na imagem”.

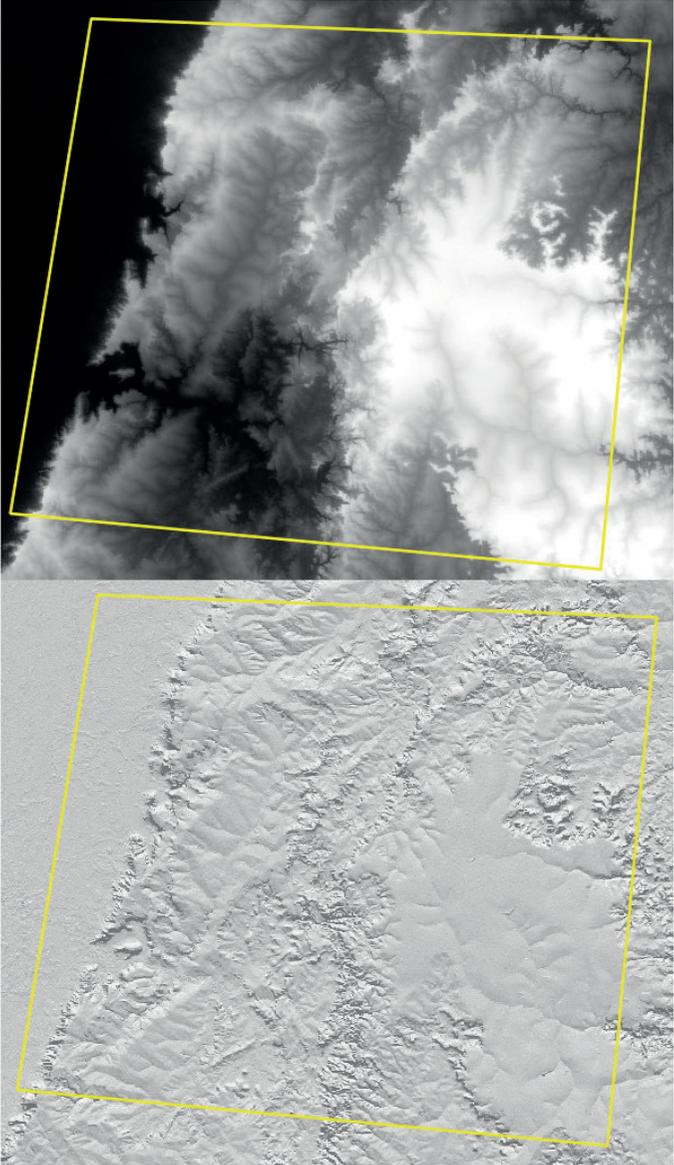
As texturas podem ter diferentes significados, desde geológico a pedológico, vegetal, hidrológico, urbano e outros. Através da textura também se pode identificar padrões de drenagem “Se identificamos o elemento de textura, como elemento de drenagem e a estrutura como radial, estamos diante de uma forma radial de drenagem” (SOARES E FIORI, 1976), a forma significa a organização espacial que o padrão de drenagem adquire.

Todas as propriedades de estrutura analisadas conjuntamente possibilitam a compreensão das características das rochas. Podem existir zonas homólogas diferentes para um mesmo substrato, por conta das oscilações climáticas ocorridas no Quaternário, de acordo com Soares e Fiori (1976, p. 11). Em áreas onde a tectônica recente é mais ativa a quantidade elevada de energia no sistema causa a formação de diferentes relevos e padrões de drenagem numa mesma litologia.

As zonas homólogas representam a organização da litologia através da disposição do relevo ou da drenagem. A disposição espacial das zonas homólogas pode clarear a visão dos padrões de controle estrutural, denunciando os movimentos dos blocos tectônicos, há uma correspondência entre zonas homólogas e controle estrutural.

O mosaico SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com 30 metros de resolução espacial pode ser adquirido através do site da Serviço Geológico dos Estados Unidos (earthexplorer.usgs.gov). Aqui foram baixados o SRTM normal e sua versão já sombreada. A análise de imagens do mosaico SRTM possibilita observar a textura do relevo, por textura entende-se o padrão de arranjo dos elementos texturais, quando há uma mudança no padrão de direção ou forma na superfície do relevo constitui-se uma mudança de elemento da textura (Figura 9).

Figura 9: SRTM baixado na forma crua e com o sombreamento na versão oficial de download. Fonte: autor.

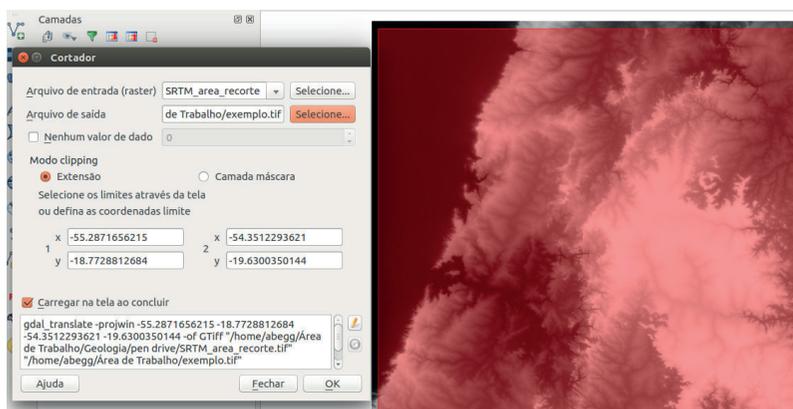


4.1 SOMBREAMENTO E ASPECTO DO RELEVO

A ferramenta *Hillshade* (sombreamento das feições de relevo) pode melhorar a visualização de detalhes no terreno e aspectos que podem ser camuflados por vegetação ou ângulo de inclinação da luz na imagem de satélite ou a aplicada no sombreamento oficial antes utilizado. Isso porque o princípio dessa ferramenta é a alteração hipotética do ângulo de inclinação da luz no relevo, sendo aplicado para cada pixel, o padrão utilizado é 315° .

O *Hillshade* foi gerado no *software* QGIS. Para esse processo deve-se importar o SRTM através da Barra de Tarefas, em “**Camada**”>“**Adicionar camada**”>“**Adicionar camada raster...**”, abrir o local do arquivo e adicioná-lo à tela. Depois procure na Barra de Tarefas por “**Raster**”>“**Extração**”>“**Cortador...**”, essa ferramenta irá cortar o SRTM para a área de interesse do estudo. Na janela que aparecerá, configurar o “**Arquivo de entrada (raster)**” com o SRTM importado e em “**Arquivo de saída**” escolher o local onde ficará salvo esse recorte; o “**Modo clipping**” é o modo de recorte, que pode ser feito selecionando a extensão na tela ou através de coordenadas das vértices, após selecionado pode ser mantida a opção “**Carregar na tela ao concluir**” e pressione “**OK**” (Figura 10).

Figura 10: Configurando o Cortador e selecionando a extensão através da tela. Fonte: autor.



Após esse processo vem a parte da extração do Hillshade (sombreamento). Na Barra de Tarefas, em “Raster”>“Análise” selecione “MDE (modelo digital de elevação)” e configure o “Arquivo de entrada (MDE raster)” com o arquivo cortado anteriormente, no “Arquivo de saída” procure o local onde ficará salvo o arquivo sombreado e o nomeie; em “Modo” mantenha como “Sombreamento” e em “Azimute de insolação” pode ser alterado o ângulo de iluminação desejado, o padrão já vem configurado em 315°; manter a opção “Carregar na tela ao concluir” e pressionar “OK” (Figuras 11 e 12).

Figura 11: Configurações utilizadas na geração do Sombreamento. Fonte: autor.

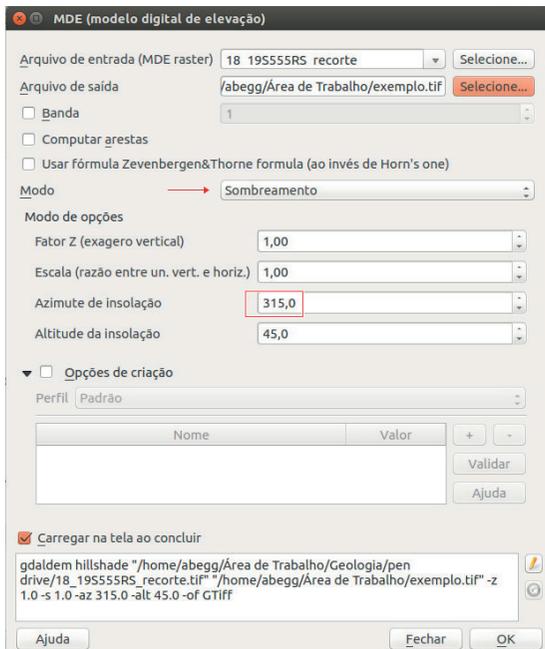
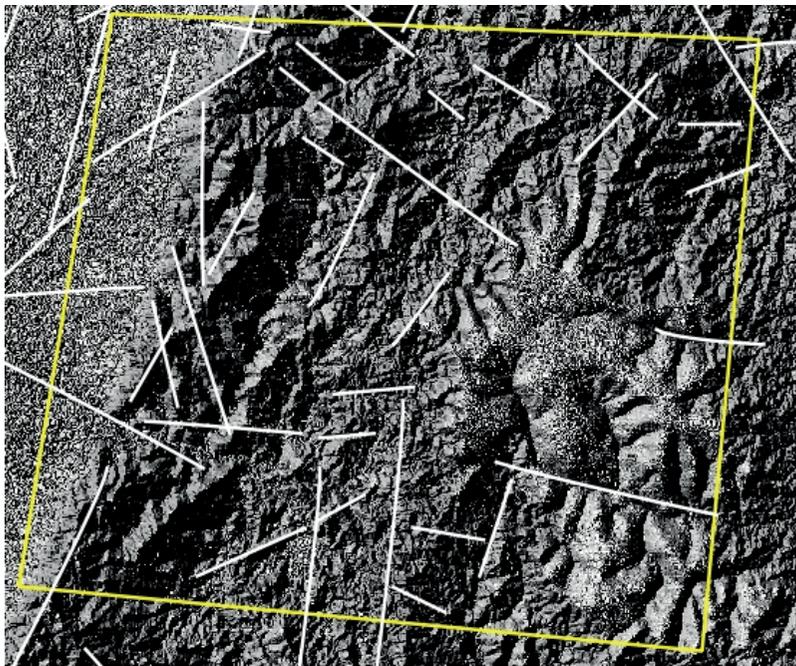


Figura 12: Resultado do Hillshade gerado, é possível notar que as feições de relevo ficam mais evidentes e ressaltadas, o contraste do ângulo de iluminação acentua a visualização das estruturas. É notável a compatibilidade da textura da imagem com os lineamentos por Paranhos Filho *et al.* (2013).



O mapa de aspecto (*Aspect*) é a orientação do declive, mensurada através de graus em sentido horário, identifica a direção do declive mais íngreme de cada célula e suas vizinhas. Visualmente é como se o relevo tivesse iluminação vindo de todos os ângulos, pois quase não se gera sombra. Foi gerado no QGIS através da Barra de Tarefas, em “**Raster**”> “**Análise**”> “**MDE (modelo digital de elevação)**”, a configuração utilizada foi a seguinte: em “**Arquivo de entrada (MDE raster)**” utiliza-se o arquivo cortado anteriormente no “**Cortador**” e em “**Arquivo de saída**” selecione a pasta onde será salvo o arquivo e o nomeie; em “**Modo**” procurar “**Aspecto**” e clique em “**OK**” (Figuras 13 e 14).

Figura 13: Configurando as opções para gerar o mapa de aspecto. Fonte: autor.

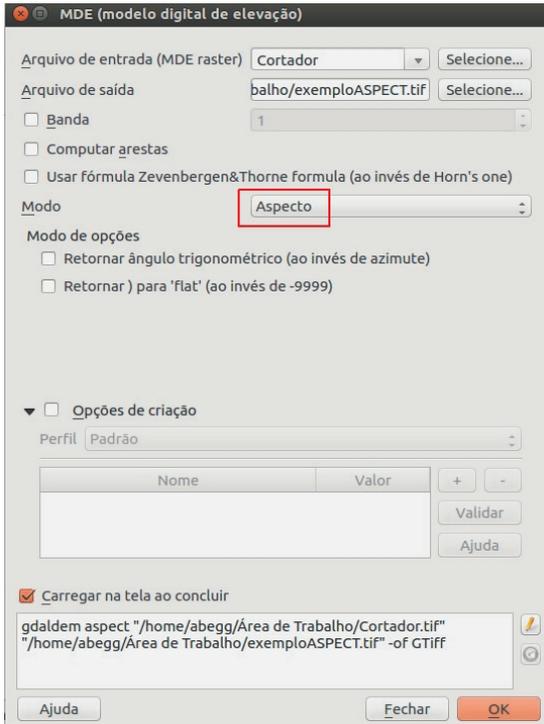
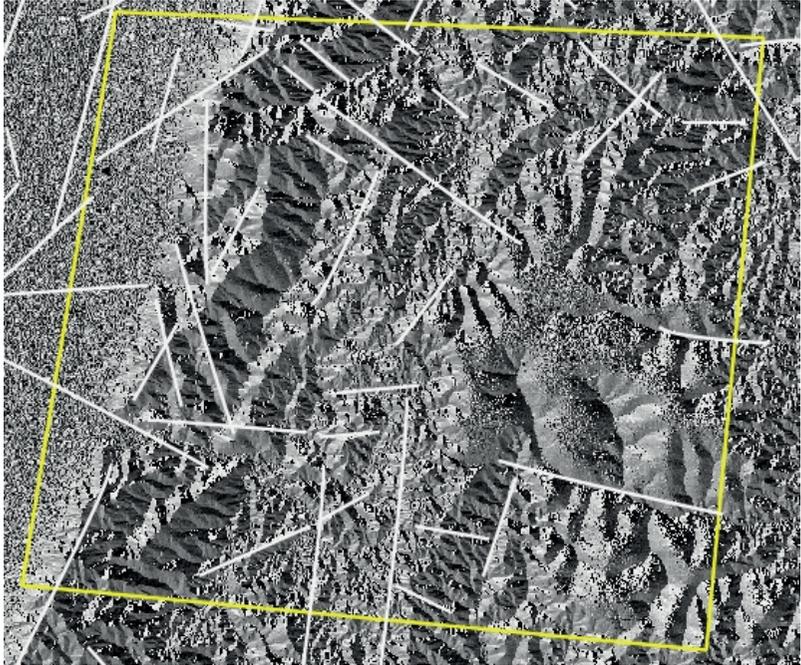


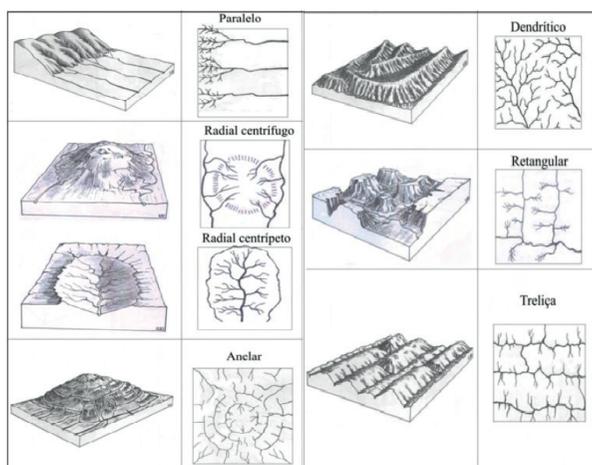
Figura 14: Resultado do mapa de aspecto gerado combinado com os lineamentos de Paranhos Filho et al. (2013).



4.2 DRENAGEM

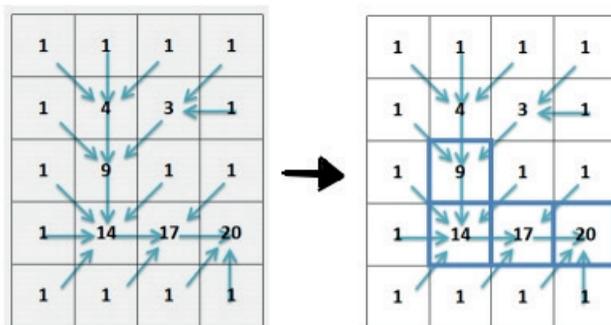
A extração da rede drenagem, durante a análise do local, é um processo importante pois revela aspectos importantes quanto ao arcabouço estrutural da área, já que a hidrografia obedece ao eventual controle estrutural (Figura 15). Durante o mapeamento se torna interessante entender os aspectos que compõem a paisagem.

Figura 15: Exemplo de como se dá o controle estrutural da hidrografia de acordo com os padrões visualizados em imagem de satélite. Fonte: Adaptado de Schumm (1971), Howard (1967) e Suertegaray et al. (2003) por Andrades Filho (2010).



A drenagem é então gerada de modo automático no *software* Terra-View 4.2.2 (INPE, 2006), que é a versão compatível com o *plugin* TerraHidro, necessário para o processo, a partir do SRTM com *threshold* de 5000. O *threshold* é o limiar que delimita quais células fazem parte da drenagem e quais não fazem, ou seja, células da área de acumulação com valor acima do limite estabelecido fará parte do escoamento, no exemplo abaixo o valor de acúmulo acima de 8 faz parte da drenagem (Figura 16).

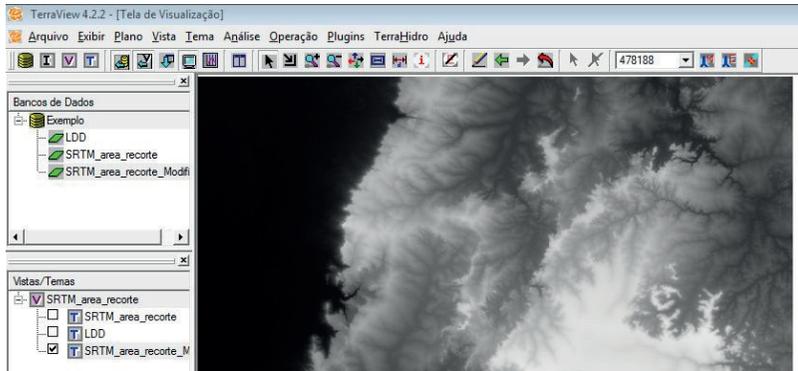
Figura 16: Exemplo de como o limiar funciona nas células, da área de contribuição para o cálculo da drenagem, o valor numérico é cumulativo como o fluxo de escoamento e valores acima do limite definem o curso d'água. Fonte: Jardim (2012).



4.2.1 – EXTRAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NO TERRAVIEW

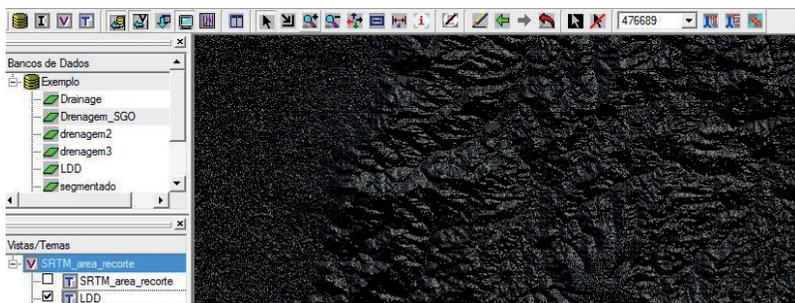
O INPE disponibiliza um manual das funções básicas do TerraView, onde se pode aprender os primeiros passos necessários para o desenvolvimento de qualquer atividade nesse *software*. O manual pode ser obtido no site da Divisão de Processamento de Imagens, do INPE (www.dpi.inpe.br). Alguns passos são necessários para chegar à extração de drenagem em si e precisam ser seguidos sequencialmente. Primeiro deve-se importar o SRTM do local, baixado previamente, para dentro do *software* (Figura 17).

Figura 17: Nesta imagem se pode ver a organização das tarefas e ícones no software TerraView, é importante ressaltar que o plugin TerraHidro já havia sido instalado previamente nessa versão. Fonte: autor.



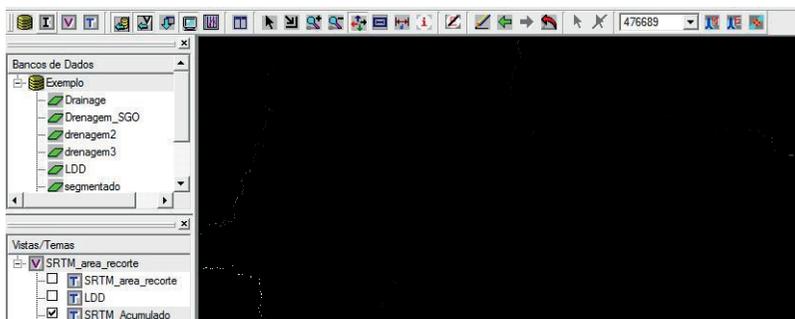
Depois procurar o ícone referente a “**Hydrological Tools**” (passar o mouse em cima e um popup aparecerá indicando a função), na Barra de Ferramentas e clicar nele. Nessa janela, na aba “**Flow Extraction**”, em “**Input Parameters**”>**DEM Grid** selecionar o SRTM de interesse, manter a opção “**Remove low outliers**” ativa, para ignorar valores extremos, e em “**Output**”>**Flow Grid** dar nome ao arquivo de saída, aqui sugerido como “SRTM_LDD” (significa Local Drain Direction, ou Direção de drenagem local); clicar em “**Run**” e uma mensagem aparecerá dizendo que o fluxo foi criado. Para visualizar o arquivo criado deve-se marcar sua caixa e clicar no ícone de lápis na Barra de Ferramentas (Figura 18).

Figura 18: Imagem exemplo de como deve ficar a visualização da direção de drenagem local. Fonte: autor.



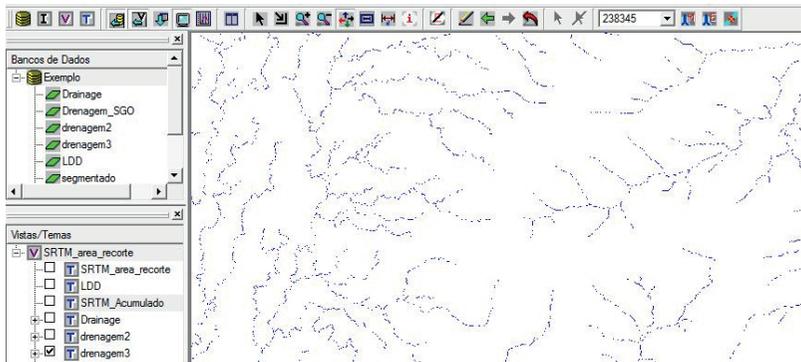
O próximo passo é ir de novo em “**Hydrological Tools**”, mudar a aba de “**Flow Extraction**” para “**Contributing Area**”; em “**Input Parameters**”>**Flow Grid** selecionar o arquivo criado no passo anterior; manter a opção “**Cells**” ativada e em “**Output**”>**Contributing Area** dar o nome sugerido “**SRTM_Acumulado**” (este passo desenhará as linhas onde o fluxo se acumula); clicar em “**Run**” e a mensagem concluindo o processo aparecerá novamente. Para visualizar repita o processo de ativar e “desenhar” (Figura 19).

Figura 19: O visual do “SRTM_Acumulado” deve ser quase totalmente escuro com algumas linhas brancas dos principais fluxos de escoamento. Fonte: autor.



O próximo passo é a extração de drenagem. Na Barra de Ferramentas, novamente em “**Hydrological Tools**”, vá na aba “**Drainage Extraction**”; em “**Input Parameters**”> **Contributing Area** selecione o arquivo anterior “SRTM_Acumulado” e em “**Threshold**” pode-se clicar em “**Suggests**” para se ter sugestão do valor de limiar indicado para o SRTM utilizado, ou testar valores até chegar em um resultado satisfatório. Neste trabalho, o limiar utilizado foi de 5000, que se mostrou mais adequado à drenagem conhecida, várias tentativas serão necessárias para se encontrar o valor adequado a cada trabalho; em “**Output**”>**Drainage** nomear o arquivo de drenagem e clicar em “**Run**”; a mensagem concluindo o processo aparecerá (Figura 20).

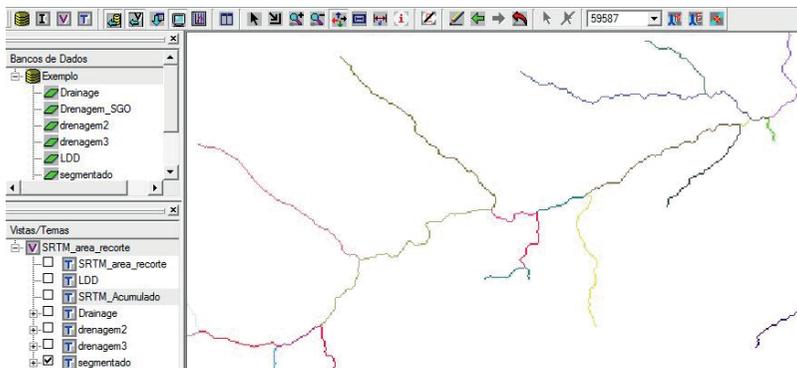
Figura 20: Imagem da drenagem gerada com limiar de 5000 neste caso específico, note no canto inferior esquerdo que houveram várias tentativas até alcançar o limiar ideal. Esse processo de tentativa e erro é o procedimento normal. Fonte: autor.



O Agora deve-se gerar um *layer* de segmentos, que classificará a drenagem por direção de escoamento. Mais uma vez, em “**Hydrological Tools**” na Barra de Ferramentas, mudar a aba para “**Segments**” e em “**Input Parameters**”>**Flow Grid** manter o arquivo selecionado o gerado no primeiro passo (SRTM_LDD) e em “**Drainage**” a drenagem extraída no passo anterior (Drenagem); em “**Output Parameters**”>**Segments** nomear o arquivo, suges-

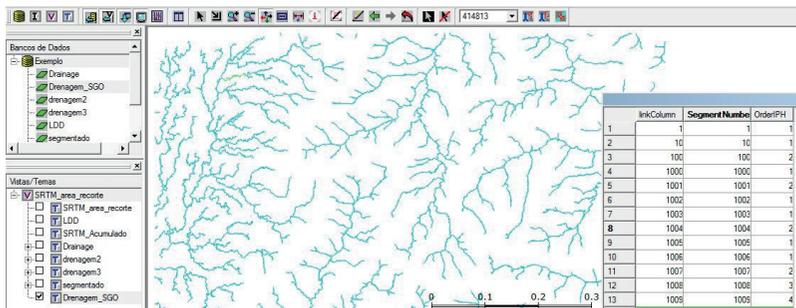
tão “Segmentado” e clicar em “Run”; a mensagem de processo concluído aparecerá e para visualizar repita o processo descrito nos itens anteriores (Figura 21).

Figura 21: Exemplo aproximado de como ficará a segmentação classificada através de cores diferentes para cada direção de escoamento. Fonte: autor.



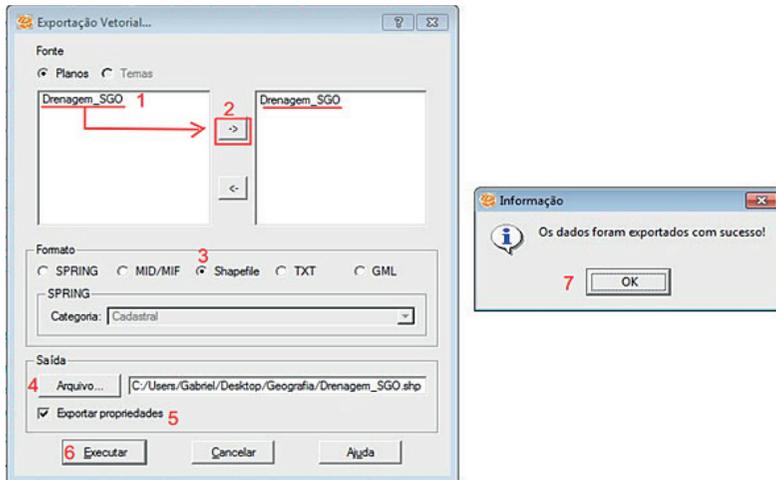
É necessário converter o arquivo final para uma extensão compatível com outros *softwares*, como o QGIS. Novamente em “**Hydrological Tools**”, há uma aba nomeada de “**Vector Segments**”; nesta aba em “**Input Parameters**”>**Flow Grid** mantenha o arquivo selecionado criado no primeiro passo (SRTM_LDD) e em “**Segments**” o arquivo criado no passo anterior (Segmentado); em “**Output Parameters**”>**Vector Segments** criar um nome para a drenagem, sugere-se nomear com o local de onde se extraiu, por exemplo “Drenagem_SGO” (do Município de São Gabriel do Oeste) e clicar em “**Run**”; uma caixa aparecerá com o andamento do processo, ao finalizar pressione “**OK**”. Esse passo é importante para a criação da tabela de atributos do arquivo vetorial (Figura 22).

Figura 22: Vetorialização da drenagem e criação da tabela de atributos. Fonte: autor.



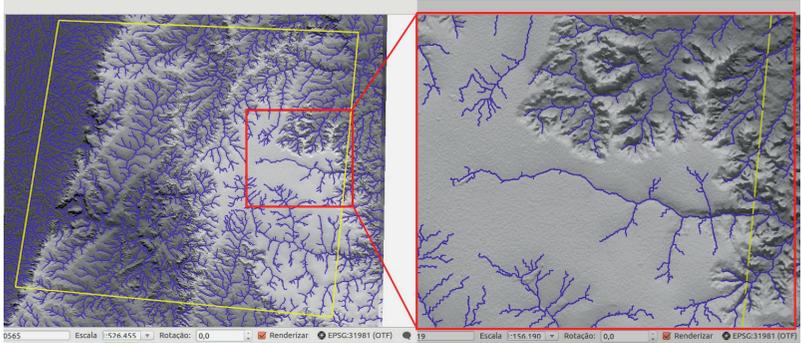
Por fim, deve-se ir em **“Arquivo”**, na Barra de Tarefas, e procurar por **“Exportação Vetorial...”**, o arquivo disponível será aquele já vetorializado e estará na primeira caixa, onde deve ser movido para a segunda através da seta para a direita; no campo **“Formato”** é necessário mudar para **“Shapefile”**; em **“Saída”>Caminho** escolher o local a ser salvo o arquivo e manter a opção **“Exportar propriedades”** ativa; clicar em **“Executar”** e esperar a mensagem concluindo o processo. Esse arquivo pode então ser aberto em outros SIGs e editado conforme necessidade, já que é comum existir imprecisão na delimitação de nascentes (Figura 23).

Figura 23: Passo a passo da exportação enumerados conforme a sequência descrita no corpo do texto. Fonte: autor.



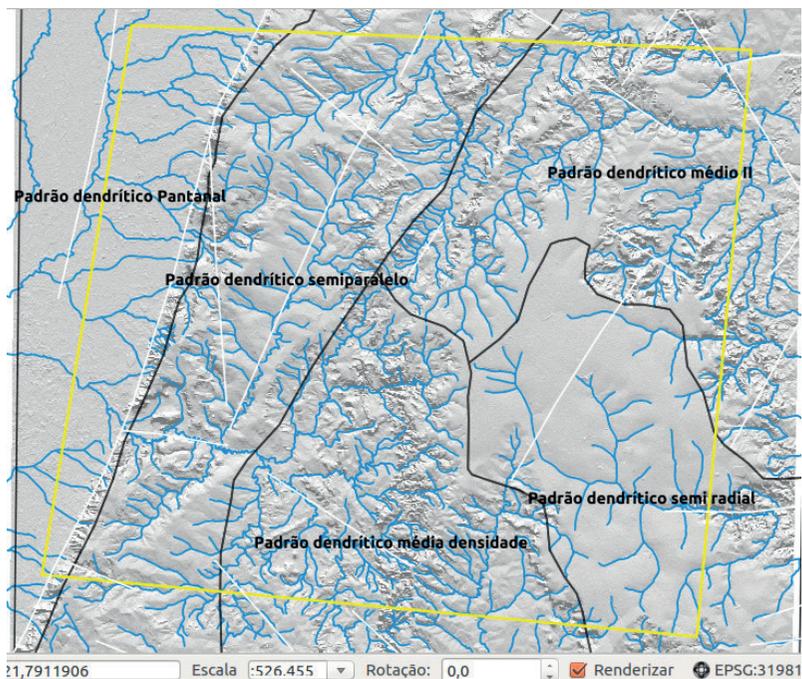
Após o processamento automático deve ser feita a análise visual para garantir que o *threshold* aplicado está adequado (é possível ver os cursos d'água nas imagens de satélite e assim analisar os cursos falsamente marcados e os que realmente existem) possibilitando a demarcação das zonas com padrões de drenagem evidentes (Figura 24).

Figura 24: Drenagem extraída no TerraView e aproximação para verificação da conformidade entre a drenagem extraída e o relevo. É possível verificar que os cursos principais estão corretos, mas as linhas de escoamento superficial foram demarcadas e devem ser editadas manualmente para chegar a um resultado ideal. Fonte: autor.



O arquivo *shapefile* da hidrografia oficial, utilizado para comparação, foi obtido através do site do IBGE (geoftp.ibge.gov.br), que disponibiliza toda a Base Cartográfica produzida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), na escala 1:250.000. A partir da drenagem foi possível marcar os padrões de drenagem identificados visualmente. O padrão geral é o dendrítico, tendo sub-regiões caracterizadas como semiparalelo, média densidade I e II, semi-radial e o padrão específico do Pantanal (Figura 25). Os padrões evidenciam concordância com as zonas homólogas encontradas.

Figura 25: Padrões de drenagem com suas regiões identificadas e combinados ao mapa de lineamentos da CPRM (geosgb.cprm.gov.br).



5. APOIO DE CAMPO

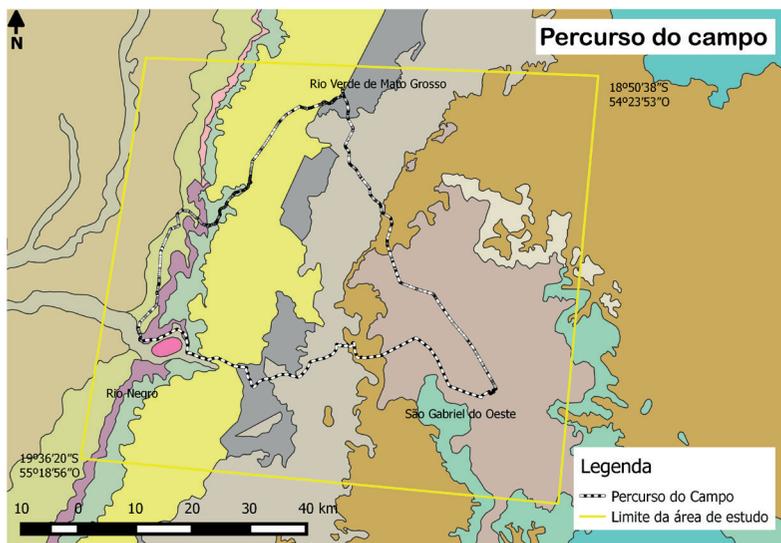
O Após a montagem do banco de dados é necessário ir à campo para completar as informações obtidas por Sensoriamento Remoto. Esse é um passo importante para corrigir e adicionar dados ao arquivo de polígonos que será o mapa geológico detalhado.

O levantamento de campo feito neste trabalho, com detalhamento dos pontos em anexo, ocorreu nos dias 26 e 27 de outubro de 2017. Para a pesquisa de campo foram utilizados martelos, mapas impressos, lupa, uma máquina fotográfica com registro georreferenciado e um GPS Garmin Monterra, que possui as funções de marcar pontos, marcar trajetos, tirar fotos, além de suportar download dos dados prévios para análise no local e download de imagens BirdsEye de alta resolução para visualizar em campo.

O trajeto foi marcado de forma a facilitar o deslocamento, sendo assim sobre caminhos já conhecidos, as rodovias Federal BR-163, Estadual MS-080 e Estadual MS-430, que interligam correspondentemente as cidades de São Gabriel do Oeste, Rio Verde de Mato Grosso e Rio Negro, em Mato Grosso do Sul (Figura 26).

É importante salientar que cada estudo desenvolvido contará com disponibilidade diferente de materiais e percursos (rotas particulares ou vias públicas), sendo assim, as escolhas aqui feitas não devem ser levadas como regra, mas sim como exemplo e sugestão de metodologia.

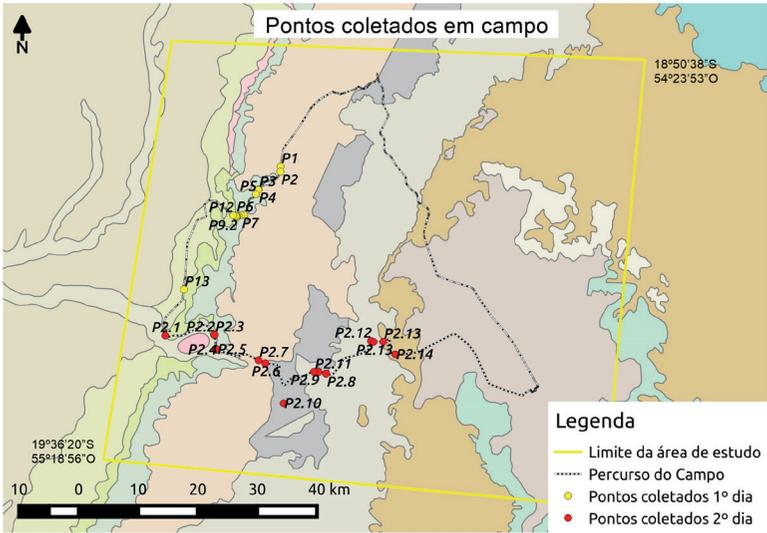
Figura 26: Correspondência entre o percurso marcado e a geologia local.
Fonte: autor.



5.1 - OS PONTOS

A espacialização dos pontos foi feita tendo em vista que o objetivo era visualizar a maior quantidade de contatos entre pacotes sedimentares durante o percurso, sendo coletados ao longo das rodovias estadual MS-080 e estadual MS-430, o detalhamento das características de cada ponto podem ser encontrados no anexo, ao final do livro. Não foi possível obter pontos na BR-163 por falta de local adequado para estacionar e devido ao grande tráfego de veículos (Figura 27), é uma observação de como agentes externos podem influenciar no desenvolvimento do trabalho. Apesar disso, a escolha dessa rota favoreceu o reconhecimento da geologia local.

Figura 27: Mapa contendo os pontos marcados em dois dias de campo, separados por cores correspondentes aos dias em que foram coletados. Observação: no trecho sem pontos ficou inviável obter pontos por ser uma rodovia federal. Fonte: autor.



6. A ANÁLISE DOS DADOS

O resultado da fotointerpretação aqui detalhada foi um mapa de linhas que delimitam os limites entre as zonas homólogas identificadas e quando colocado sobre a imagem com composição falsa-cor ou sobre a imagem com sombreamento fica fácil identificar as diferenças entre as sub-regiões (Figuras 28 e 29).

Figura 28: Mapa gerado sobre a imagem com composição falsa-cor e infravermelho (a imagem foi girada no sentido anti-horário para melhorar a visualização). Fonte: autor.

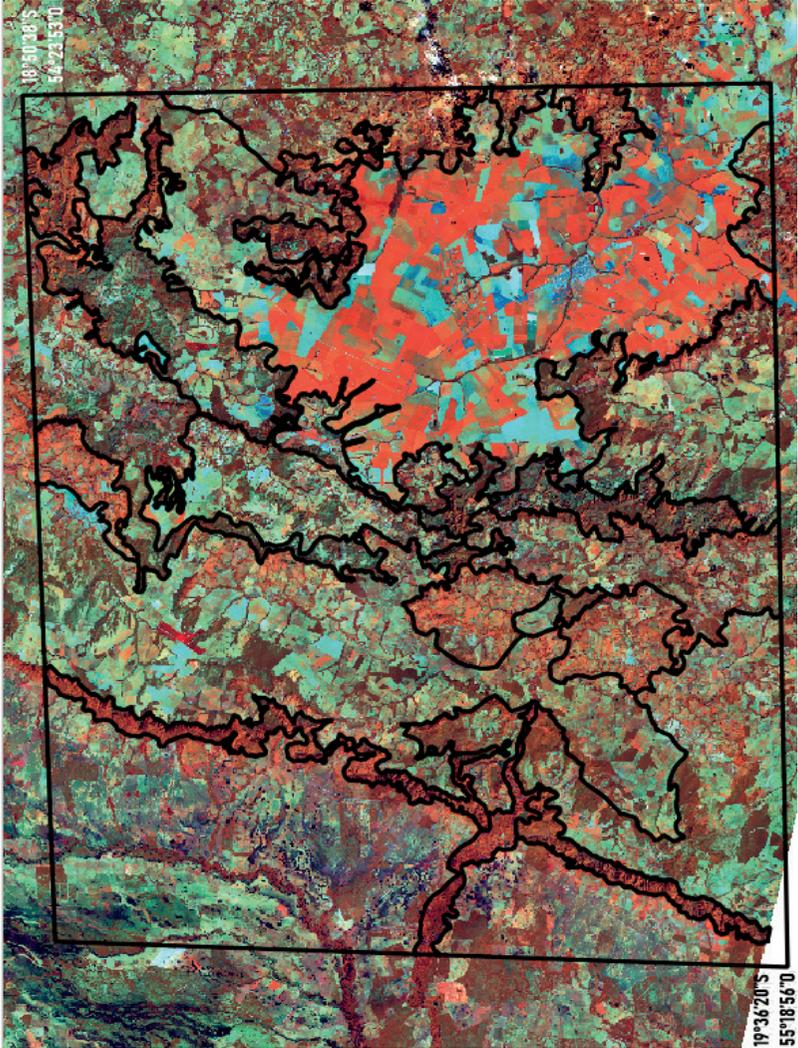
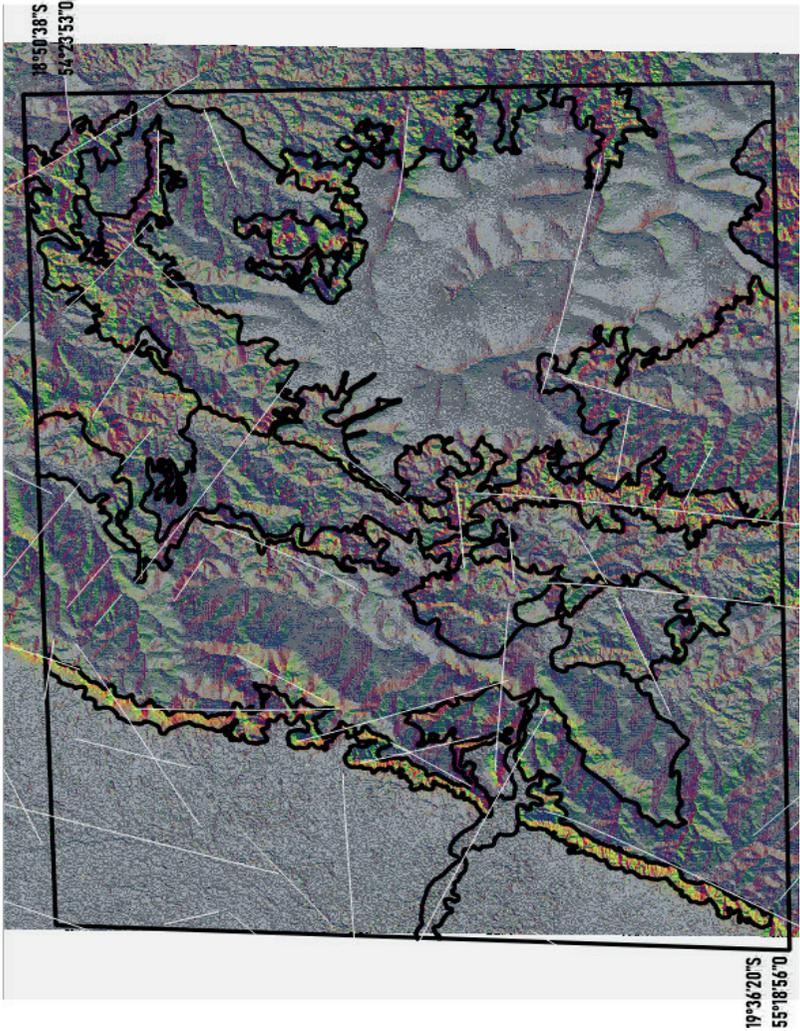
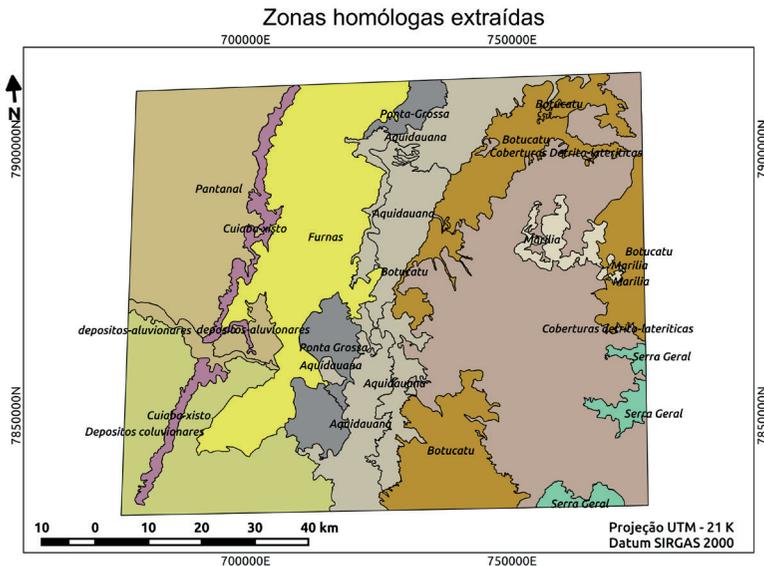


Figura 29: Mapa gerado sobre a imagem com sombreamento (a imagem foi girada no sentido anti-horário para melhorar a visualização). Fonte: autor.



A fotointerpretação das características de relevo, vegetação e hidrografia permitiu agrupar aspectos semelhantes em regiões, através da elaboração do mapa de zonas homólogas, onde as informações dos polígonos foram preenchidas a partir dos pontos coletados em campo (Figura 30). A extração das zonas homólogas resultou em um mapa geológico mais detalhado da área de estudo.

Figura 30: As zonas homólogas demarcadas nesse trabalho, as cores utilizadas para colorir foram as utilizadas oficialmente para as formações geológicas. Fonte: autor.

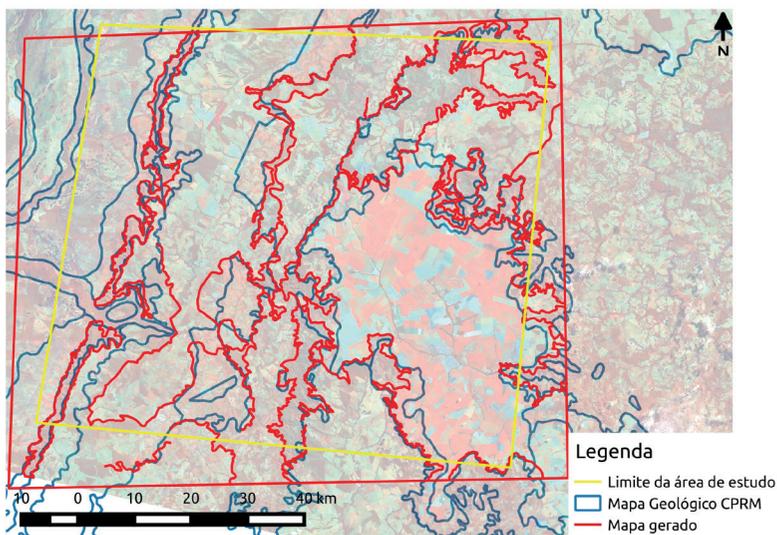


Nessa área, não foi possível identificar em campo algumas das estruturas mapeadas, como os Granitos Rio Negro e Coxim. As incompatibilidades podem se dar pela utilização do processo de simplificação cartográfica no mapa oficial, necessário ao se mapear grandes áreas. Esse processo torna o mapa da CPRM muito completo para seu nível de de-

talhamento, sem ficar visualmente poluído pelo excesso de informações, além de não perder os detalhes mais importantes da geologia. O mapa elaborado tem a pretensão de aprimorar o detalhamento, aumentando a quantidade de informações percebidas, mas não implica em melhoramento do mapa (Figura 31).

Figura 31: comparação entre o mapa oficial e o gerado neste trabalho. São notáveis as diferenças entre ambos, tanto em precisão das linhas quanto em conteúdo. Fonte: autor.

Mapa comparativo entre o mapa oficial de geologia e o mapa gerado neste trabalho



Na elaboração deste livro, as grandes diferenças observadas foram entre os limites das formações, como limites entre Furnas e Aquidauana, Aquidauana e Ponta Grossa, Furnas e Ponta Grossa, que tiveram deslocamentos (Figura 32). O Granito Rio Negro não foi ser identificado nas imagens e no campo, assim representando uma grande disparidade entre os mapas (Figura 33).

Figura 32: Diferenças percebidas entre as unidades do mapa oficial da CPRM (2009) e o mapa gerado neste trabalho. As setas indicam alguns pontos notáveis onde as diferenças são maiores. Fonte: autor.

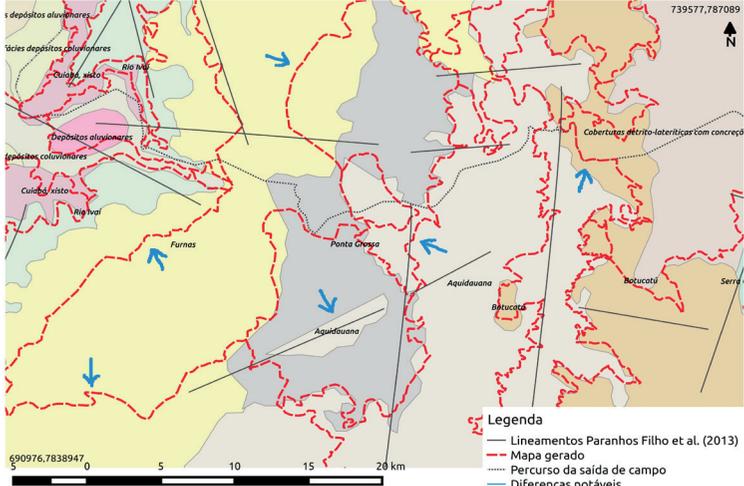
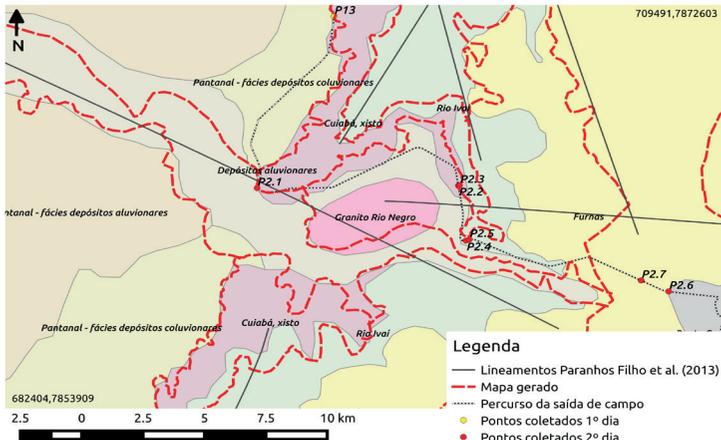


Figura 33: O mapa gerado não conta com a Formação do Granito Rio Negro. Fonte: autor.



7. OBSERVAÇÕES

A possibilidade de realizar esse detalhamento é de extrema significância, já que esses dados levariam muito tempo para serem atualizados oficialmente. Nesse sentido, esse manual mostrou a eficácia da utilização de dados de sensores remotos gratuitos e softwares livres para fins de mapeamento geológico, não excluindo a necessidade de verificação dos dados obtidos a campo. As técnicas de fotointerpretação, processamento automático e o controle de campo proporcionaram a construção dos mapas apresentados de forma acessível e com qualidade. O mapa gerado apresenta detalhes mais pontuais podendo auxiliar em pesquisas e locais, de forma mais aprofundada.

Há um destaque para a vantagem da utilização de imagens de satélite, pois muitas vezes os limites não podem ser alcançados a campo, por causa do difícil acesso de barreiras físicas, políticas, de segurança, como a rodovia que impossibilitou a parada para coletar pontos, entre outros, mas nessas imagens esses limites podem ser identificados e demarcados.

Os tutoriais aqui foram desenvolvidos com a intenção de auxiliar na reprodução dessas técnicas visando facilitar pesquisas similares futuramente. Os avanços tecnológicos devem ser usados sempre a favor da ciência e as informações sempre passadas adiante para que haja evolução do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ANDRADES FILHO, Clóvis O. **Análise morfoestrutural da porção central da bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010.

BIRDSEYE Satellite Imagery. **Garmin International Inc**, 2017.

BRASIL. . Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral .CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Geosgb**. 2018. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br>. Acesso em: abr. 2018.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, J. S. de. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do projeto SRTM para fotointerpretação na geologia**, geomorfologia e pedologia. São José dos Campos: INPE, 2004.

CARVALHO, Thiago Morato; BAYER, Maximiliano. Utilização dos Produtos da “SHUTTLEADARTOPOGRAPHYMISSION” (SRTM) no Mapeamento Geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 9, n. 1, 2008.

DEMATTÊ, José Alexandre Melo; BORGES, M. H.; PFEIFER, R. M. Aerofotos convencionais e imagens orbitais TM/LANDSAT no mapeamento morfo-pedológico em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 372-382, 1993.

DE SOUZA FILHO, Carlos Roberto; CRÓSTA, Alvaro Pentead. Geotecnologias aplicadas à Geologia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 1-4, 2016.

DIGITALGLOBE. **Google Earth**. 2017. Disponível em: earth.google.com/web. Acesso em: set. 2017.

DO BRASIL, CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO. **Mapa Geodiversidade do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FARR, Tom G. et al. The shuttle radar topography mission. **Reviews of geophysics**, [Richmond], v. 45, n. 2, 2007.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, [Tulsa, Okla], v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados geográficos**. 2006.

JARDIM, A. C. **O algoritmo para extração automática de drenagem do TerraHidro**. [S. l.]: [s.n.], 2012.

MAPA DA AMÉRICA LATINA E BRASIL, CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. U.S. **Department of Health & Human Services**, 2018. Disponível em: <https://www.cdc.gov/>. Acesso em: maio 2018.

LISLE, Richard J.; BRABHAM, Peter J.; BARNES, John W. **Mapeamento geológico básico**-: guia Geológico de Campo. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.

LOCH, Carlos. **Pesquisa de diversos sensores (Landsat, radar e fotos aéreas), bem como estudo de suas potencialidades aplicadas à interpretação geológica**. 1982. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná, 1982.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de; ROSA (Organizadores). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

NASA/United States Geological Survey. **The Landsat Program**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: ago. 2017.

PARANHOS FILHO, Antonio C. *et al.* A study of structural lineaments in Pantanal (Brazil) using remote sensing data. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 3, p. 913-922, 2013.

PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* **Geotecnologias em Aplicações Ambientais**. Campo Grande, MS.: Editora UFMS, 2016.

PROJETO RADAMBRASIL (Ministério das Minas e Energia). **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1982.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**, 2015.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira; AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 15, n. 1, 2014.

SCHUMM, S. A.; KHAN, H. R. Experimental study of channel patterns. **Nature**, [London], v. 233, n. 5319, p. 407-409, 1971.

SILVA, Carlos Petrônio Leite et al. Emprego de fotografias aéreas e modelo digital de terreno no mapeamento geotécnico da área de proteção ambiental do Rio São Bartolomeu-DF. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**, Florianópolis, 2007. p. 21-26.

SOARES, Paulo Cesar; FIORI, Alberto Pio. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SUERTEGARAY, D.M.A *et al.*. **Terra feições ilustradas**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2003.

ZUQUETTE, Lazaro Valentim. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. Tese (Livre Docência em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993. doi:10.11606/T.18.2019.tde-27092019-143236.

ANEXOS

<p>1º ponto (19° 3'6.78"S; 54°59'31.80"O, 26/10/2017): Afloramento de corte de estrada, constituído por arenito de cor branca acinzentada com perco- lação/impregnação de óxido de ferro dando cor alaranjada à capa exposta, mal selecionado, micá- ceo, apresentando estratificação plano-paralela, grãos variando de fino a médio, silicoso. Interpretado como Formação Furnas.</p>	
<p>2º ponto (19° 3'35.37"S; 54°59'32.96"O, 26/10/2017): Afloramento em canal de drena- gem, formado por arenito de cor esbranquiçada com capa ferru- ginosa de cor ocre, marcada pela presença de óxidos/hidróxidos de ferro. Observa-se laterização superficial. Interpretado como Formação Furnas.</p>	

3º ponto (19° 5'13.95"S; 55° 1'37.17"O, 26/10/2017): Aflo-ramento em corte de estrada, formado por rocha predominantemente pelítica (silte+argila) com intercalações arenosas e níveis micáceos (ritmito?), cor ocre a arroxeadada, finamente laminada, estrutura plano-paralela. Apresenta sistema de faturamento com espaçamento decimétrico de direção N30E e inclinação sub vertical. Provável Formação Ponta Grossa.



4º ponto (19° 5'15.92"S; 55° 1'39.06"O, 26/10/2017): Aflo-ramento de corte de estrada constituído por arenito com textura "pele de onça" (salpicado de óxidos), cortado por diques clásticos de 2 direções distintas, diques de injeção com orientação N-S e geometria irregular e pitgmática (estruturas sin deposicional) sub-vertical, estes são cortados por fraturamento vertical com direção W-E e espaçamento entre 30-80cm. Interpretado como Formação Furnas.



<p>5º ponto “cachoeira” (19° 6'36.02”S; 55° 2'41.51”O, 26/10/2017): Afloramento em drenagem formado por lajes e talude com cerca de 20m de altura constituído por arenitos de coloração esbranquiçada com pontos castanhos, textura “pele de onça” (salpicado de óxidos), intercalações finas de cascalho em níveis decimétricos, distribuídas ao longo da sequência. Fraturamento em sistemas N-S e E-W com desenvolvimento das drenagens sobre estas direções. Formação Furnas.</p>	
<p>6º ponto (19° 7'33.35”S; 55° 2'58.18”O, 26/10/2017): Afloramento formado por lajedo em meio a campo constituído por arenito fino de cor amarelada, com textura “pele de onça” (salpicado de óxidos). Identificado como Formação Furnas.</p>	

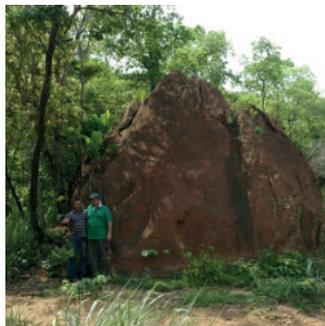
<p>7º ponto (19° 7'35.26"S; 55° 3'16.25"O, 26/10/2017): Aflo-ramento em corte de estrada, compondo sequência de arenitos com coloração esbranquiçada com pontos marrons. Seção basal da Formação Furnas.</p>	
<p>8º ponto (19° 7'39.42"S; 55° 3'31.16"O, 26/10/2017): Aflo-ramento em corte de estrada, compondo sequência de arenitos com coloração amarelada. Seção basal da Formação Furnas.</p>	
<p>9º ponto (19° 7'40.16"S; 55° 3'39.15"O, 26/10/2017): Aflo-ramento em corte de estrada, compondo sequência de arenitos com coloração marrom, com pequena gradação granulométrica da base para o topo, começando por arenitos grossos passando para arenito composto por grânulos e intercalações de níveis centimétricos de conglomerados. Seção basal da Formação Furnas.</p>	

<p>10º ponto (19° 7'43.60"S; 55° 3'42.16"O, 26/10/2017): Talude em corte de estrada constituído por rocha com matriz silto-argilosa de coloração arroxeada, levemente micácea. Provável Formação Rio Ivaí.</p>	
<p>11º ponto (19° 7'39.68"S; 55° 3'46.93"O, 26/10/2017): Talude em corte de estrada constituído por Filitos de cor cinza claro, com Foliação S0 com direção N20E/86SE. Interpretado como Grupo Cuiabá.</p>	
<p>12º ponto (19°18'37.99"S; 55°10'23.68"O, 27/10/2017): Afloramento de filitos de cor cinza a ocre, com foliação bem marcada. Interpretado como Grupo Cuiabá.</p>	

12º ponto B (19°18'37.99"S;
55°10'23.68"O, 27/10/2017):
Observa-se 4 sistemas de falha
distintos, sendo os 3 primeiros
de orientação N25E/72NW,
N55E/90° e N15E/30S, nestes
não é possível determinar qual
é o mais antigo, mas todos são
seccionados pelo plano de falha
com direção N05W/65S, o qual
detém preenchimento de quartzo
e óxidos de ferro e manganês.



13º ponto (19°18'31.64"S; 55°
5'42.87"O, 27/10/2017): Mata-
cão de arenito conglomerático/
diamictito de cor vermelha.
Bloco rolado do topo da morraria
adjacente. Provável Formação
Aquidauana.



<p>14º ponto (19°18'31.26"S; 55° 5'41.29"O, 27/10/2017): Aflo-ramento em cava de extração de cascalho próximo à rodovia, composto por rocha muito alterada, constituída por filito de cor marrom clara, com ma-terial intrusivo de cor branca, com aparentes cristais relictos de feldspato, biotita, clorita e poucos cristais milimétricos de quartzo. Contato errático do filito com o material branco, com blocos de filito engloba-dos pelo material de aparente origem ígnea. Filito Grupo Cuiabá, material intrusivo, uni-dade geológica não determinada.</p>	
<p>15º ponto (19°19'52.20"S; 55° 5'31.42"O, 27/10/2017): Aflo-ramento em corte de estrada, composto por metassedimentos (siltito levemente metamorfi-sado) de cor cinza esverdeada, finamente laminado. Unidade geológica indefinida.</p>	

<p>16º ponto (19°19'50.53"S; 55° 5'26.91"O, 27/10/2017): Conta- to entre a Bacia Sedimentar do Paraná (arenito cinza arroxeadado) e metassedimentos. Interpretado como Provável Formação Furnas.</p>	
<p>17º ponto (19°21'3.70"S; 55° 0'47.83"O, 27/10/2017): Aflo- ramento em corte de estrada, composto por arenito de cor esbranquiçada, com textura arenosa grossa, mal selecio- nada, com presença de mica e feldspato (arenito imaturo). Formação Furnas.</p>	
<p>18º ponto (19°20'47.96"S; 55° 1'26.32"O; 27/10/2017): Aflo- ramento em corte de estrada formado por lajedos de arenito fino de cor branca a avermelhada. Formação Furnas.</p>	

<p>19º ponto (19°21'48.54"S; 54°55'41.25"O, 27/10/2017): Afloramento em corte de estrada, composto por siltito de cor arro- xeada clara, apresentando micro- fraturamento e manganês dendrí- tico. Formação Ponta Grossa.</p>	
<p>20º ponto (19°21'56.94"S; 54°54'56.64"O; 27/10/2017): Afloramento mostrando conta- to erosivo entre siltito alterado de cor esbranquiçada (abaixo) e arenito grosseiro mal selecio- nado de cor branca com capa de alteração vermelha (acima). Interpretado contato entre a Formação Ponta Grossa e a Formação Aquidauana.</p>	
<p>21º ponto (19°24'41.82"S; 54°58'59.72"O, 27/10/2017): Afloramento de folhelho de cor cinza arroxeadado com intercalações arenosas de coloração branca. Formação Ponta Grossa.</p>	

22º ponto (19º18'55.06"S,
54º50'41.11"O, 27/10/2017):
Seção iniciada na base da serra
nas coordenadas 19º18'56,83S
– 54º50'41,52º e finalizada em
19º18'58,80"S-54º48'51,51"O,
composta por arenito fino in-
tercalado a arenitos grossos e
níveis de paraconglomerados
polimíticos seguidos em direção
ao topo a ritmitos e a partir de
19º18'58,94"S – 54º50'26,96'O,
composta por diamictitos com
alguns raros níveis de arenito
conglomeráticos intercalados.
Formação Aquidauana.



22º ponto B (19º18'58,94S
-54º50'26.96ºO): é observado
estrutura acanalada formada
por conglomerado polimítico,
interpretado como sendo canal
de degelo (esker).



Este livro foi editorado com as fontes Crimson Text e Nexa.
Publicado on-line em: <https://repositorio.ufms.br>