

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

BIBIANA SALVADOR CABRAL DA COSTA

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO DO RELEVO
NO BIOMA PAMPA PARA O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO**

PORTO ALEGRE

2021

BIBIANA SALVADOR CABRAL DA COSTA

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA REPRESENTAÇÃO DO RELEVO
NO BIOMA PAMPA PARA O MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Robbi Sluter

PORTO ALEGRE

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Costa, Bibiana Salvador Cabral da
Determinação das características da representação
do relevo no bioma Pampa para o mapeamento sistemático
brasileiro / Bibiana Salvador Cabral da Costa. --
2021.
176 f.
Orientadora: Claudia Robbi Sluter.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de
Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre,
BR-RS, 2021.

1. Mapeamento topográfico. 2. Escalas. 3.
Geomorfologia. 4. Curvas de nível. I. Sluter, Claudia
Robbi, orient. II. Título.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

TESE

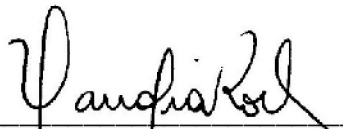
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR EM SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR)
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPRSM)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre, RS, Brasil.

Aprovada em: 31/03/2021
Pela Banca Examinadora:

Homologada em: __/__/____
Por:



Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter
Orientadora

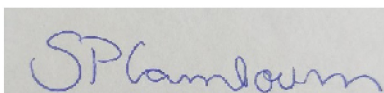
Prof. Dr. Guilherme Garcia de Oliveira
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Sensoriamento
Remoto



Prof. Dra. Andrea Lopes Iescheck
(PPGSR/UFRGS)



Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli
(PPGSR/UFRGS)



Prof. Dra. Silvana Philippi Camboim
(UFPR)

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos de doutorado.

À minha orientadora, professora doutora Claudia Robbi Sluter. Agradeço pela acolhida, pelos ensinamentos, pela dedicação e confiança para a realização da tese.

Aos coordenadores e membros das comissões coordenadoras, professores e funcionários do programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto e funcionários do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, que estiveram presentes durante o desenvolvimento do doutorado.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por fornecer a estrutura necessária para a realização da tese.

À Diretoria do Serviço Geográfico do Exército e ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pela disponibilização gratuita de dados cartográficos.

À NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) através do *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP – DAAC) e *Alaska Satellite Facility – Land Processes Distributed Active Archive Center* (ASF – DAAC) pela disponibilização gratuita de Modelos Digitais de Elevação.

Ao Éder Rodrigues, pela disponibilização de dados de elevação do terreno obtidos por RPA.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões que permitiram melhorar o documento final.

À minha família, por tudo.

RESUMO

O mapeamento topográfico é considerado como uma base de dados de referência para outros tipos de mapeamento, servindo para diversos tipos de usos e usuários. O objetivo da pesquisa da Tese foi o de avaliar em diferentes escalas a adequabilidade das representações cartográficas das características geomorfológicas das feições do relevo do bioma Pampa no mapeamento topográfico. A metodologia foi desenvolvida como um estudo de caso. Para isso, foi selecionada uma área de estudo no bioma Pampa que levou em conta a disponibilidade de dados vetoriais de cartas topográficas nas escalas do mapeamento sistemático e a disponibilidade de Modelos Digitais de Elevação de alta e média resolução espacial. As etapas da metodologia envolveram a obtenção de dados cartográficos para a área de estudo, como cartas topográficas, Modelos Digitais de Elevação, dados vetoriais de mapeamento geomorfológico do pampa. Também foram definidas as feições do relevo para a representação cartográfica a partir da revisão da literatura. As análises foram realizadas para as escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000 e para escalas maiores: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000, 1:5.000. A representação cartográfica das feições do relevo definidas no mapeamento geomorfológico brasileiro como modelados de dissecação homogênea convexa e tabular, pediplano degradado desnudado, pediplano retocado inumado, planície fluvial, terraço fluvial, morro testemunho, ressalto, escarpa erosiva, rampa de colúvio, crista simétrica, paleodrenagem e arenização foram analisadas nas escalas do mapeamento sistemático. As feições do relevo associadas ao processo de arenização e obtidas a partir da revisão da literatura, como: degrau de abatimento, sulco, ravina, micro relevo testemunho, duna, leque deposicional, escoamento concentrado e voçoroca foram analisadas nas escalas de detalhe. Os resultados demonstraram que as feições dissecação homogênea tabular, pediplano degradado desnudado, pediplano retocado inumado, escarpa erosiva e morro testemunho tiveram as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível na escala 1:50.000 e 1:25.000, sendo, portanto, a escala 1:50.000 a escala mínima para representar as características do relevo dessas feições. A escala 1:25.000 foi a escala mínima para representar as características geomorfológicas das feições

dissecação homogênea convexa, rampa de colúvio, crista simétrica e ressalto. As feições geomorfológicas terraço fluvial, planície fluvial, paleodrenagem e arenização não tiveram as suas características geomorfológicas representadas em nenhuma escala do mapeamento sistemático. As feições do relevo associadas ao processo de arenização como degrau de abatimento, sulco e duna tiveram as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível da escala 1:200, sendo portanto, essa a escala mínima para a representação dessas feições. A escala 1:500 foi a escala mínima para representar as características geomorfológicas das feições micro relevo testemunho, leque deposicional e escoamento concentrado. A escala mínima para representar as características geomorfológicas da ravina foi a escala 1:1.000. A voçoroca teve as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível na escala 1:5.000. Com a definição dessas feições do relevo e o conhecimento das características geomorfológicas das mesmas, foi possível determinar escalas mínimas para que diferentes formas de relevo possam estar representadas no mapeamento topográfico. Com isso, espera-se contribuir para pesquisas futuras em mapeamento topográfico no Brasil.

Palavras-chave: Mapeamento topográfico, escalas, geomorfologia, curvas de nível.

ABSTRACT

Topographic mapping is a reference database for other types of mapping, serving for different types of uses and users. This research aims to evaluate at different scales the suitability of the cartographic representations of the geomorphological characteristics of the relief features of the Pampa biome in the topographic mapping. The methodology was developed as a case study. For this, a study area was selected in the Pampa biome that took into account the availability of vector data from topographic maps in the scales of systematic mapping and the availability of digital elevation models of high and medium spatial resolution. The steps of the methodology involved obtaining cartographic data for the study area, such as topographic maps, Digital Elevation Models, vector data of geomorphological mapping of the pampa. The relief features for cartographic representation were also defined from the literature review. The analyses were performed for the scales of the systematic mapping: 1:25,000, 1:50,000, 1:100,000, 1:250,000 and for larger scales: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1,000, 1:5,000. The cartographic representation of the relief features defined in the Brazilian geomorphological mapping as convex and tabular homogeneous dissection, pediplanes, plain, terrace, residual hill, ressalto, erosive escarpment, colluvium slope, crista simétrica, paleodrainage and sandyzation were analyzed on the scales of the systematic mapping. The features of the relief associated with the sandyzation process and obtained from the literature review, such as: denudational landform, rill, ravine, micro-residual hill, dune, depositional fan, concentrated flow, and gully were analyzed in the detail scales. The results demonstrated that the features of tabular homogeneous dissection, pediplanes, erosive escarpment and residual hill had their geomorphological characteristics represented by the contour lines at the 1:50,000 and 1:25,000 scales, being, therefore, 1:50,000 the minimum scale to represent the geomorphological characteristics these relief features. The 1:25,000 scale was the minimum scale to represent the geomorphological characteristics of the convex homogeneous dissection, colluvium slope, crista simétrica and ressalto. The geomorphological features of the terrace, plain, paleodrainage and sandyzation did not have their geomorphological characteristics represented on any scale of the systematic mapping. The features of the relief associated with the sandyzation process as a

denudational landform, rill and dune had their geomorphological characteristics represented by the contour lines at 1:200 scale, therefore, this being the minimum scale for the representation of these features. The 1:500 scale was the minimum scale to represent the geomorphological characteristics of the micro residual hill,, depositional fan and concentrated flow. The minimum scale to represent the geomorphological characteristics of the ravine was the 1:1,000 scale. The gully had its geomorphological characteristics represented by the contour lines at 1:5,000 scale. With the definition of these relief features and the knowledge of their geomorphological characteristics, it was possible to determine minimum scales so that different relief forms can be represented in the topographic mapping. With this, it is expected to contribute to future research in topographic mapping in Brazil.

Keywords: Topographic mapping, scales, geomorphology, contour lines.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | Hipótese | 13 |
| 1.2 | Objetivo Geral | 14 |
| 1.2.1 | Objetivos Específicos | 14 |
| 1.3 | Área de estudo | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | Mapeamento topográfico no Brasil | 16 |
| 2.2 | Cartografia topográfica | 19 |
| 2.3 | Situação atual do mapeamento topográfico no Rio Grande do Sul | 23 |
| 2.4 | Bioma Pampa | 26 |
| 2.4.1 | Geomorfologia da área de estudo | 27 |
| 2.4.1.1 | Taxonomia geomorfológica no bioma Pampa | 29 |
| 3 | METODOLOGIA | 47 |
| 3.1 | MATERIAIS | 48 |
| 3.1.1 | Cartas Topográficas | 48 |
| 3.1.2 | Modelos Digitais de Elevação | 50 |
| 3.1.2.1 | MDE SRTM | 51 |
| 3.1.2.2 | MDE ALOS – PALSAR | 52 |
| 3.1.2.3 | MDE obtido por RPA | 53 |
| 3.1.3 | Dados Geomorfológicos, limites de biomas e territoriais | 54 |
| 3.1.4 | Softwares para o processamento e manipulação dos dados geoespaciais | 54 |
| 3.2 | ETAPAS DA METODOLOGIA | 54 |
| 3.2.1 | 1ª Etapa: Pesquisa documental sobre a situação atual do mapeamento topográfico brasileiro na região rural do bioma Pampa | 54 |
| 3.2.2 | 2ª Etapa: Definição da área de estudo | 55 |
| 3.2.3 | 3ª Etapa: Caracterização da geomorfologia da área de estudo | 55 |
| 3.2.4 | 4ª Etapa: Definição das feições cartográficas representativas da área de estudo | 56 |
| 3.2.5 | 5ª Etapa: Representação cartográfica do relevo na área de estudo | 57 |
| 3.2.5.1 | Análise do relevo nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 | 57 |
| 3.2.5.2 | Análise do relevo nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000 | 58 |
| 3.2.6 | Etapa: Determinação de escala básica | 59 |
| 4 | RESULTADOS | 60 |
| 4.1 | Representação cartográfica do relevo: Estudo de Caso | 60 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.1.1 | Representação cartográfica do relevo nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000. | 60 |
| 4.1.2 | Representação cartográfica do relevo nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000, 1:5.000. | 140 |
| 5 | CONCLUSÕES | 166 |
| | FINANCIAMENTO | 169 |
| | REFERÊNCIAS | 169 |

1 INTRODUÇÃO

Devido à confiabilidade na representação posicional das feições e por servir a uma variedade de usos e usuários, diversos países mantêm organizações dedicadas ao mapeamento topográfico em diferentes escalas (KENT, 2009). Para que os mapas topográficos possam servir de referência para outros mapeamentos e para planejamentos civis e militares, é importante a disponibilização de dados cartográficos atualizados e com um recobrimento total do território nacional.

No Brasil, o Decreto-Lei nº 243 de 28 de fevereiro de 1967 definiu as “Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira” (BRASIL, 1967). Nesse decreto foi criado o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). A partir dessa legislação, ficou definido que deveria haver o mapeamento sistemático de todo o território brasileiro, e que o mesmo ficaria a cargo das entidades integrantes do SCN (Artigo 22, BRASIL, 1967). O Artigo 8º do Decreto-Lei nº 243 estabelece que “A Cartografia Sistemática Terrestre tem por fim a representação da área terrestre nacional, através de séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, nas escalas padrão abaixo discriminadas: 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000.” No Brasil, o mapeamento topográfico é de responsabilidade de duas instituições federais integrantes do SCN: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército (BRASIL, 1967). Em 1984 foram definidas as “Normas e Instruções Cartográficas” pelo Decreto Lei nº 89.817 (BRASIL, 1984), onde foi estabelecido o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para as diferentes escalas previstas no mapeamento sistemático brasileiro. Também na Constituição Federal de 1988, nos artigos 21 e 22, a cartografia foi prevista como uma competência do Estado (BRASIL, 1988).

Apesar de vários esforços, a História revela que, no Brasil não foi possível mapear a totalidade do território em todas as escalas definidas por legislação e nem manter a atualização nas escalas já mapeadas. Segundo Camboim *et al.* (2008), a última edição em formato analógico das cartas topográficas nas escalas 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000 ocorreu no final dos anos 1970. Além da desatualização, conforme aumenta a escala, aumenta a lacuna no mapeamento topográfico (CAMBOIM *et al.*, 2008). A situação é mais crítica para a escala 1:25.000, que cobre um pouco mais de 5% do território nacional (SLUTER *et al.*, 2018; SILVA;

CAMBOIM, 2020), sendo que essa é a escala básica de referência do mapeamento topográfico no Brasil.

Mesmo com o avanço tecnológico, ainda há muitas lacunas de recobrimento territorial no mapeamento topográfico brasileiro, principalmente nas escalas grandes. Além disso, a atualização do mapeamento sistemático deveria ser realizada para todas as escalas definidas em legislação, o que demandaria mais investimento e tempo (CASTRO, 2014). Muitos países definem uma ou duas escalas básicas de mapeamento e obtêm as cartas topográficas em escalas menores pelo processo de generalização cartográfica (KENT, 2009; CASTRO, 2014).

No Brasil se constata a falta de pesquisas para definir uma escala básica adequada para representar o território brasileiro em relação às suas diferentes paisagens (SLUTER *et al.*, 2018). Não há na literatura estudos que avaliem se as escalas básicas do mapeamento sistemático são adequadas para a representação das feições das diferentes paisagens, assim como inexistem estudos sobre a adequabilidade da escala básica de 1:25.000 ser a escala de referência para o mapeamento de todo o território brasileiro (SLUTER *et al.*, 2018). A falta de pesquisas em mapeamento topográfico faz com que o Brasil continue utilizando as técnicas e padrões de mapeamento desenvolvidos em outros países (SLUTER *et al.*, 2018). A definição de uma escala básica de referência que permita representar as feições de diferentes paisagens no território brasileiro pode auxiliar na diminuição de custos e tempo para a obtenção de dados em escalas menores, que poderiam ser obtidas por generalização cartográfica.

O Brasil possui um território com uma grande variedade de paisagens, que podem ser analisadas em relação às suas características físicas e culturais, como vegetação, geomorfologia e hidrografia e os tipos de uso e ocupação do solo em diferentes biomas. Há seis biomas terrestres delimitados no Brasil (IBGE, 2004a, 2019a). A representação das feições cartográficas que compõem as paisagens dos biomas brasileiros pode ser realizada a partir do mapeamento topográfico de referência. Para isso, é necessário determinar as feições que caracterizam as paisagens de cada bioma, e com isso definir uma escala básica de referência que permita representá-las.

Na presente pesquisa foi utilizada como objeto de estudo a representação cartográfica do relevo do bioma Pampa. O relevo constitui uma fonte de dado

primária para diferentes análises e estudos. No mapeamento topográfico brasileiro a representação cartográfica do relevo se dá a partir de curvas de nível e pontos cotados. As curvas de nível são importantes para a representação da geomorfologia das paisagens, pois permitem a identificação de tipos e formas de relevo a partir da variação da declividade. Porém, a representação das feições do relevo é dependente da escala. Nas escalas 1:250.000 e menores, onde há maior disponibilidade de dados cartográficos para o território nacional, feições geomorfológicas de pequena dimensão espacial não são representadas nos mapas topográficos, devido à maior equidistância entre as curvas de nível. Em escalas grandes, onde as equidistâncias entre as curvas de nível são menores, há uma grande lacuna de mapeamento para o território nacional. Além disso, mesmo para escalas maiores que 1:250.000, algumas feições do relevo podem não estar representadas.

Como o objetivo do mapeamento topográfico é servir de referência e representar fielmente as características das paisagens (KEATES, 1973; DSG, 1998), e como inexistem estudos científicos para analisar as escalas básicas adequadas para a representação das características das paisagens no mapeamento sistemático brasileiro (SLUTER *et al.*, 2018), essa pesquisa partiu do seguinte problema: quais feições do relevo do bioma Pampa devem estar representadas no mapeamento topográfico e qual deve ser a escala básica desse mapeamento para que as suas características geomorfológicas possam estar visíveis?

1.1 Hipótese

A hipótese construída para essa pesquisa seguiu o seguinte raciocínio: considerando que as feições cartográficas representativas do relevo do bioma Pampa são aquelas que caracterizam a geomorfologia do bioma; e que com a descrição das características geomorfológicas do relevo é possível determinar quais aspectos da geomorfologia devem constar no mapeamento topográfico, então, a partir da definição desses aspectos é possível determinar o nível de detalhamento necessário que permita representá-los cartograficamente e com isso definir a escala básica do mapeamento topográfico adequada para a representação cartográfica do relevo do bioma Pampa.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar em diferentes escalas a adequabilidade das representações cartográficas das características geomorfológicas das feições do relevo do bioma Pampa no mapeamento topográfico.

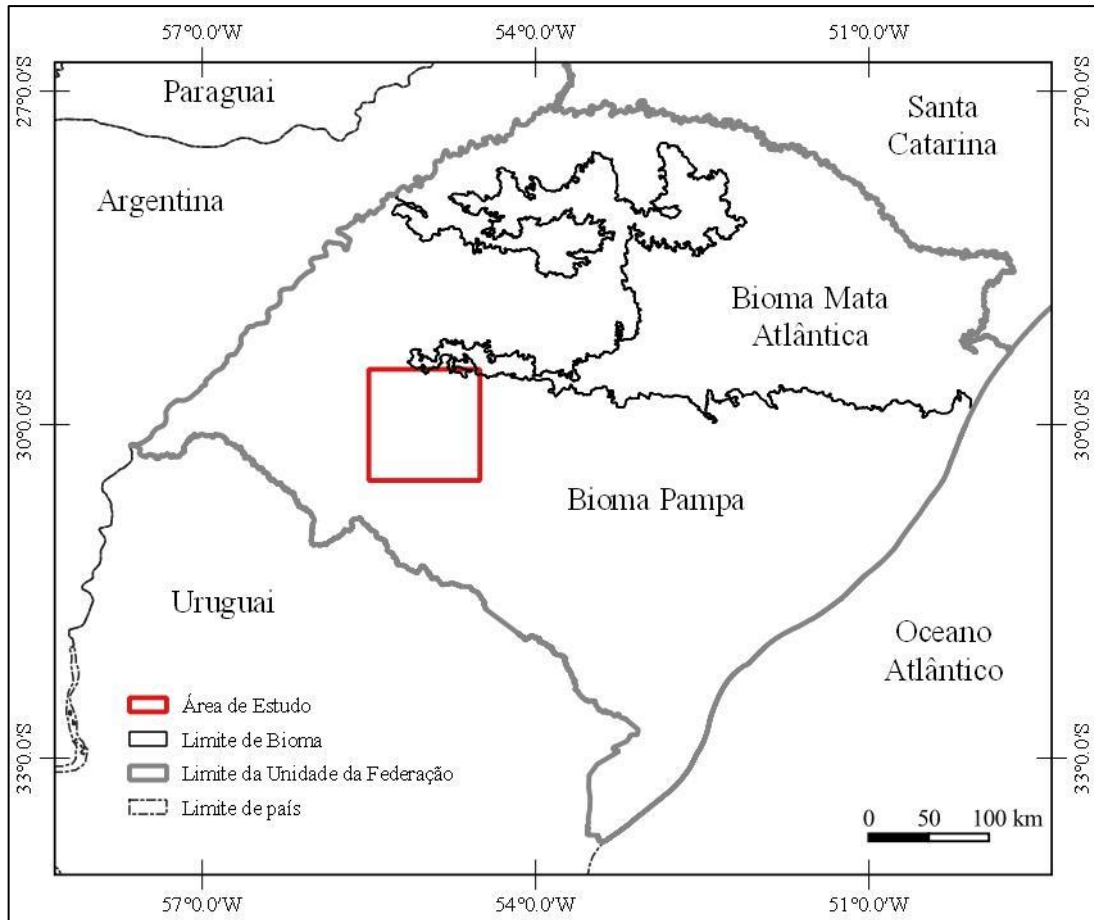
1.2.1 Objetivos Específicos

- Definir, a partir de revisão da literatura, as características geomorfológicas de algumas feições do relevo representativas do bioma Pampa.
- Analisar a representação cartográfica de feições do relevo do bioma Pampa nas escalas do mapeamento topográfico e em escalas de detalhe.
- Determinar o nível de detalhamento necessário nas representações cartográficas que permitam mostrar as características geomorfológicas de feições do relevo representativas do bioma Pampa.

1.3 Área de estudo

A área de estudo proposta para o desenvolvimento da pesquisa compreende o bioma Pampa. O Pampa está localizado no extremo sul do Brasil, no Rio Grande do Sul (RS), sendo o único bioma brasileiro com ocorrência em apenas uma Unidade da Federação do Brasil. O bioma Pampa faz divisa com o bioma Mata Atlântica no RS (Figura 1.1). A pesquisa foi realizada como um estudo de caso em uma área de estudo inserida no bioma Pampa. A localização espacial da área de estudo também está representada na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Localização espacial da área de estudo inserida no bioma Pampa.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados cartográficos: IBGE (2017, 2019a).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo foram descritos os fundamentos teóricos que subsidiaram as análises e discussões dos resultados da tese. O referencial teórico foi dividido por área de conhecimento, conforme a bibliografia necessária para o desenvolvimento da pesquisa e que serviu de base para a proposição do problema e da hipótese.

2.1 Mapeamento topográfico no Brasil

Os primeiros mapas com o intuito de retratar o território brasileiro foram desenvolvidos ainda no período pré-colonial, e tinham a intenção de representar o país para o reconhecimento e divisões territoriais internas (SANTOS; CASTIGLIONE, 2014). Segundo Archela e Archela (2008) e Archela (2007), as primeiras representações cartográficas do território brasileiro ocorreram no início do período colonial, desenvolvidas por países europeus, sendo que a primeira representação de forma integrada do território foi publicada no mapa intitulado *Terra Brasilis*, que foi incluído no atlas de Miller de 1519. Porém, no que diz respeito ao desenvolvimento da cartografia brasileira, essa somente começou a ser construída no período do Império, a partir dos primeiros levantamentos topográficos (ARCHELA; ARCHELA, 2008; ARCHELA, 2007). Apesar das tentativas de mapear o Brasil e de se estabelecer uma cartografia nacional durante o período imperial, o primeiro projeto de caráter sistemático para o mapeamento do território brasileiro ocorreu em 1903, com a criação da Comissão da Carta Geral do Brasil, no período republicano (ARCHELA; ARCHELA, 2008; BERNARDINO, 2012).

Em 1909, o Brasil se tornou signatário da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIMM), resultante de um acordo internacional para mapear o globo terrestre na escala 1:1.000.000 (ARCHELA; ARCHELA, 2008; NOGUEIRA, 2008). Uma missão austríaca foi contratada para auxiliar no mapeamento, introduzindo técnicas fotogramétricas, de desenho cartográfico e de impressão offset (CONCAR, 2018; ARCHELA, 2007). Como resultado, em 1922 ocorreu a divulgação do mapeamento sistemático na escala 1:1.000.000 (ARCHELA; ARCHELA, 2008). Mas, de acordo com Archela e Archela (2008), foi somente em 1962, após o levantamento aerofotogramétrico realizado pela Força Aérea Americana em solo brasileiro, entre

1942-1943 (CONCAR, 2018), que houve a publicação completa da Carta Internacional ao Milionésimo (CIM). O mapeamento da CIM resultou em 46 folhas na escala 1:1.000.000, cobrindo a totalidade do território brasileiro (ARCHELA; ARCHELA, 2008; CONCAR, 2018).

O século XX foi importante para a construção da cartografia nacional. Em 1934 surgiu o Instituto Nacional de Estatística (atual Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE), e em 1936 ocorreu a fusão das atividades estatísticas com as atividades cartográficas (CONCAR, 2018). Tal fusão teve como justificativa a necessidade de haver dados cartográficos confiáveis para que os levantamentos de dados estatísticos fossem realizados com êxito no território nacional (CONCAR, 2018). Archela e Archela (2008) caracterizam o período de 1934-1945 como de grande esforço do governo para a realização do mapeamento em todo o território nacional, principalmente a partir da criação do instituto que mais tarde viria a se chamar IBGE. Outra organização governamental criada no período republicano, no final do século XIX e que teve as atividades regulamentadas em 1946, foi o Serviço Geográfico do Exército, atual Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), do comando do Exército (ARCHELA; ARCHELA, 2008).

Com o avanço tecnológico e a disseminação dos conhecimentos técnico-científicos de Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica, GPS (*Global Positioning System*) e do uso da *web* (*webmapping*), os mapeamentos passaram a ser realizados em meio digital e a ser constituídos por bancos de dados geográficos (CONCAR, 2007). Essas novas tecnologias para mapear o espaço geográfico e para disponibilizar dados cartográficos georreferenciados, também chamados de dados geoespaciais, fizeram com que muitos países no mundo instituíssem as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE), com o intuito de se estabelecer normas e padrões para a produção e disseminação dos dados (CONCAR, 2010). Muitos países mantêm páginas na internet dedicadas ao mapeamento nacional e à disponibilização dos dados geoespaciais atualizados, como por exemplo, o *National Map*, mantido pela USGS (*United States Geological Survey*) nos EUA (USGS, 2021); e o *MasterMap Topography Layer* do *Ordnance Survey* (OS), na Grã-Bretanha (OS, 2021). No Brasil os dados geoespaciais gerados pelas instituições integrantes do SCN são disponibilizados pelo Portal SIG Brasil (INDE, 2021), independentemente de estarem atualizados ou não.

Segundo a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR, 2007), a conversão de dados analógicos para digitais foi iniciada no Brasil no final dos anos 80, com programas tipo CAD (*Computer Aided Design*). Na década de 90 houve o desenvolvimento e conversão dos dados para Mapotecas Digitais (CONCAR, 2007). Conforme CONCAR (2007), para que houvesse a produção e disseminação de dados geoespaciais no Brasil foi necessário criar normas técnicas para a padronização dos dados gerados pelas instituições integrantes do SCN e a padronização das mapotecas digitais do IBGE e da DSG para a utilização em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A partir dessa demanda ocorreu a publicação e homologação das Especificações Técnicas de Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), que tem como escalas padrão as escalas definidas no mapeamento sistemático terrestre (CONCAR, 2007; GOUVEIA *et al.*, 2012).

Em 2008, o Brasil instituiu a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais), definida como:

Conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (BRASIL, 2008, p. 57).

Em 2009 foram definidas normas para a publicação e disseminação de metadados espaciais, a fim de garantir a interoperabilidade entre os sistemas e facilitar o compartilhamento de informações entre instituições públicas e organizações civis (CONCAR, 2011). Em 2011 o Brasil passou a fazer parte de um plano de ação para a criação da INDA (Infraestrutura Nacional de Dados Abertos), uma tendência mundial para a divulgação e disponibilização de dados gerados pela esfera pública (SLUTER, 2013).

De acordo com Sluter (2013):

A confiabilidade dos dados geoespaciais é somente possível se estes forem gerados a partir do mapeamento básico de referência, o qual atualmente pode ser realizado com maior rapidez e menores custos, devido ao desenvolvimento e ao avanço da tecnologia computacional. (SLUTER, 2013, p. 51).

A primeira atualização cartográfica do mapeamento sistemático brasileiro nos padrões de dados geoespaciais da INDE ocorreu com a publicação da Carta Internacional ao Milionésimo (CIM), a partir da migração dos dados da mapoteca digital para a ET-EDGV (GOUVEIA *et al.*, 2012; GOUVEIA *et al.*, 2015). Foi instituído pelo IBGE um Programa de Atualização Permanente (PAP), com a previsão de atualização de uma base cartográfica contínua, com dados do mapeamento topográfico, a cada dois anos e disponibilização no Portal SIG Brasil (INDE, 2021). As escalas incluídas no PAP foram: 1:250.000 e 1:1.000.000 (GOUVEIA *et al.*, 2015; REIS *et al.*, 2011; IBGE, 2017). Em 2020 o IBGE disponibilizou duas bases contínuas na escala 1:25.000 para as seguintes Unidades da Federação: Rio de Janeiro e Santa Catarina (IBGE, 2021).

2.2 Cartografia topográfica

Segundo Keates (1973, grifo nosso), o termo “topográfico” faz alusão a todas as feições naturais ou artificiais que são identificáveis na superfície terrestre, e para as quais se atribui uma posição específica. “Essa posição é expressa em função da topografia da superfície, que varia em elevação em relação a um datum” (KEATES, 1973, p.19, tradução nossa). Com isso, os dois elementos principais para determinar a posição da topografia da superfície são: o relevo, medido a partir de três coordenadas (tridimensional), sendo duas para o posicionamento horizontal e uma para altitude; e a planimetria, que está relacionada somente à posição horizontal, a partir das coordenadas latitude e longitude (KEATES, 1973). Esses dois elementos fornecem a posição das feições a serem representadas no relevo, a partir da posição horizontal e a elevação vertical dessas feições no terreno em relação a um datum horizontal e um datum altimétrico (KEATES, 1973).

A cartografia topográfica, também chamada de cartografia de referência geral ou de base (NOGUEIRA, 2008; HOPFSTOCK, 2010; ROBINSON *et al.*, 1995) é utilizada para a produção de mapas oficiais dos territórios nacionais. São mapas de referência geral, pois servem a qualquer tipo de uso e usuário (KEATES, 1970). Eles fornecem as informações básicas da paisagem, sobre as quais os outros mapas são construídos (KEATES, 1989). Essas informações são representações gráficas detalhadas das características naturais e culturais do meio, como relevo, água,

vegetação, rede de transporte, e áreas urbanas, que são utilizadas como base para planejamentos territoriais, militares, ambientais, econômicos e sociais (HOPFSTOCK, 2010; KEATES, 1973).

A representação das características das paisagens e a acurácia posicional são definidas dentro dos limites da escala do mapa topográfico (KEATES, 1970). No Brasil, a acurácia dos dados cartográficos foi normatizada pelo Decreto 89.817 de 20 de Junho de 1984 (BRASIL, 1984), que definiu o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para as escalas do mapeamento sistemático brasileiro. A acurácia dos Produtos Cartográficos Digitais (PCD) foi definida a partir do PEC-PCD, que também abrange escalas maiores: 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 (DSG, 2016). Com isso, os dados digitais do mapeamento topográfico passaram a ser considerados como dados geoespaciais de referência (DSG, 2016).

Os mapas topográficos variam de escalas grandes a pequenas (HOPFSTOCK, 2010; KEATES, 1973; ROBINSON *et al.*, 2015) e são confeccionados a partir da sistematização de uma série de mapas que contêm as mesmas especificações ou o mesmo padrão de mapeamento (KEATES, 1973; HOPFSTOCK, 2010; DUARTE, 2002). Esses padrões são estabelecidos a partir de normas cartográficas, definidas por legislação.

A sistematização de uma série cartográfica garante que haja uma padronização em termos de escala e representações cartográficas, a fim de permitir a representação total de um território nacional pela articulação das cartas (OLIVEIRA, 1993). A carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIMM) foi estabelecida para ser um mapeamento sistemático na escala 1:1.000.000, para que a articulação de cartas nessa escala possa representar o globo terrestre. A partir da CIMM é possível o desdobramento de outras escalas de mapeamento, utilizadas para a confecção de mapas topográficos de territórios nacionais, como o Brasil.

O mapeamento sistemático brasileiro é um desdobramento da CIMM e foi estabelecido por legislação. O Decreto-Lei 243 de 1967 define que a representação do espaço territorial do Brasil se dá a partir da cartografia sistemática, que tem por finalidade representar a área terrestre nacional a partir de séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, nas escalas padrão 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000 (BRASIL, 1967).

As instituições nacionais responsáveis pelos mapeamentos topográficos do mapeamento sistemático no Brasil são o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército. O IBGE, além de produzir mapas topográficos, também é responsável pelo estabelecimento do sistema geodésico brasileiro. O Sistema Geodésico Brasileiro é composto por redes altimétricas, planimétricas e gravimétricas (IBGE, 2018a), importantes para a acurácia posicional das medições topográficas.

Com o advento da tecnologia por observação de satélites artificiais para fins de posicionamento, o IBGE criou o Projeto GPS, que teve como intuito:

Estabelecer metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do sistema NAVSTAR/GPS, que se apresentava como uma evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados, mostrando-se amplamente superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros. (IBGE, 2018a).

O sistema geodésico adotado oficialmente pelo IBGE desde 2005 é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000 (SANTOS, 2006), mas muitas das cartas topográficas foram construídas com outros sistemas de referência, como Córrego Alegre, Chuá e SAD69 (NOGUEIRA, 2008).

As finalidades do mapeamento topográfico, segundo o IBGE (1999) são:

Suporte ao mapeamento temático e especial; suporte ao mapeamento aeronáutico, rodoviário e ferroviário; suporte ao planejamento em diversos níveis; suporte ao mapeamento de unidades territoriais [...]; legislação de estruturas territoriais, regional e setorial; base para ante-projetos [sic] de engenharia e ambiental; subsídios para identificação das divisas internacionais; monitoramento ambiental,; estudos e projetos governamentais [...]; outros. (IBGE, 1999, p. 119).

Os usuários externos dos dados do mapeamento topográfico são muitos, o que evidencia o aspecto do mapeamento topográfico ser de uso geral e servir de base para outros mapeamentos e estudos. O IBGE descreve alguns dos usuários externos:

Ministério do Exército; Diretoria de Serviço Geográfico; Superintendências de Desenvolvimento Regionais (SUDENE, SUDAM, etc.); outros órgãos governamentais; empresas públicas e privadas; órgãos concessionários de serviços públicos (água, energia); instituições educacionais públicas e privadas; sociedade em geral. (IBGE, 2018b, documento eletrônico).

O mapeamento sistemático brasileiro segue as especificações técnicas adotadas na CIMM para a articulação das cartas. A distribuição geográfica das folhas ao milionésimo foi obtida com a divisão do planeta em 60 fusos de amplitude 6°, numerados a partir do fuso 180° W - 174° W no sentido Oeste-Leste. Cada fuso está dividido a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul (IBGE, 1999). O Brasil abrange oito fusos. O mapeamento sistemático brasileiro segue as convenções adotadas pela CIMM e utiliza a projeção Universal Transverso de Mercator (UTM) para a articulação das cartas nas escalas 1:250.000 e maiores, até 1:25.000. A projeção cartográfica UTM é utilizada por algumas organizações governamentais como um dos sistemas de referência para o mapeamento topográfico (BURROUGH *et al.*, 2015).

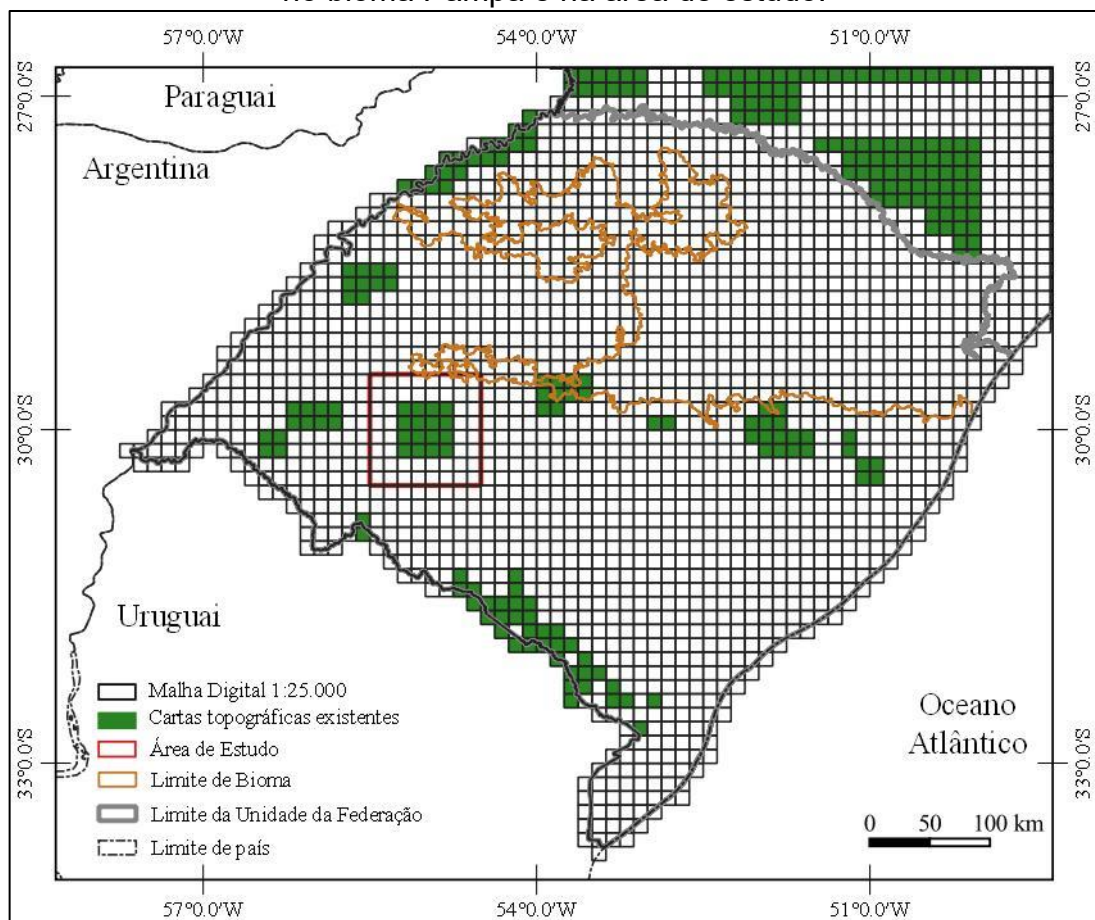
A produção das cartas topográficas segue as convenções cartográficas do manual T34-700 (DSG, 1998; DSG, 2000), que apresenta as normas para o emprego dos símbolos nas cartas topográficas. As feições do relevo previstas no manual para a sua representação nos mapas topográficos são: depressões; fendas, falhas e formas similares; penedos e pedras; áreas de superfície deformada; cortes e aterros; dunas, banco de areia e praias; grutas e cavernas.

As convenções cartográficas definidas no manual T37-700 ainda são utilizadas para a representação cartográfica dos mapas digitais. O documento da terceira versão da ET-EDGV (CONCAR, 2017) apresenta a norma de padronização para a produção de dados geoespaciais vetoriais de referência da base cartográfica na escala 1:1.000 e maiores. As feições do relevo previstas para a representação em estrutura de dados vetorial são: aterro, corte, dolina, duna, gruta, pico, rocha e terreno exposto. A norma de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-ADGV (DSG, 2018), define que as feições do relevo previstas na ET - EDGV devem ser representadas em todas as escalas do mapeamento sistemático, assim como nas escalas 1:10.000 a 1:1.000.

2.3 Situação atual do mapeamento topográfico no Rio Grande do Sul.

As Figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 apresentam a base de dados das cartas topográficas do Banco de Dados Geoespaciais do Exército brasileiro (BDGEx) disponíveis para o estado do Rio Grande do Sul (RS) e para o bioma Pampa nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 (DSG, 2021). Para a escala 1:25.000 (Figura 2.1) há uma grande lacuna em relação ao mapeamento topográfico. A área de estudo está identificada na Figura 2.1, para a qual há 16 cartas topográficas disponíveis em arquivos digitais em formato vetorial. A identificação das mesmas está apresentada no capítulo 3, referente à metodologia.

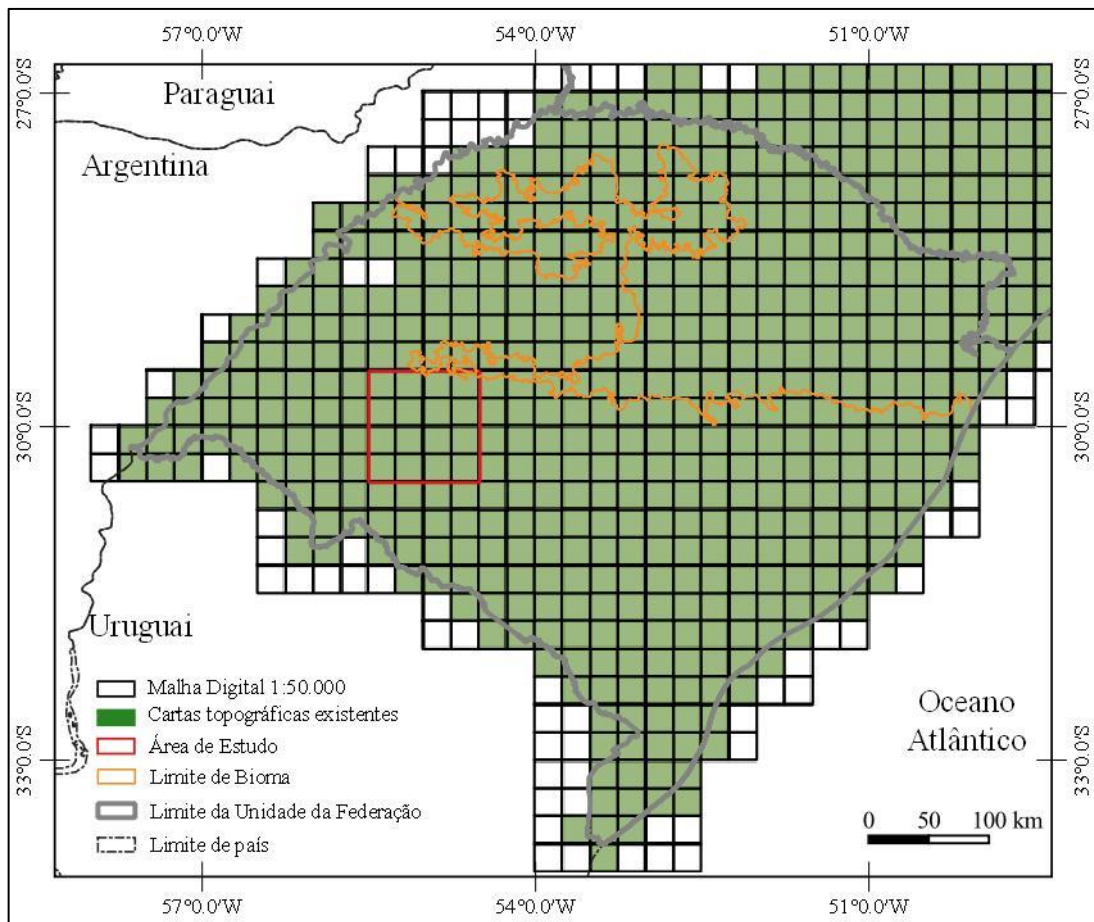
Figura 2.1 – Cartas em formato vetorial disponíveis na escala 1:25.000 no RS, no bioma Pampa e na área de estudo.



Fonte: Modificado de Silva e Camboim (2020). Base de dados cartográficos: Silva e Camboim (2020), IBGE (2017, 2019a).

Em relação à escala 1:50.000 (Figura 2.2), o RS está praticamente todo representado nessa escala. Foi verificado que há lacuna somente para duas cartas topográficas disponibilizadas em formato vetorial. Já a área de estudo está toda representada por dados em formato vetorial das cartas topográficas na escala 1:50.000

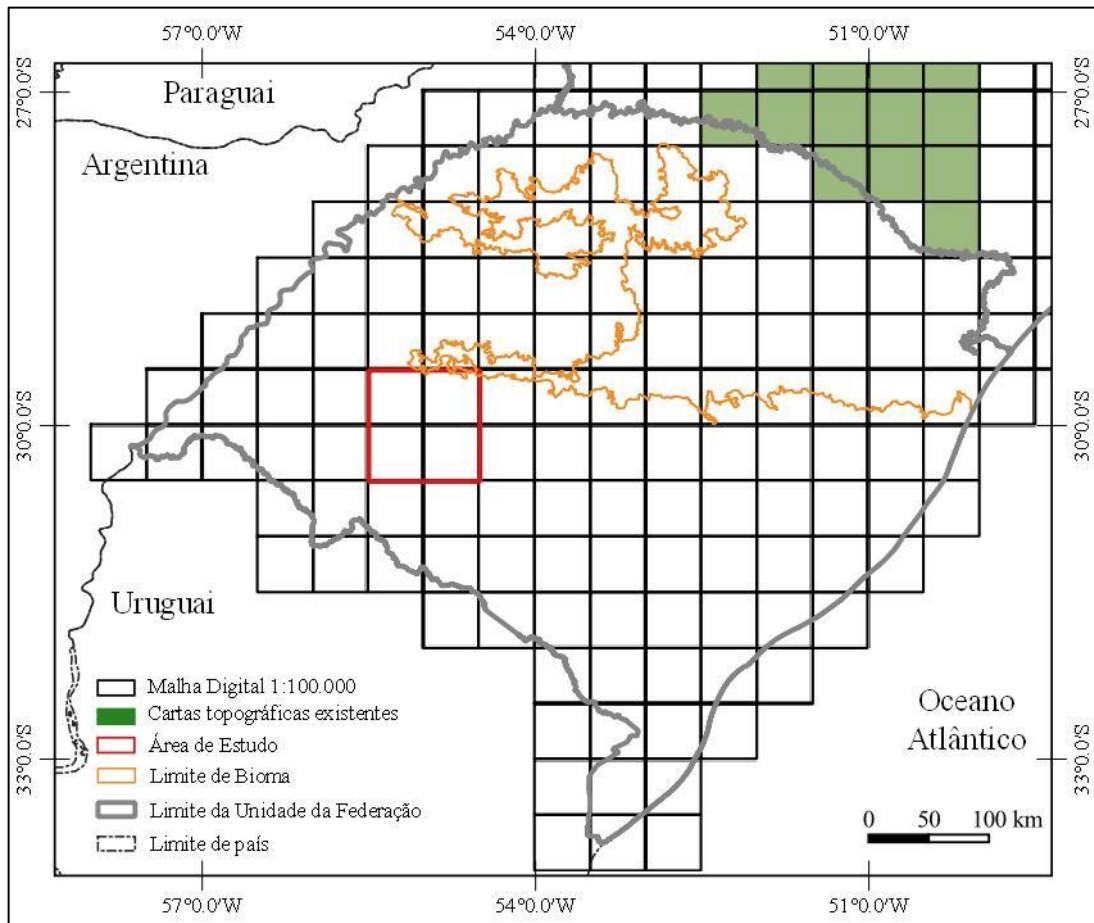
Figura 2.2 – Cartas em formato vetorial disponíveis na escala 1:50.000 no RS, no bioma Pampa e na área de estudo.



Fonte: Modificado de Banco de dados Geoespaciais do Exército brasileiro (BDGEx) (DSG, 2021). Base de dados cartográficos: DSG (2021), IBGE (2017, 2019a).

Em relação à escala 1:100.000 (Figura 2.3), não há dados em formato vetorial disponíveis para o RS e, portanto, não há dados para o bioma Pampa.

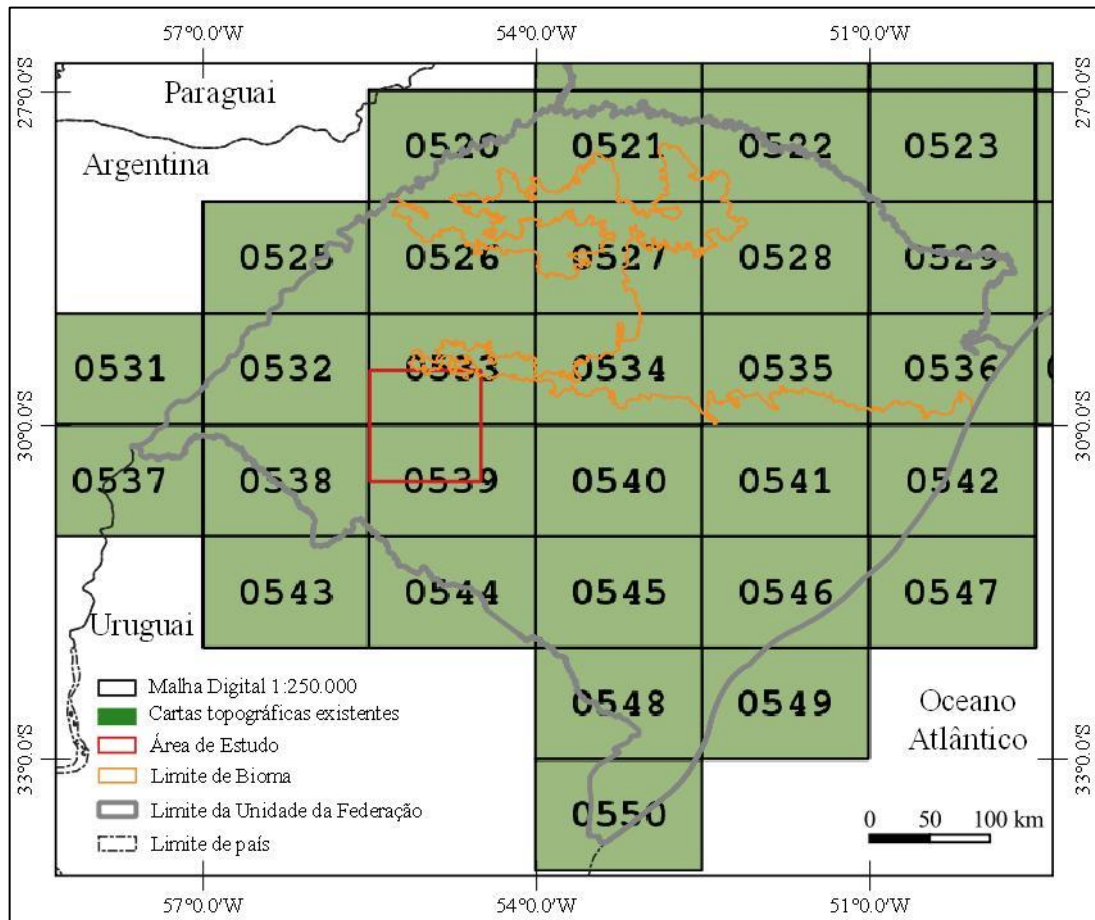
Figura 2.3 – Cartas em formato vetorial disponíveis na escala 1:100.000 no RS, no bioma Pampa e na área de estudo.



Fonte: Modificado de Banco de dados Geoespaciais do Exército brasileiro (BDGEx) (DSG, 2021). Base de dados cartográficos: DSG (2021), IBGE (2017, 2019a).

Na escala 1:250.000 (Figura 2.4), o RS está todo representado por dados em formato vetorial e, portanto, para todo o bioma Pampa. A área de estudo é coberta por parte de duas cartas topográficas na escala 1:250.000.

Figura 2.4 – Cartas em formato vetorial disponíveis na escala 1:250.000 no RS, no bioma Pampa e na área de estudo.



Fonte: Modificado de Banco de dados Geoespaciais do Exército brasileiro (BDGEx) (DSG, 2021). Base de dados cartográficos: DSG (2021), IBGE (2017, 2019a).

2.4 Bioma Pampa

O primeiro mapeamento oficial de biomas do Brasil foi publicado pelo IBGE para a parte continental do território, a partir da delimitação de seis biomas na escala 1:5.000.000 (IBGE, 2004a). Para definir e delimitar cada bioma, foi utilizado como base cartográfica o mapa de vegetação na mesma escala (IBGE, 2004b). Em 2019 foi publicado o mapa de biomas e de sistemas costeiros-marinhos do Brasil na escala 1:250.000 (IBGE, 2019a). Essa última publicação incluiu uma revisão de limites de biomas, tendo como base cartográfica o mapa de vegetação na escala 1:250.000 (IBGE, 2019b).

Dentre os biomas que tiveram os seus limites revisados na escala 1:250.000, está o bioma Pampa. Segundo o IBGE (2019a), as principais revisões ocorreram em

regiões com tipologias vegetais características de outros biomas ou que deveriam ser incluídas no bioma Pampa. Essas revisões foram realizadas para as regiões do litoral e da Serra do Sudeste. Além de haver um refinamento na delimitação do bioma em escala maior, as principais modificações do limite do bioma Pampa na escala 1:250.000 ocorreram com a inserção dos campos de barba-de-bode como pertencentes ao bioma Pampa e com a inserção de áreas de contato de florestas na região litorânea ao norte do estado como pertencentes ao bioma Mata-Atlântica (IBGE, 2019a).

2.4.1 Geomorfologia da área de estudo

A revisão bibliográfica apresentada sobre a geomorfologia da área de estudo, inserida no bioma Pampa, se baseia principalmente no levantamento das feições geomorfológicas descritas no Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) e na versão mais recente do manual técnico de geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009). Esses trabalhos foram utilizados para a revisão teórica no presente estudo por terem sido produzidos pelo IBGE, que é uma instituição oficial de Estado e que disponibiliza dados geoespaciais em conformidade com as normas e padrões da INDE (BRASIL, 2008).

As características geomorfológicas do relevo foram descritas conforme a classificação hierárquica dos fatos geomorfológicos, proposta inicialmente no projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) e utilizada no manual técnico de geomorfologia do IBGE (2009). Também foram utilizados para a descrição os dados geoespaciais e as respectivas tabelas de atributos do mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c). Para a análise dos dados geoespaciais da geomorfologia do bioma Pampa, foi utilizada a versão mais recente da delimitação do bioma em formato digital, elaborada para a escala 1:250:000 (IBGE, 2019a). Outros dados como mapas geomorfológicos (IBGE, 2003, 2006) e material descritivo sobre a região Sul do Brasil (IBGE, 1990), também foram utilizados como referência para a elaboração dos mapas, planilhas e descrições das feições geomorfológicas apresentadas no presente capítulo.

De acordo com o manual técnico de geomorfologia (IBGE, 2009), a classificação geomorfológica do território brasileiro é definida a partir de um ordenamento, ou classificação hierárquica, baseada em táxons. Os táxons estão

relacionados com a escala de grandeza dos fatos geomorfológicos, tanto espacial, como temporal. No primeiro táxon, ou no primeiro nível hierárquico, são representados os Domínios Morfoestruturais (IBGE, 2009). Esses compreendem o maior táxon, pois abrangem fatos geomorfológicos de grande dimensão espacial e temporal. Nesse táxon estão inseridos os compartimentos geomorfológicos baseados no arcabouço geológico do relevo e na influência climática ocorrida ao longo do tempo, ou seja, aos domínios morfoclimáticos (IBGE, 2009).

O segundo táxon (segundo nível hierárquico) é representado pelas Regiões Geomorfológicas (IBGE, 2009). Os compartimentos desse táxon agrupam feições semelhantes, com características genéticas comuns, que estão inseridas nos compartimentos litoestruturais do primeiro táxon (IBGE, 2009). De acordo com IBGE (2006), as regiões geomorfológicas são compartimentos do relevo que apresentam controle causal relacionado, primeiro, a processos geológicos e, segundo, a fatores climáticos atuais ou pretéritos e por isso frequentemente englobam mais de uma Unidade de Relevo (Unidade Geomorfológica). Ainda conforme IBGE (2006), as Regiões Geomorfológicas se aproximam da conotação de Regiões Fisiográficas. O terceiro táxon se refere às Unidades Geomorfológicas, que, segundo o manual técnico do IBGE:

São definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas. (IBGE, 2009 p. 29).

A quarta ordem de grandeza (quarto táxon) define os Modelados do Relevo. De acordo com o manual técnico de geomorfologia (IBGE, 2009, p.31), o modelado “abrange um padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais”. A quinta ordem de grandeza (quinto táxon) abrange feições geomorfológicas de pequena dimensão

espacial e temporal. No quinto táxon são representadas as Formas de Relevo Simbolizadas, que, de acordo com a escala do mapeamento geomorfológico (compatível com 1:250.000), abrange feições que só podem ser representadas, nessa escala de mapeamento, a partir da localização espacial por meio de símbolos (IBGE, 2009).

2.4.1.1 Taxonomia geomorfológica no bioma Pampa

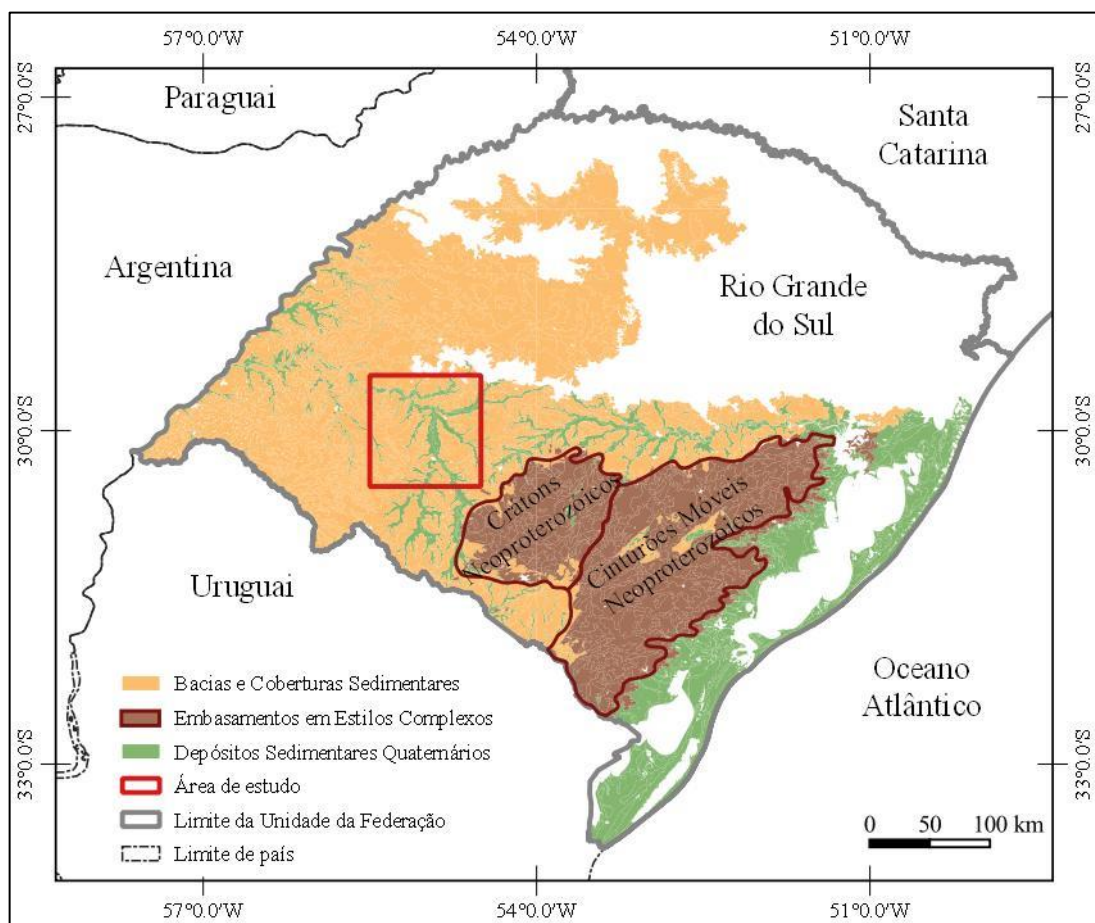
O primeiro táxon, ou o primeiro ordenamento hierárquico do mapeamento geomorfológico, delimita os domínios morfoestruturais do relevo brasileiro. O Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) define três grandes domínios morfoestruturais para a região do bioma Pampa: 1) Domínio dos Depósitos Sedimentares; 2) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares; 3) Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos. Essa mesma classificação é apresentada nas cartas geomorfológicas do estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2003), na escala 1:250:000. Essa classificação foi atualizada no mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2006), apresentado na escala 1:5.000.000. O manual técnico de geomorfologia (IBGE, 2009) apresenta a classificação de 2006 (IBGE, 2006) para os domínios morfoestruturais. Para a área que abrange o bioma Pampa, o IBGE (2009) define os seguintes domínios morfoestruturais: 1) Depósitos Sedimentares Quaternários; 2) Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas; 3) Cinturões Móveis Neoproterozóicos; 4) Crátoms Neoproterozóicos. Esses dois últimos constituem uma subdivisão da região do Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos descrito no RADAMBRASIL (IBGE, 1986).

Nos dados geoespaciais de geomorfologia (IBGE, 2019c), compatíveis com a escala 1:250.000, a tabela de atributos descreve os domínios morfoestruturais do bioma Pampa como: 1) Depósitos Sedimentares Quaternários; 2) Bacias e Coberturas Sedimentares; 3) Crátoms Neoproterozóicos. O domínio dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos não foi descrito na tabela de atributos, apesar de ser delimitado no mapeamento geomorfológico brasileiro (IBGE, 2006). Nos dados geoespaciais, toda a região que corresponde aos Crátoms e aos Cinturões Móveis Neoproterozóicos foi descrita somente como “Crátoms Neoproterozóicos” na tabela de atributos (IBGE, 2019c). Nesse sentido, optou-se por apresentar na legenda da Figura 2.5, a localização espacial do domínio morfoestrutural dos Embasamentos

em Estilos Complexos, descrito pelo RADAMBRASIL (IBGE, 1986) e pelos mapas geomorfológicos do Rio Grande do Sul (IBGE, 2003).

Para fins de localização espacial, foi inserida na Figura 2.5, a delimitação dos domínios morfoestruturais referentes aos Crátons Neoproterozóicos e Cinturões Móveis Neoproterozóicos. Essa delimitação está representada na escala 1:5.000.000, e se refere aos dados do mapa geomorfológico do IBGE (2006) em formato *shapefile* (IBGE, 2020). Os limites dos domínios morfoestruturais representados na Figura 2.5 foram obtidos a partir dos dados geoespaciais de geomorfologia (IBGE, 2019c), para a escala 1:250.000. Os dados geoespaciais dos domínios morfoestruturais (IBGE, 2019c) estão representados na Figura 2.5 para o limite do bioma Pampa na escala 1:250.000 (IBGE, 2019a).

Figura 2.5 – Domínios morfoestruturais do Bioma Pampa e da área de estudo.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados cartográficos: IBGE (2020, 2017, 2019a, 2019c).

A Figura 2.5 mostra que a área de estudo está inserida em dois domínios morfoestruturais: Bacias e Coberturas Sedimentares e Depósitos Sedimentares Quaternários. Cada item listado a seguir descreve as características das feições geomorfológicas da área de estudo a partir da primeira ordem de grandeza (1º táxon).

No Quadro 2.1 estão descritas as feições geomorfológicas da área de estudo que ocorrem em cada Domínio Morfoestrutural (1º táxon), como as respectivas Regiões Geomorfológicas (2º táxon), as Unidades Geomorfológicas (3º táxon) que ocorrem em cada Região Geomorfológica, os Modelados do Relevo (4º táxon) inseridos em cada Unidade Geomorfológica, e as Formas de Relevo Simbolizadas (5º táxon) que ocorrem em cada modelado do relevo. Os dados do Quadro 2.1 foram obtidos a partir de diferentes referências sobre a geomorfologia do Rio Grande do Sul e selecionados para as feições geomorfológicas que ocorrem na área rural do bioma Pampa. Devido às diferenças de nomenclaturas encontradas nas descrições das Regiões Geomorfológicas (2º táxon) e Unidades Geomorfológicas (3º táxon), nas referências consultadas, foram inseridas no Quadro 2.1 todas as denominações descritas na bibliografia para a mesma região ou unidade geomorfológica e as respectivas referências. Os dados do Quadro 2.1 sobre os Modelados do Relevo (4º Táxon) e Formas de Relevo Simbolizadas (5º Táxon) foram obtidos a partir dos dados geoespaciais do mapeamento geomorfológico brasileiro (IBGE, 2019c).

Quadro 2.1 – Classificação hierárquica baseada em táxons: relação taxonômica entre as feições geomorfológicas da área de estudo.

| Domínios morfoestruturais (1º Táxon) | Regiões Geomorfológicas (2º Táxon) | Unidades Geomorfológicas (3º Táxon) | Modelado do relevo (4º Táxon) - Fonte: IBGE (2019c) | | | | | | Formas de relevo simbolizadas (5º Táxon) - Fonte: (IBGE, 2019c) | | | | | | | |
|--|---|--|---|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---|---------------------------|---|-----------------------|------------------|---|--|------------------------------------|------------|--|
| | | | Natureza | Característica | Forma | Categoria | Densidade da Drenagem | Aprofundamento da Incisão | Relacionadas às ações fluviais, lacustres e marinhas | Gênese indiferenciada | | Relacionadas a bacias e coberturas sedimentares | Relacionadas à dissecação englobando feições residuais | Relacionadas a processos de erosão | | |
| Depósitos Sedimentares Quaternários (IBGE, 1986) | Planície Continental (IBGE, 2003); Planície Interiorana (IBGE 2006) | Planície Alúvio-Coluvionar (IBGE, 2019c, 2003), Planície Fluvial (IBGE, 2006). | Acumulação | Fluvial | Planície | Planície Fluvial | | | Paleodrenagem | | | | | | | |
| | | | | | Terraço | Terraço Fluvial | | | Paleodrenagem | Ressalto | Escarpa erosiva | Morro testemunho | | Erosão | | |
| | | | | Coluvial ou enxurrada | Plano Coluvial | Rampa de Colúvio | | | | | | | | | | |
| Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas (IBGE, 1986) | Planalto da Campanha (IBGE, 1986) | Planalto de Uruguaiana (IBGE, 1986, 2003), Planalto da Campanha (IBGE, 2019c) | Dissecação | Dissecação Homogênea ou Diferencial | Topo convexo | Homogênea convexa | muito baixa, baixa, média. | Muito fraco: até 50m | | Ressalto | Escarpa erosiva | Morro testemunho | Crista simétrica | Arenização | Erosão | |
| | | | | | Topo Tabular | Homogênea tabular | muito baixa, baixa, média. | | | | | Morro testemunho | | | | |
| | | | Aplanamento | Retocado inumado | Pediplano | Pediplano retocado inumado | | | | Ressalto | | Morro testemunho | | | Arenização | |
| | | | | | | Degradado desnudado | Pediplano degradado desnudado | | | Ressalto | Escarpa erosiva | Morro testemunho | Crista simétrica | | | |
| | Depressão Central Gaúcha (IBGE, 1986) | Depressão Rio Ibicuí-Rio Negro (IBGE, 1986) | Dissecação | Dissecação Homogênea ou Diferencial | Topo convexo | Homogênea convexa | muito baixa, baixa, média, alta, muito alta | Muito fraco: até 50m. | Paleodrenagem | Ressalto | Escarpa erosiva | Morro testemunho | Crista simétrica | Arenização | Erosão | |
| | | | | | Topo Tabular | Homogênea tabular | baixa | Muito fraco: até 50m | | | | | | | | |
| | | Aplanamento | Retocado inumado | Pediplano | Pediplano retocado inumado | | | | | | | | | | | |
| | Depressão Rio Jacuí (IBGE, 1986) | Dissecação | Dissecação Homogênea ou Diferencial | Topo convexo | Homogênea convexa | muito baixa, alta. | Muito fraco: até 50m. | | | | | | | Erosão | | |
| | Planalto das Araucárias (IBGE, 1986) | Planalto dos Campos Gerais (IBGE, 1986) | Aplanamento | Degradado desnudado | Pediplano | Pediplano degradado desnudado | | | | | Escarpa erosiva | Morro testemunho | | | | |
| | | Serra Geral (IBGE, 1986) | Dissecação | Dissecação Homogênea ou Diferencial | Topo tabular | Homogênea tabular | alta | Muito fraco: até 50m. | | Ressalto | | | | | | |
| Patamares da Serra Geral (IBGE, 1986) | | Dissecação | Dissecação Homogênea ou Diferencial | Topo tabular | Homogênea tabular | muito baixa, baixa. | Muito fraco: até 50m. | | Ressalto | Escarpa erosiva | Morro testemunho | | | | | |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: IBGE (1986, 2003, 2006, 2019c).

2.4.1.1.1 DOMÍNIO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁRIOS

De acordo com o IBGE (2006, 2009), o domínio morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários (1º Táxon) corresponde a:

[...] Áreas de acumulação representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhos, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente. (IBGE 2009, p. 29).

Em IBGE (1986, 1990, 2019c) também são considerados os depósitos sedimentares em planícies alúvio-coluvionares, tanto na região costeira, como no interior do Rio Grande do Sul, para a área abrangida pelo bioma Pampa. A região geomorfológica Planície Continental (IBGE, 2003) ou Interiorana (IBGE, 1990, 2006), descrita no Quadro 2.1 corresponde ao segundo táxon. Essa região, de acordo com IBGE (1990), se caracteriza por possuir depósitos holocênicos que se estendem ao longo de grandes rios. Essa região abrange a unidade geomorfológica classificada pelo IBGE (2006) como Planície Fluvial e pelo IBGE (2003, 2019c) como Planície Alúvio-Coluvionar (3º táxon).

A unidade geomorfológica (3º táxon) inserida na região dos Depósitos Sedimentares na área de estudo (Quadro 2.1) é representada pelo conjunto de formas de relevo de planícies (IBGE, 2009). As planícies são descritas como “conjuntos de formas de relevo planas ou suavemente onduladas, em geral posicionadas a baixa altitude, e em que processos de sedimentação superam os de erosão.” (IBGE, 2009, p. 30). Na área de estudo ocorre a unidade geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar, inserida na região geomorfológica da Planície Costeira Interna. Essa unidade geomorfológica é descrita por IBGE (1986, p. 325) como uma “superfície plana, rampeada suavemente para leste, em alguns trechos descontínuas [...]”. De acordo com IBGE:

Nas regiões de influência continental predominam os modelados planos ou embaciados [...], resultantes da convergência de leques coluviais de espraiamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas de pedimentos [...]. Ocorrem ainda formas de topos planos ou baixos tabuleiros. (IBGE, 1986, p.325).

O Quadro 2.2 apresenta a descrição das características geomorfológicas de cada modelado do relevo inserido no domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários na área de estudo.

Quadro 2.2 – Modelados do relevo do domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários descritos para a área de estudo.

| MODELADO (4º TÁXON) | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------|------------------|---|
| Natureza | Característica | Forma | Categoria | Descrição (IBGE, 2009) |
| Acumulação | Fluvial | Planície | Planície Fluvial | "Área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento auvial." (p.32). |
| | | Terraço | Terraço Fluvial | "Acumulação fluvial de forma plana, levemente inclinada, com ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhadas. Ocorre nos vales." (p.32). |
| | Coluvial ou enxurrada | Plano Coluvial | Rampa de Colúvio | "Formas de fundo de vale suavemente inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluvionais provenientes das vertentes que se interligam e/ou recobrem os depósitos aluvionares. Ocorrem em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam reentrâncias ou depressões do relevo nos anfiteatros." (p. 36). |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados (IBGE, 2009, 2019c).

As formas de relevo representadas por símbolos no mapeamento geomorfológico (IBGE, 2019c) relacionadas ao domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários e respectivas, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas e modelados do relevo estão descritas no Quadro 2.3. Os dados foram obtidos da tabela de atributos dos arquivos geoespaciais (IBGE, 2019c).

Quadro 2.3 – Formas de relevo simbolizadas da área de estudo, inseridas no domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários.

| Formas de relevo simbolizadas (5º Taxon) | | DESCRIÇÃO (IBGE, 2009) |
|--|------------------|---|
| Relacionadas às ações fluviais, lacustres e marinhas | Paleodrenagem | "Forma de depósito linear fluvial, fluviomarinho ou lacustre correspondente a uma drenagem preexistente na forma de canal (paleocanal) ou de meandro abandonado que tenha sido posteriormente colmatado (paleomeandro). Ocorre nas planícies e nos terraços fluviais de rios e margens lacustres." (p. 58). |
| | Ressalto | "Ruptura de declive que limita diferentes tipos de modelados ou diferentes níveis altimétricos cujo traçado pode ser relacionado a controle estrutural ou litológico." (p. 80). |
| Gênese indiferenciada | Escarpa erosiva | "Desnível abrupto limitando um tipo de modelado ou forma individualizada decorrente da atuação dos processos erosivos com o recuo das vertentes resultante das alternâncias climáticas. Ocorre de forma indistinta em diversos tipos de modelados e litologias." (p. 79). |
| | Morro testemunho | "Relevo residual de topo plano, limitado por escarpas, resultante de recuo pela erosão de frente de <i>cuesta</i> ou de outras escarpas de relevos tabuliformes formados em rochas dsedimentares ou excepcionalmente em derrames vulcânicos." (p. 71). |
| Relacionadas a bacias e coberturas sedimentares | | |
| Relacionadas a processos de erosão | Erosão | "Efeitos dos processos que atingem determinada área de forma rápida ou lenta e notabilizada pela ação da água de escoamento superficial ou de outros agentes, aassociados a fatores naturais e/ou artificiais. Resultam na intensificação de sulcos, ravinas e voçorocas." (p. 83). |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados (IBGE, 2009, 2019c).

2.4.1.1.2 DOMÍNIO DAS BACIAS E COBERTURAS SEDIMENTARES

O IBGE (1986) descreve as características geomorfológicas deste domínio como sendo um vasto planalto do tipo monoclinal, com cotas altimétricas que decaem para oeste, de 1200 m para 100 m, em direção ao rio Uruguai, na porção oeste do Rio Grande do Sul (RS). As feições geomorfológicas encontradas nesse domínio são distintas e dependem da área analisada. Algumas regiões possuem relevo intensamente dissecado pela rede de drenagem, entremeado por superfícies aplanadas desnudadas retocadas ou degradadas, como descrito em IBGE (1986) para a Folha SH 22 Porto Alegre. Em outras regiões, para oeste, em direção ao rio Uruguai, ocorre uma superfície com fraca ou mediana dissecação, em forma de colinas e topos planos (IBGE, 1986). Já na porção oeste do RS, no bioma Pampa, ocorrem áreas aplanadas desnudadas, que são interpenetradas por uma superfície relativamente plana e topograficamente mais baixa, descrita como a região do Pediplano do Médio Rio Uruguai em IBGE (1986), que ocorre no sudoeste da Folha SH 21 Uruguaiana. De acordo com IBGE (1986) os relevos planálticos que se desenvolveram predominantemente sobre rochas efusivas compreendem três

regiões geomorfológicas: Planalto das Missões, Planalto da Campanha e Planalto das Araucárias.

No contato entre a região periférica do Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares com o Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos há um vão deprimido de posição interplanáltica, ocasionado por processos de erosão sobre as rochas efusivas dessa região (IBGE, 1986). O processo de erosão esculpiu “[...] formas de relevo convexas, conhecidas regionalmente por coxilhas, que se apresentam dispostas ao lado de superfícies planas, rampeadas, constituindo uma dissecação homogênea” (IBGE, 1986, p. 328). A região geomorfológica que ocorre na área do bioma Pampa para esse domínio corresponde à Depressão Central Gaúcha (IBGE, 1986). Já o contato da superfície interplanáltica com a planáltica ocorre a partir de uma escarpa bem pronunciada, principalmente no nordeste do RS, no limite entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, que abrange a porção da região dos Aparados da Serra (no bioma Mata Atlântica). No sul do contato entre as superfícies planálticas e interplanálticas, na direção leste-oeste, o escarpamento é menos pronunciado e desaparece nas proximidades dos arroios Jaguari e Lajeado Grande, que são afluentes do rio Ibicuí, mas volta a ser pronunciado ao Sul do rio Ibicuí (IBGE, 1986).

Na área de estudo ocorrem três regiões geomorfológicas inseridas no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, conforme descrito no Quadro 2.1: Planalto da Campanha, Depressão Central Gaúcha e Planalto das Araucárias (IBGE, 1986). Parte da região geomorfológica do Planalto das Araucárias (IBGE, 1986), que ocorre predominantemente no bioma Mata Atlântica, está inserida no bioma Pampa, em uma área de transição entre os biomas, conforme o limite de biomas na escala 1:250.000 (IBGE, 2019a).

O Planalto da Campanha ocorre na porção oeste-sudoeste do RS. A região geomorfológica está limitada por diversos cursos de água: no oeste pelo rio Uruguai; no sul, pelo rio Quaraí, ao norte pelo rio Ibicuí e seus afluentes (IBGE, 1986). Também está limitada ao leste pelo divisor de águas das bacias hidrográficas que fluem para o rio Uruguai e das bacias que fluem para o oceano Atlântico (IBGE, 1986). No leste o limite é mais recuado e definido pela região chamada de Coxilha da Cruz e ao norte o avanço sobre a região geomorfológica Planalto das Missões

ocorre de modo fragmentado até a região conhecida como Coxilha do Espinilho (IBGE, 1986).

Na área de estudo, o Planalto da Campanha está em contato com a região geomorfológica Depressão Central Gaúcha. Esse contato ocorre a partir de rebordos escarpados com desníveis em torno de 200 m (IBGE, 1986). As feições geomorfológicas predominantes correspondem a superfícies de aplanamento retocadas desnudadas e pediplanadas indiferenciadas (IBGE, 1986). Algumas áreas, com controle estrutural marcante, apresentam dissecação homogênea diferencial (IBGE, 1986). Também caracterizam essa região geomorfológica as formas de relevo que apresentam escalonamento de níveis topográficos através de ruptura de declive, os morros testemunhos e as formas associadas a fenômenos de erosão e movimentos de massa, como sulcos, ravinas e voçorocas, além de áreas com risco de desertificação (IBGE, 1986), essa definida atualmente pelo conceito de arenização, introduzido por Suertegaray (1987). De acordo com IBGE (1986), uma das características geomorfológicas que individualizam a região Planalto da Campanha é a ocorrência de planícies de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial, constituídos por depósitos aluvionares holocênicos. Em IBGE (2003, 2006, 2019c) as regiões que correspondem às planícies fluviais de depósitos alúvio-coluvionares holocênicos estão inseridas na região da Planície Continental, que faz parte do domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários. A unidade geomorfológica dessa região corresponde ao Planalto de Uruguaiana.

A região geomorfológica Planalto das Araucárias ocorre predominantemente no bioma Mata Atlântica. No limite do bioma Pampa estão inseridas algumas feições do relevo pertencentes ao bioma Mata Atlântica, que dizem respeito a áreas de transição entre os biomas. Para essa região geomorfológica estão descritas apenas as formas de relevo inseridas na área de transição entre os biomas. O Planalto das Araucárias possui limite com as seguintes regiões geomorfológicas do bioma Pampa: Planície Costeira Interna, na porção leste; Depressão Central Gaúcha, na porção sul; Planalto das Missões, na porção oeste; Planalto da Campanha, também na porção oeste (IBGE, 1986). Na área de estudo o Planalto das Araucárias está em contato com a Depressão Central Gaúcha. O contato entre essas regiões também ocorre a partir de uma escarpa, rebaixada e festonada, conhecida regionalmente como Região Serrana (IBGE, 1986). De acordo com IBGE (1986), as características

geomorfológicas dessa região são bastante heterogêneas, havendo desde formas de relevo de aplanamento, até formas de relevo com profundos entalhamentos.

A Depressão Central Gaúcha é caracterizada geomorfológicamente por ser uma área baixa, interplanáltica, com colinas alongadas (coxilhas), que foram esculpidas por processos erosivos (IBGE, 1986). Os solos das planícies fluviais são suscetíveis a esses processos (IBGE, 1986).

Na área de estudo estão inseridas seis unidades do relevo (3º táxon), descritas no Quadro 2.1:

1) Planalto de Uruguaiana: faz parte da Região Geomorfológica Planalto da Campanha. O relevo dessa Unidade é caracterizado, de uma maneira geral, por possuir uma morfologia plana, com caimento suave na direção do rio Uruguai, ao oeste (IBGE, 1986). O relevo mais comum corresponde ao modelado de aplanamento retocado desnudado nas regiões interfluviais e uma ampla superfície de aplanamento nas cotas topográficas inferiores, a partir de um decaimento suave em rampa em direção aos terraços fluviais do rio Uruguai (IBGE, 1986). Na região entre as superfícies de aplanamento o relevo possui formas de colinas com dissecação homogênea e pequeno aprofundamento dos vales, que está associado à erosão fluvial nas áreas de nascentes da drenagem (IBGE, 1986). A erosão fluvial é a principal responsável pela degradação do relevo dessa unidade (IBGE, 1986).

2) Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro: faz parte da região geomorfológica Depressão Central Gaúcha e ocupa o segmento norte e sul dessa região. Na porção sul, essa unidade volta-se para leste, formando um arco no limite com o Domínio dos Embasamentos dos Estilos Complexos. Está limitada no norte com a unidade Planalto dos Campos Gerais e pequenos trechos da unidade Serra Geral, ambas da região geomorfológica Planalto das Araucárias; no leste é limitada pela unidade Depressão do Rio Jacuí, que também faz parte da região geomorfológica Depressão Central Gaúcha; também no leste possui limite com os Planaltos Residuais de Canguçu – Caçapava do Sul e Planalto Rebaixado Marginal, ambas integrantes da região geomorfológica Planalto Sul – Riograndense, do Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos; já na porção oeste, o limite ocorre com a unidade Planalto de Uruguaiana (IBGE, 1986).

As feições geomorfológicas predominantes dessa unidade são dissecadas, devido ao processo erosivo que ocorre a partir da rede de drenagem. Os modelados do relevo dissecados apresentam topos planos ou convexos, que podem ser amplos e alongados, com encostas que caem suavemente em direção aos vales (IBGE, 1986). As áreas com dissecação mais intensa estão localizadas ao leste do rio Santa Maria (IBGE, 1986). Nessa região o relevo é formado por colinas de topo convexo e encostas mais íngremes (IBGE, 1986). Já na região da área de estudo ocorrem relevos com forma de colinas alongadas e encostas rampeadas, onde há processos de erosão e movimentos de massa (IBGE, 1986). Nas regiões onde há colinas com cotas superiores a 200 m de altitude, entremeadas por relevo mais baixo e plano, as declividades são mais acentuadas (IBGE, 1986).

Na superfície de depressão, que ocorre em cota altimétrica inferior a 200 m, a dissecação do relevo é homogênea (IBGE, 1986). Nas regiões de contato entre as unidades Planalto de Uruguaiana e Depressão rio Ibicuí – Rio Negro, no sudoeste e entre as unidades Planalto dos Campos Gerais e a Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, ao norte, o relevo é bastante escarpado, o que caracteriza um contato brusco, conforme descrito em IBGE (1986). Em toda a região de contato, na unidade Depressão Rio Ibicuí – Rio Negro, há relevos residuais, sendo alguns de topos tabulares, e nos sopés desses relevos ocorrem amplas colinas (IBGE, 1986).

3) Depressão Rio Jacuí: faz parte da região geomorfológica Depressão Central Gaúcha e ocupa a porção leste – oeste da mesma. Possui limite, ao norte, com as unidades Serra Geral e Patamares da Serra Geral, ambas da região geomorfológica Planalto das Araucárias; no leste. O limite ocorre com a unidade Depressão do Rio Ibicuí – Rio Negro, que está na mesma região geomorfológica que a unidade em questão; e no sul possui limite com o Planalto Rebaixado Marginal, que faz parte da região geomorfológica Planalto Sul – Riograndense, do Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos (IBGE, 1986). A rede de drenagem da unidade é comandada pelo rio Jacuí (IBGE, 1986).

De acordo com IBGE (1986), o relevo não possui grandes variações altimétricas e as formas de relevo dominantes são as conhecidas regionalmente como coxilhas, caracterizadas na unidade por formas de relevo alongadas com topo convexo. Junto às coxilhas ocorrem extensas superfícies planas, rampeadas, recobertas por colúvios e com dissecação incipiente e classificadas como superfícies

pediplanadas no mapeamento geomorfológico (IBGE, 1986). As rampas ocorrem entre o sopé da escarpa da unidade Serra Geral, ao norte, e as coxilhas que limitam com as faixas aluvionares do Rio Jacuí (IBGE, 1986). Essas faixas aluvionares correspondem à unidade Geomorfológica da Planície Alúvio – Coluvionar, de acordo com a classificação de IBGE (2003, 2019c), que faz parte da região geomorfológica Planície Continental Interiorana (IBGE, 2003). Nas superfícies rampeadas ocorrem relevos residuais do tipo morros testemunhos, que possuem vertentes pedimentadas e que estão relacionados à unidade Serra Geral e aos Patamares da Serra Geral (IBGE, 1986).

Ao sul dessa unidade, na área de estudo, ocorrem colinas, que possuem topos convexos e vertentes suaves; também ocorrem relevos de topo plano, entre os municípios de Santa Maria e Cachoeira do Sul (IBGE, 1986). Os topos planos possuem um nivelamento, com níveis de pedimentos não mapeáveis na escala 1:1:000.000 do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) e demonstradas por simbologias nos mapas geomorfológicos de IBGE (2003) na escala 1:250.000. Também há nessa região fenômenos de erosão e movimentos de massa, que provocam o surgimento de formas de relevo do tipo sulcos e ravinas (IBGE, 1986).

4) Serra Geral: Possui alguns fragmentos de relevo inseridos no bioma Pampa. Na área de estudo essa feição ocorre no limite dos biomas Pampa e Mata Atlântica. De acordo com a descrição de IBGE (1986), essa unidade corresponde aos terminais escarpados abruptos do Planalto Campos Gerais.

5) Patamares da Serra Geral: Essa unidade também ocorre na área de estudo no limite dos biomas Pampa e Mata Atlântica. De acordo com a descrição do IBGE (1986), essa unidade corresponde aos terminais rebaixados que são continuidade da unidade geomorfológica Serra Geral, que avançam sobre as regiões geomorfológicas das Planícies Costeiras Interna e Externa, na porção leste, e sobre a unidade geomorfológica Depressão Rio Jacuí, ao sul; assim como representa testemunhos do recuo da linha de escarpa. As formas de relevo são representadas por colinas com pequeno aprofundamento dos vales fluviais, por relevos com forte controle estrutural e em algumas localidades por formas planares (IBGE, 1986). A área de contato da unidade com a Depressão Rio Jacuí é a que melhor representa os patamares, já que nessa área o relevo possui formas mais rebaixadas e contínuas, mas ainda cortadas por cursos fluviais (IBGE, 1986). O contato com a

unidade Depressão Rio Jacuí ocorre a partir de relevo caracterizado por ressaltos topográficos (IBGE, 1986). As formas de relevo são alongadas, subparalelas e podem ocorrer cristas simétricas. Para oeste o relevo se apresenta em formas de colinas e vales fluviais, morros testemunhos dispersos e cristas simétricas localizadas (IBGE, 1986). Essas formas de relevo estão interpenetradas por modelados de acumulação, sendo que a passagem das formas de relevo de dissecação dos Patamares para os de acumulação ocorre a partir de ruptura de declive (IBGE, 1986). As formas de relevo que fazem parte da drenagem do rio Taquari apresentam formas de colinas rasas, cortadas por formas planas e levemente inclinadas, referentes a terraços fluviais (IBGE, 1986). Essas colinas ocorrem na área de maior recuo das vertentes da Área Serrana da unidade Serra Geral, onde há um grande número de morros testemunhos dispersos (IBGE, 1986).

6) Planalto dos Campos Gerais: corresponde à unidade geomorfológica da região do Planalto das Araucárias que possui maior área inserida no bioma Pampa, em comparação com as demais unidades da mesma região geomorfológica. Na região da área de estudo, o relevo é descrito em IBGE (1986) como relativamente plano e conservado, representado por superfícies de aplanamento desnudadas, que na maioria das vezes apresentam estágio de degradação, separadas por escarpas ou ressaltos. Há também a ocorrência de áreas de dissecação, caracterizadas pela ocorrência de vales alargados, com rupturas de declive, ou relevos residuais da antiga superfície de aplanamento (IBGE, 1986).

Os modelados do relevo (quarto táxon) relacionados às regiões e unidades geomorfológicas do Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares na área de estudo são caracterizados pela ocorrência de superfícies de aplanamento e de dissecação. O Quadro 2.4 apresenta a descrição das características geomorfológicas de cada modelado do relevo inserido no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares na área de estudo (Quadro 2.1).

O Quadro 2.5 descreve as características geomorfológicas das formas de relevo (quinto táxon) representadas por símbolos no mapeamento geomorfológico (IBGE, 2019c) relacionadas ao domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares (Quadro 2.1). Os dados foram obtidos da tabela de atributos dos arquivos geoespaciais (IBGE, 2019c).

Quadro 2.4 – Modelados do relevo do domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares descritos para a área de estudo.

| Modelado (4º Táxon) | |
|--------------------------------|--|
| Categoria | Descrição (IBGE, 2009) |
| Homogênea convexa | <p>"Dissecação fluvial em litologias diversas que não apresenta controle estrutural marcante, caracterizada por colinas, morros e interflúvios tabulares. Ocorrem diversos tipos de padrões de drenagem, mas predominam os: dendrítico, subparalelo, sub-retangular e outros, cujos canais não obedecem a uma direção preferencial". (p. 43).</p> |
| Homogênea tabular | <p>"As formas de topos tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas. São definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos e vertentes com pequena declividade". (p. 44).</p> |
| Pediaplano retocado inumado | <p>"Superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem no entanto perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Ocorre nas depressões pediplanadas interplanálticas e periféricas tabuliformes e no sopé de escarpas que dominam os níveis de erosão inferiores e eventualmente nos topos de planaltos e chapadas ao longo dos vales". (p. 40).</p> |
| Pediaplano degradado desnudado | <p>"Cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura, indicando remanejamentos sucessivos". (p.40).</p> |
| | <p>"Superfície de aplanamento parcialmente conservada, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança do sistema morfogênético. Geralmente, apresenta-se conservada ou pouco dissecada e/ou separada por escarpas ou ressaltos de outros Modelados de aplanamento e de dissecação correspondentes aos sistemas morfogênicos subsequentes. Encontra-se desnudada em consequência da exumação de camada sedimentar ou remoção de cobertura preexistente. Ocorre nos topos de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados". (p. 40).</p> |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados (IBGE, 2009, 2019c).

Quadro 2.5 – Formas de relevo simbolizadas da área de estudo, inseridas no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares.

| Formas de relevo simbolizadas (5º Táxon) | | Descrição (IBGE, 2009) |
|---|------------------|---|
| Relacionadas às ações fluviais, lacustres e marinhas | Paleodrenagem | "Forma de depósito linear fluvial, fluviomarinho ou lacustre correspondente a uma drenagem preexistente na forma de canal (paleocanal) ou de meandro abandonado que tenha sido posteriormente colmatado (paleomeandro). Ocorre nas planícies e nos terrações fluviais de rios e margens lacustres." (p. 58). |
| | Ressalto | "Ruptura de declive que limita diferentes tipos de modelados ou diferentes níveis altimétricos cujo traçado pode ser relacionado a controle estrutural ou litológico." (p. 80). |
| Gênese indiferenciada | Escarpa erosiva | "Desnível abrupto limitando um tipo de modelado ou forma individualizada decorrente da atuação dos processos erosivos com o recuo das vertentes resultante das alternâncias climáticas. Ocorre de forma indistinta em diversos tipos de modelados e litologias." (p. 79). |
| | Morro testemunho | "Relevo residual de topo plano, limitado por escarpas, resultante de recuo pela erosão de frente de cuesta ou de outras escarpas de relevos tabuliformes formados em rochas sedimentares ou excepcionalmente em derrames vulcânicos." (p. 71). |
| Relacionadas à dissecação englobando feições residuais | Crista simétrica | "Forma de relevo residual alongada, isolada, com vertentes de declividade forte e equivalentes que se interceptam formando uma linha contínua. Ocorre em rochas metamórficas e intrusivas ou em outras litologias mais resistentes que as circunvizinhas." (p. 69). |
| Relacionadas a processos de erosão | Erosão | "Efeitos dos processos que atingem determinada área de forma rápida ou lenta e notabilizada pela ação da água de escoamento superficial ou de outros agentes, associados a fatores naturais e/ou artificiais. Resultam na intensificação de sulcos, ravinas e voçorocas." (p. 83). |
| | Arenização | "Acumulação resultante de processo natural de retrabalhamento das formações superficiais predominantemente arenosas, devido, em parte, à inconstância pluviométrica e à dispersão eólica dos sedimentos. A arenização está associada ao aparecimento de ravinas e voçorocas, sendo agravada pela pressão exercida pelas atividades agrícolas." (p. 83). |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados (IBGE, 2009, 2019c).

As feições descritas como erosão e arenização no Quadro 2.5 estão associadas ao surgimento de outras feições de relevo, como sulcos, ravinas e voçorocas. A arenização também está associada ao surgimento dos areais nas regiões oeste e sudoeste do RS.

Suertegaray (1987) definiu o termo areal para as manchas de areia expostas que ocorrem na região sudoeste do RS e o processo responsável pela sua formação de arenização. A região sudoeste do RS corresponde à superfície da campanha

gaúcha, caracterizada pela ocorrência de relevos com formas arredondadas (coxilhas ou colinas), entremeados por formas de relevos tabulares, chamados de morros testemunhos ou cerros (AB'SÁBER, 1969). Os areais se formam sobre rochas areníticas da Bacia Sedimentar do Paraná, em duas formações geológicas: a formação Botucatu, rocha arenítica de origem eólica e a formação Guará, rocha arenítica de origem flúvio-lacustre (SUERTEGARAY, 2012a; GUASSELLI, 2012).

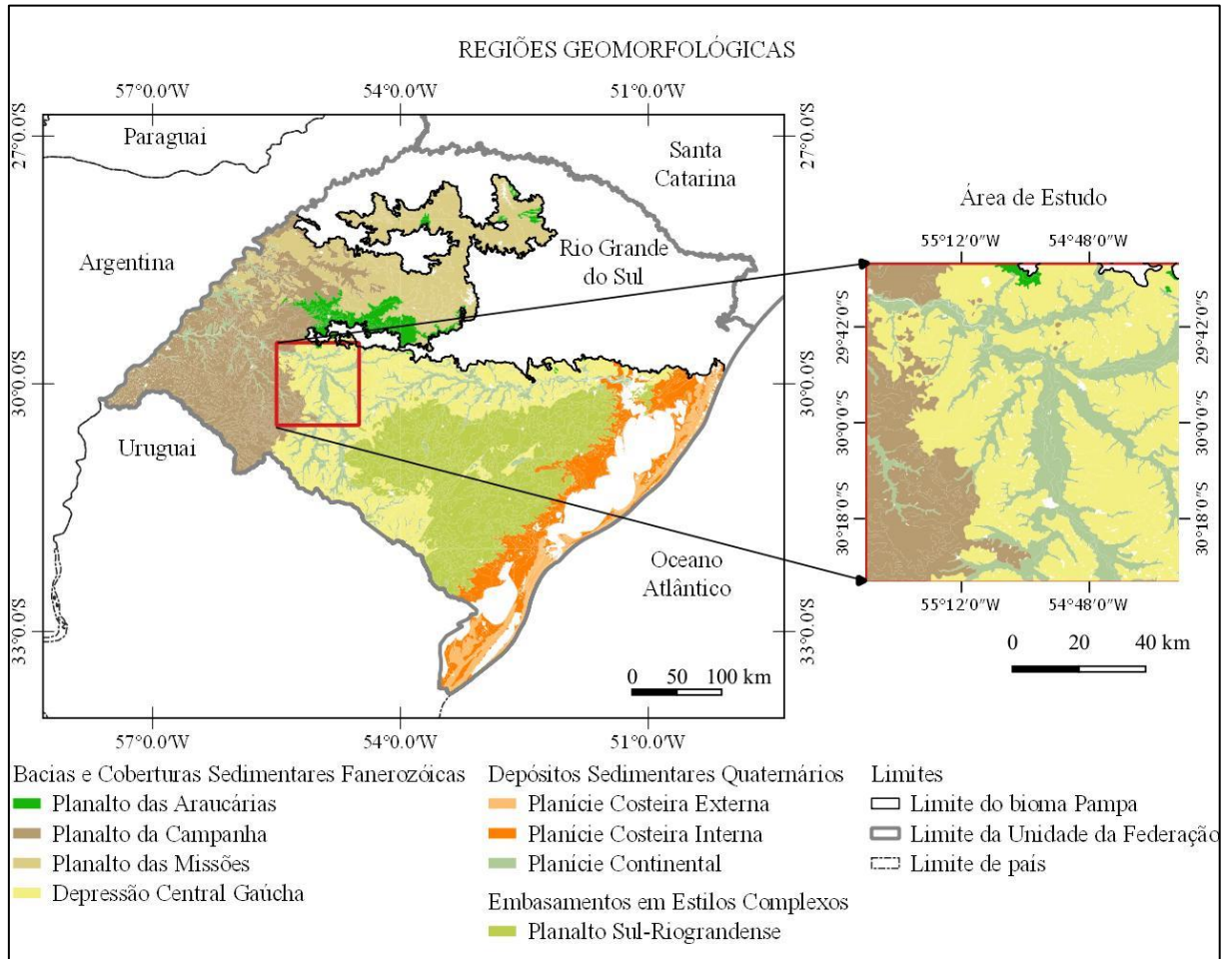
Os areais vêm sendo mapeados por imagens de satélites em diferentes escalas desde o final da década de 80, o que permitiu identificar formas de relevo e processos erosivos associados à gênese dos mesmos (GUASSELLI, 2012). Os padrões de relevo onde ocorrem os areais são áreas de baixas altitudes e declividades e nas médias vertentes de colinas (coxilhas) ou em rampas em contato com escarpas de morros testemunhos (SUERTEGARAY; GUASSELLI; VERDUM, 2001; SUERTEGARAY, 2012a). Segundo Guasselli:

Os areais formados em encostas de morros testemunhos podem estar instalados sobre a média vertente onde se inicia o processo de ravinamento ou então depositados à jusante das ravinas (ravinas mais alongadas), em forma de leque. Os areais originados em formas de relevo colinoso (coxilhas) podem localizar-se a partir da média vertente se expandindo pelo interior dos anfiteatros que constituem as cabeceiras de drenagem, ou então se estendem recobrando o topo da vertente. (GUASSELLI, 2012, p.115).

A arenização é um fenômeno natural decorrente da fragilidade da paisagem, mas que pode ser intensificado por atividades antrópicas (SUERTEGARAY, 1987, 2012b; VERDUM, 2012). Essa fragilidade está relacionada com a ocorrência de depósitos areníticos pouco consolidados ou solos arenosos não consolidados que estão em constante remoção devido a agentes hídricos e eólicos (SUERTEGARAY, 1987). O processo de arenização é iniciado por agentes hídricos, a partir do escoamento superficial, originando ravinas e voçorocas; o transporte de sedimentos pela água em episódios de chuvas torrenciais formam depósitos arenosos em formato de leque e o agrupamento desses leques dá origem a um areal (SUERTEGARAY, 1987; SUERTEGARAY; VERDUM, 2008). Os ventos, através da deflação, ampliam a área de ocorrência dos areais, sufocando a vegetação campestre, essa, característica da região (SUERTEGARAY, 2012a).

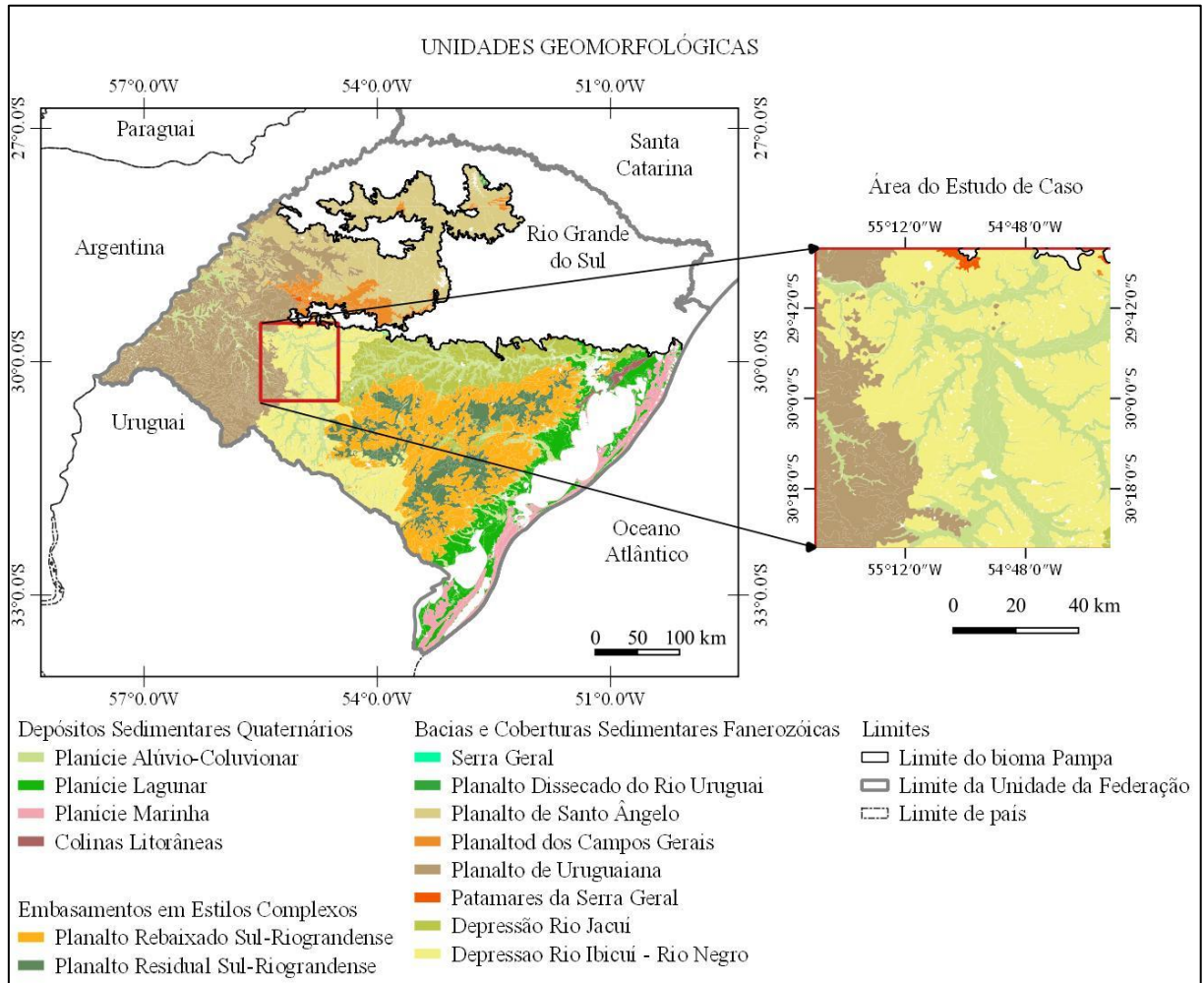
As Figuras 2.6 e 2.7 mostram a área de estudo inserida nas regiões e unidades geomorfológicas do bioma Pampa, respectivamente. As figuras dos modelados e das formas de relevo simbolizadas da área de estudo são apresentadas no capítulo dos resultados.

Figura 2.6 – Regiões Geomorfológicas do bioma Pampa.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados cartográficos: IBGE (2017, 2019a, 2019c).

Figura 2.7 – Unidades Geomorfológicas do bioma Pampa

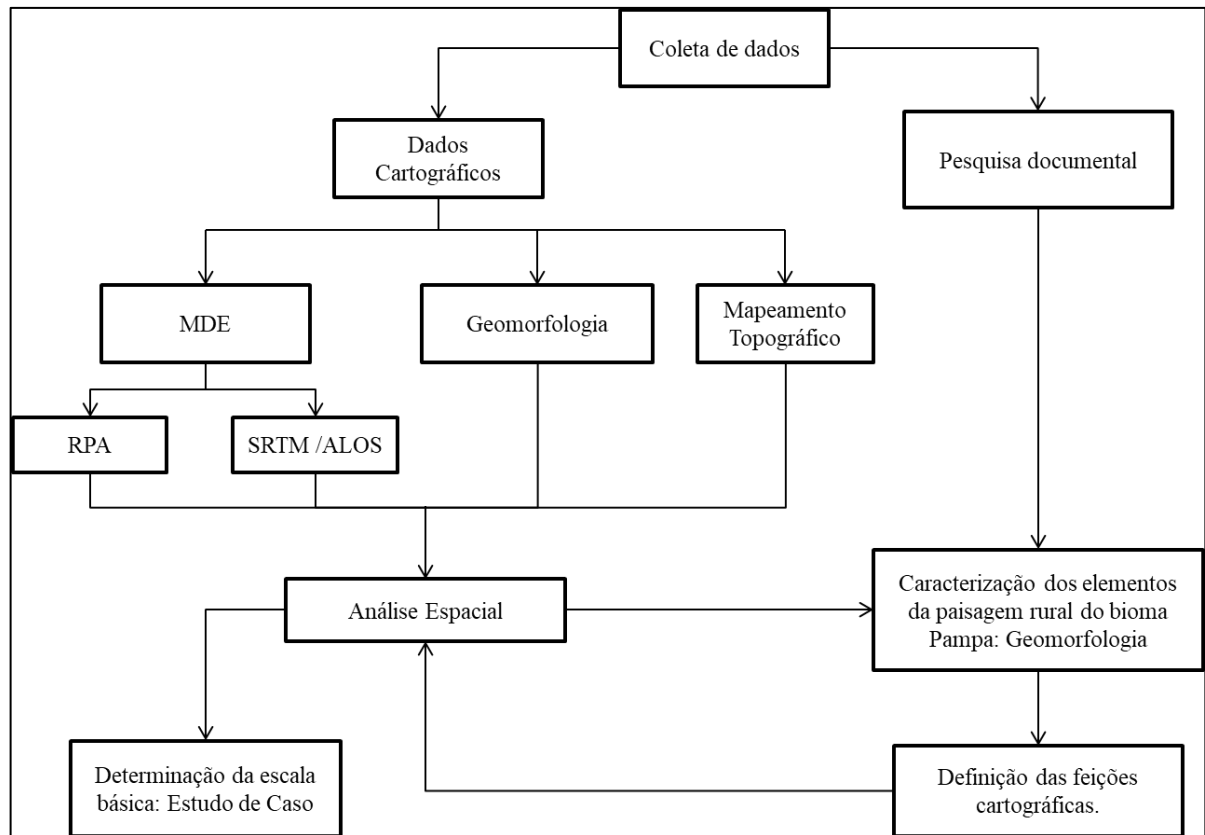


3 METODOLOGIA

A proposta metodológica para desenvolver a pesquisa está baseada nos conhecimentos técnicos e científicos da Cartografia Topográfica, apresentados no item 2.2 – Cartografia Topográfica. A utilização de métodos e técnicas apresentados por essa área de conhecimento, em conjunto com os materiais utilizados, permitiu alcançar os objetivos específicos propostos neste projeto.

As etapas da metodologia compreendem a coleta de dados cartográficos existentes para a região do bioma Pampa, assim como a pesquisa documental com a descrição das feições geomorfológicas dessa região. A análise desses dados foi utilizada para a descrição e a definição das feições características das paisagens do bioma Pampa que representam a geomorfologia da área de estudo. A partir da definição das feições características da geomorfologia do Pampa, foi possível realizar a análise espacial dessas feições em diferentes escalas. Essa análise foi utilizada para definir o nível de detalhamento necessário para que as características geomorfológicas das feições do relevo sejam representadas no mapeamento topográfico. A pesquisa foi realizada como um estudo de caso, que foi desenvolvido em uma área de estudo. A Figura 3.1 apresenta o fluxograma das etapas da metodologia aplicadas na pesquisa.

Figura 3.1 – Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaboração própria.

3.1 MATERIAIS.

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa incluem a obtenção de dados cartográficos como: modelos digitais de elevação, cartas topográficas nas escalas do mapeamento topográfico em formato vetorial, dados no formato vetorial do mapeamento geomorfológico do bioma Pampa, dados no formato vetorial de limites de biomas e territórios, e um programa computacional para Sistema de Informação Geográfica (SIG).

3.1.1 Cartas Topográficas

As cartas topográficas foram obtidas da base de dados cartográficos da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) para diferentes escalas do mapeamento sistemático terrestre (DSG, 2021). Os dados das cartas topográficas foram obtidos em formato vetorial. Nesse estudo foram utilizados dados do relevo, como curvas de nível e pontos cotados altimétricos; e dados de drenagem, como os

cursos de água. Os Quadros 3.1, 3.2 e 3.3 apresentam as informações relativas às cartas topográficas obtidas em diferentes escalas e que foram utilizadas na pesquisa.

Conforme os dados do Quadro 3.1, foram obtidos dados no formato vetorial do relevo e da hidrografia de 16 cartas topográficas na escala 1:25.000, de 16 cartas topográficas na escala 1:50.000 (Quadro 3.2) e de duas cartas topográficas na escala 1:250.000 (Quadro 3.3). Para a escala 1:100.000 não há cartas topográficas disponíveis para a área analisada no estudo de caso.

Quadro 3.1 – Descrição das informações das cartas topográficas na escala 1:25.000 obtidas para análise do relevo nas escalas do mapeamento sistemático brasileiro.

| Cartas Topográficas | Mapa índice | Índice de Nomenclatura | Carta impressa | | | Carta Digital | | |
|---------------------|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | | Cobertura aérea (ano) | Impressão (ano) | Sistema de referência | Imageamento (ano) | Sistema de referência | Arquivo em formato vetorial (ano) |
| Escala 1:25.000 | 2962-4-NO | SH-21-X-D-IV-4-NO | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2962-4-NE | SH-21-X-D-IV-4-NE | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2962-4-SO | SH-21-X-D-IV-4-SO | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2962-4-SE | SH-21-X-D-IV-4-SE | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2963-3-NO | SH-21-X-D-V-3-NO | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2963-3-NE | SH-21-X-D-V-3-NE | 1975 | 1980 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2963-3-SO | SH-21-X-D-V-3-SO | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2979-3-SE | SH-21-X-D-V-3-SE | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2979-2-NO | SH-21-Z-B-I-2-NO | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2979-2-NE | SH-21-Z-B-I-2-NE | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2979-2-SO | SH-21-Z-B-I-2-SO | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2979-2-SE | SH-21-Z-B-I-2-SE | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2980-1-NO | SH-21-Z-B-II-1-NO | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2980-1-NE | SH-21-Z-B-II-1-NE | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |
| | 2980-1-SO | SH-21-Z-B-II-1-SO | | | | 2016 | SIRGAS 2000 | 2017 |
| | 2980-1-SE | SH-21-Z-B-II-1-SE | 1975 | 1979 | SAD69 | | SIRGAS 2000 | 2016 |

Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército – Banco de Dados Geográficos do Exército (DSG, 2021).

Quadro 3.2 – Descrição das informações das cartas topográficas na escala 1:50.000 obtidas para análise do relevo nas escalas do mapeamento sistemático brasileiro.

| Cartas Topográficas | Mapa índice | Carta Digital | | |
|---------------------|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | Índice de Nomenclatura | Sistema de referência | Arquivo em formato vetorial (ano) |
| Escala 1:50.000 | 2962-1 | SH-21-X-D-IV-1 | WGS 84 | 2014 |
| | 2962-2 | SH-21-X-D-IV-2 | WGS 84 | 2014 |
| | 2962-3 | SH-21-X-D-IV-3 | WGS 84 | 2014 |
| | 2962-4 | SH-21-X-D-IV-4 | WGS 84 | 2014 |
| | 2963-1 | SH-21-X-D-V-1 | WGS 84 | 2014 |
| | 2963-2 | SH-21-X-D-V-2 | WGS 84 | 2014 |
| | 2963-3 | SH-21-X-D-V-3 | WGS 84 | 2014 |
| | 2963-4 | SH-21-X-D-V-4 | WGS 84 | 2014 |
| | 2979-1 | SH-21-Z-B-I-1 | WGS 84 | 2014 |
| | 2979-2 | SH-21-Z-B-I-2 | WGS 84 | 2014 |
| | 2979-3 | SH-21-Z-B-I-3 | SIRGAS 2000 | 2014 |
| | 2979-4 | SH-21-Z-B-I-4 | SIRGAS 2000 | 2014 |
| | 2980-1 | SH-21-Z-B-II-1 | WGS 84 | 2014 |
| | 2980-2 | SH-21-Z-B-II-2 | WGS 84 | 2014 |
| | 2980-3 | SH-21-Z-B-II-3 | SIRGAS 2000 | 2014 |
| | 2980-4 | SH-21-Z-B-II-4 | SIRGAS 2000 | 2014 |

Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército – Banco de Dados Geográficos do Exército (DSG, 2021).

Quadro 3.3 – Descrição das informações das cartas topográficas na escala 1:250.000 obtidas para análise do relevo nas escalas do mapeamento sistemático brasileiro.

| Cartas Topográficas | Mapa índice | Carta Digital | | |
|---------------------|-------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| | | Índice de Nomenclatura | Sistema de referência | Arquivo em formato vetorial (ano) |
| Escala 1:250.000 | 533 | SH-21-X-D | SIRGAS 2000 | 2000 |
| | 539 | SH-21-Z-B | SIRGAS 2000 | 2000 |

Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército – Banco de Dados Geográficos do Exército (DSG, 2021).

3.1.2 Modelos Digitais de Elevação

Nesse estudo foram obtidos três tipos de Modelos Digitais de Elevação (MDE) para a análise de dados cartográficos do relevo. Dois deles se referem a MDE obtidos por radares orbitais: SRTM e ALOS – PALSAR. Esses dois modelos foram utilizados para a obtenção de curvas de nível nas escalas do mapeamento

topográfico. O outro MDE utilizado nesse estudo foi obtido a partir de levantamento em campo por Aeronave Remotamente Pilotada (RPA). Esse MDE foi utilizado para a geração de curvas de nível em escalas maiores do que as escalas do mapeamento sistemático. Os MDE foram utilizados para a análise do relevo da área selecionada para o estudo de caso.

3.1.2.1 MDE SRTM

O SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é um projeto internacional liderado pela Agência Nacional de Inteligência Geoespacial americana e pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2018). O principal objetivo desse projeto é obter um banco de dados digital da topografia do planeta Terra em alta resolução (NASA, 2018). De acordo com NASA (2018), a abrangência de mapeamento varia de 60° norte a 56° sul em todas as longitudes de nosso planeta (de 180° oeste a 180° leste). A aquisição dos dados do SRTM ocorreu em uma altitude de 233 km entre os dias 11 e 21 de fevereiro de 2000 (NASA, 2018).

Para esse estudo foram obtidos quatro MDE com resolução espacial de um arco de segundo (aproximadamente 30 m), referentes à versão três do SRTM. Essa versão possui melhoramentos em relação às versões anteriores, no sentido de que foram eliminados pixels vazios ou sem dados (NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2015). De acordo com o manual técnico do SRTM (NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2015), para o preenchimento dessas lacunas a versão três foi melhorada a partir da utilização dos dados do ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) *Global Digital Elevation Model* (GDEM) *version 2.0*, do *Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010* (GMTED2010), e do *National Elevation Dataset* (NED). Cada MDE foi obtido da base de dados da NASA EOSDIS Land Processes DAAC (2021), a partir do *Earthdata Search* (https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=C1000000240-LPDAAC_ECS). O Quadro 3.4 apresenta as cenas utilizadas neste estudo e a descrição das principais características e informações das mesmas.

Quadro 3.4 – Identificação das imagens dos MDE obtidos a partir do SRTM, com resolução espacial de 30 m.

| Identificação do MDE SRTM | Coordenadas geográficas dos limites do MDE SRTM (lat/long) | Referência |
|---------------------------|--|--|
| S30W055.SRTMGL1.hgt | -30.0002778 -55.0002778 -28.9997222 -53.9997222 | DOI: 10.5067/MEASURES/SRTM/SRTMGL1.003 |
| S31W055.SRTMGL1.hgt | -31.0002778 -55.0002778 -29.9997222 -53.9997222 | |
| S30W056.SRTMGL1.hgt | -30.0002778 -56.0002778 -28.9997222 -54.9997222 | |
| S31W056.SRTMGL1.hgt | -31.0002778 -56.0002778 -29.9997222 -54.9997222 | |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: NASA EOSDIS Land Processes DAAC (2021).

3.1.2.2 MDE ALOS – PALSAR

O ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) é um satélite japonês de monitoramento global lançado ao espaço em 24 de janeiro de 2006. O satélite monitorou o planeta em uma órbita síncrona solar e obteve dados da superfície terrestre em uma altitude de aproximadamente 691 km. O ALOS foi desenvolvido para contribuir com a cartografia e monitoramentos ambientais terrestres, marinhos e atmosféricos (JAXA/EORC, 2008). O satélite é equipado com três sensores: *Panchromatic Remote-sensing Instrument Stereo Mapping* (PRISM), *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2* (AVNIR-2) e *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR). Nesse estudo foram utilizados dados de elevação obtidos do sensor PALSAR.

O PALSAR é um radar de abertura sintética que adquiriu dados da superfície terrestre entre os anos de 2006 e 2011 (JAXA/EORC, 2008). Um dos produtos gerados a partir do ALOS-PALSAR é o MDE de alta resolução espacial, de aproximadamente 12,5 m. Esse produto possui correção geométrica e radiométrica do terreno a partir da utilização de outros MDE, que são utilizados como referência para essas correções. Para a área de estudo, os MDE de alta resolução espacial foram corrigidos a partir dos dados do SRTM GL1 de 30m (1 arco de segundo), que foram reamostrados para 12,5 m (JAXA/EORC, 2008).

O Quadro 3.5 descreve as cenas correspondentes à área de estudo e utilizadas para a extração das curvas de nível do MDE com resolução espacial de 12,5 m fornecidas pelo ALOS-PALSAR. Os dados foram obtidos da base de dados do *Alaska Satellite Facility* (ASF DAAC, 2015), a partir do *ASF Data Search Vertex* (<https://search.asf.alaska.edu/#/>).

Quadro 3.5 – Identificação das imagens dos MDE obtidos a partir do ALOS – PALSAR com resolução espacial de 12,5 m.

| Identificação do MDE ALOS - PALSAR | Referência |
|------------------------------------|---------------------------|
| AP_25702_PLR_F6580_RT1.dem | DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA |
| AP_25702_PLR_F6590_RT1.dem | |
| AP_25950_PLR_F6580_RT1.dem | |
| AP_25950_PLR_F6590_RT1.dem | |
| AP_26942_FBS_F6570_RT1.dem | |
| AP_26942_FBS_F6580_RT1.dem | |
| AP_27365_FBS_F6570_RT1.dem | |
| AP_27365_FBS_F6580_RT1.dem | |
| AP_27715_PLR_F6580_RT1.dem | |
| AP_27715_PLR_F6590_RT1.dem | |

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: ASF DAAC (2015).

3.1.2.3 MDE obtido por RPA

O levantamento de dados da superfície terrestre por Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para a geração do MDE de alta resolução espacial utilizado nesse estudo foi realizado por Rodrigues (2018) em 02 de setembro de 2016. O RPA gerou dados a uma altitude de 110m *com Ground Sample Distance* (GSD) definido para 5 cm e com sobreposição longitudinal e lateral das fotos aéreas de 80% e 60%, respectivamente (RODRIGUES, 2018). Esse levantamento de dados em campo incluiu o uso de 16 pontos de controle, além de sete pontos de controle adicionais em uma área onde se localiza uma ravina no terreno e um ponto de referência obtido por receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Esses pontos foram marcados no terreno com alvos de vinil e tiveram as suas coordenadas centrais obtidas pelo receptor *Topcon Hiper Lite Plus dual-frequency* que possui rápido posicionamento estático relativo. As acurácias horizontal e vertical obtidas após o processamento dos pontos de controle foram de 1,44 cm e 0,08 cm, respectivamente (RODRIGUES, 2018).

O MDE foi gerado a partir de uma nuvem de pontos em três dimensões, pelos métodos de *Structure from Motion* (SfM) e *Multi-View Stereo* (MVS), resultando em

um Modelo Digital de Superfície (MDS) de alta resolução espacial, de aproximadamente 9 cm (RODRIGUES, 2018). As fotografias geradas pelo levantamento por RPA foram ortorretificadas e possibilitaram a geração de um ortofotomosaico com resolução espacial de aproximadamente 5 cm (RODRIGUES, 2018), que também foi utilizado nesse estudo a fim de localizar espacialmente as feições do relevo.

3.1.3 Dados Geomorfológicos, limites de biomas e territoriais.

Os dados geomorfológicos e os limites territoriais foram obtidos da base de dados cartográficos disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os dados de geomorfologia foram obtidos em formato vetorial e se referem ao mapeamento geomorfológico realizado para todo o território brasileiro na escala 1:250.000 (IBGE, 2019c). Os limites territoriais foram obtidos em formato vetorial e se referem aos limites dos biomas brasileiros, na escala 1:250.000 (IBGE, 2019a), aos limites entre as unidades da federação, e aos limites entre países, todos na escala 1:250.000 (IBGE, 2017).

3.1.4 *Softwares* para o processamento e manipulação dos dados geoespaciais.

Todos os processamentos e as análises dos dados para as escalas do mapeamento sistemático foram realizados no *software* para Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS versão 3.6.3. (QGIS, 2018). Os dados cartográficos foram reprojatados para o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, UTM Fuso 21 Sul (EPSG31981).

3.2 ETAPAS DA METODOLOGIA

3.2.1 1ª Etapa: Pesquisa documental sobre a situação atual do mapeamento topográfico brasileiro na região rural do bioma Pampa.

A 1ª etapa da metodologia consistiu em realizar uma pesquisa documental sobre a situação atual do mapeamento topográfico para a região do bioma Pampa. O objetivo da pesquisa foi o de verificar o que foi realizado em relação ao

mapeamento topográfico para região, o grau de atualização das cartas topográficas, e em que escalas esses dados estão disponíveis e se estão disponíveis em formato digital. Essa pesquisa foi realizada a partir da base de dados da DSG (2021) e descrita no item 2.3 do referencial teórico.

A 1ª etapa foi importante para a delimitação da área de estudo.

3.2.2 2ª Etapa: Definição da área de estudo

A definição da área de estudo levou em conta a existência de dados cartográficos do relevo obtidos das cartas topográficas e da disponibilidade de dados de MDE para as regiões onde há lacunas de mapeamento. A área de estudo foi definida pelas 16 cartas topográficas na escala 1:50.000. Para a área de estudo não há disponibilidade de cartas topográficas na escala 1:25.000 suficientes que permitam representar o relevo de toda a região. A definição do limite da área de estudo levou em consideração também a existência do MDE de alta resolução espacial obtido por RPA (RODRIGUES, 2018), que foi utilizado para a análise do relevo em escalas maiores do que as escalas do mapeamento topográfico, sendo que na área do levantamento por RPA, não há cartas 1:25.000 disponíveis.

3.2.3 3ª Etapa: Caracterização da geomorfologia da área de estudo

Nessa etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o levantamento de dados e para a descrição das características geomorfológicas das feições do relevo da área de estudo. Foram utilizados documentos técnicos de órgãos governamentais integrantes do SCN, descritos no item 2.4 do referencial teórico. A caracterização das feições geomorfológicas também foi obtida a partir de análises espaciais com base nos dados cartográficos de geomorfologia para o bioma Pampa. Esses dados foram utilizados para a definição das feições geomorfológicas representativas da área de estudo e utilizados na quarta etapa da metodologia.

3.2.4 4ª Etapa: Definição das feições cartográficas representativas da área de estudo

A 4ª etapa metodológica consistiu em organizar o conjunto de dados e informações adquiridas na 3ª etapa da metodologia para a definição das feições do relevo a serem representadas pelas curvas de nível no mapeamento topográfico. As feições do relevo escolhidas para a representação cartográfica se referem aos modelados e formas de relevo simbolizadas, conforme a classificação hierárquica utilizada no manual técnico de geomorfologia (IBGE, 2009). Os modelados se referem ao 4º Táxon e as formas de relevo simbolizadas ao 5º Táxon. Essas feições foram escolhidas pelo fato de se referirem a feições geomorfológicas com pequena dimensão espacial dentro da classificação hierárquica adotada pelo IBGE (2009). Os modelados do relevo (4º Táxon) são as menores feições do relevo representadas como polígonos no mapeamento geomorfológico na escala 1:250.000. Já as formas de relevo simbolizadas (5º Táxon) são representadas apenas por símbolos pontuais e lineares no mapeamento geomorfológico. Nesse sentido, as feições do relevo da área de estudo, pertencentes a esses dois táxons, foram utilizadas para a análise da representação de suas características geomorfológicas na escala 1:250.000 e maiores.

Nessa etapa foram definidas duas análises do relevo na área de estudo:

1) A primeira análise foi realizada para as escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. Nessa análise foram definidas as escalas mínimas para a representação cartográfica das características geomorfológicas dos modelados e das formas de relevo simbolizadas da área de estudo no mapeamento topográfico. Para isso foram utilizadas as curvas de nível nas escalas do mapeamento sistemático obtidas das cartas topográficas e curvas de nível extraídas de MDE do SRTM e ALOS – PALSAR.

2) A segunda análise foi realizada para escalas maiores do que as do mapeamento sistemático: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000. Essa análise buscou identificar feições do relevo descritas como formas de relevo simbolizadas que possuem um processo dinâmico na paisagem. Nesse estudo foi escolhida a feição descrita como arenização no mapeamento geomorfológico (IBGE, 2009, 2019c). A escolha dessa feição se deu pela disponibilidade do MDS de alta

resolução espacial, obtido por RPA, em uma área com ocorrência desse processo (RODRIGUES, 2018).

A arenização é um processo associado à formação de sulcos, ravinas e voçorocas, além de outras feições de relevo. As feições de relevo associadas ao processo de arenização foram selecionadas a partir de revisão bibliográfica e análise visual de ortofotomosaico e do MDS. O desenvolvimento e os resultados dessa análise foram utilizados para a publicação em artigo científico (COSTA *et. al.*, 2020).

3.2.5 5ª Etapa: Representação cartográfica do relevo na área de estudo.

3.2.5.1 Análise do relevo nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000

Esta etapa foi desenvolvida a partir de análises das curvas de nível que representam o relevo nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000. A tabela 3.1 apresenta as escalas e as respectivas equidistâncias das curvas de nível utilizadas no mapeamento topográfico

Tabela 3.1 – Equidistâncias das curvas de nível correspondentes às escalas do mapeamento sistemático.

| Escala | Equidistância das curvas de nível (metros) |
|---------------|---|
| 1:25.000 | 10 |
| 1:50.000 | 20 |
| 1:100.000 | 50 |
| 1:250.000 | 100 |

Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (1998).

As curvas de nível nas escalas 1:50.000 e 1:250.000 foram obtidas para toda a área de estudo a partir dos dados em formato vetorial das cartas topográficas. Nessas escalas também foram utilizados os pontos cotados altimétricos e a hidrografia, a fim de auxiliar na representação e interpretação do relevo. As curvas de nível na escala 1:25.000 foram obtidas a partir dos dados em formato vetorial das cartas topográficas, para as áreas onde há mapeamento topográfico, assim como dados de pontos cotados altimétricos e de drenagem.

Nas áreas onde não há mapeamento na escala 1:25.000, as curvas de nível foram obtidas pelos MDE do SRTM e do ALOS – PALSAR. As curvas de nível foram geradas para a equidistância de 10 m, a partir do algoritmo utilizado pela função “Extrair Contornos” do QGIS. Foram geradas curvas de nível pelo SRTM e ALOS – PALSAR para toda a área de estudo, que foram comparadas visualmente com as curvas de nível das cartas topográficas na escala 1:25.000. A comparação visual se deu em relação às formas das curvas de nível e às suas cotas altimétricas. Essa análise visual foi importante para determinar o MDE utilizado para a representação cartográfica das feições do relevo na escala 1:25.000.

A obtenção das curvas de nível na escala 1:100.000 ocorreu de duas maneiras:

1) A primeira foi a partir da obtenção das curvas de nível geradas com os MDE do SRTM e do ALOS – PALSAR para toda a área de estudo. Essas curvas foram obtidas para a equidistância de 50 m, extraídas dos MDE a partir do algoritmo utilizado pela função “Extrair Contorno” do QGIS.

2) A segunda foi por um processo de generalização cartográfica a partir das curvas de nível das cartas topográficas na escala 1:25.000. As curvas de nível na escala 1:100.000, com equidistância de 50 m, foram obtidas por um processo de filtragem das cotas altimétricas da escala 1:25.000. A filtragem foi realizada a partir da calculadora da tabela de atributos do QGIS. As curvas de nível com equidistância de 50 m foram obtidas para a representação das feições do relevo na escala 1:100.000 na região abrangida por essas cartas.

As curvas de nível obtidas por um processo de generalização cartográfica também foram utilizadas para fins de comparação visual com as curvas de nível com equidistância de 50 m geradas pelos MDE do ALOS – PALSAR e do SRTM. Assim como foi feito para a escala 1:25.000, para a escala 1:100.000 também foi realizada uma análise visual a fim de comparar as curvas de nível obtidas dos MDE com as curvas de nível obtidas por generalização cartográfica a partir da escala 1:25.000. A análise visual levou em consideração as formas das curvas de nível geradas pelos MDE e seus valores de cotas altimétricas.

3.2.5.2 Análise do relevo nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000

A análise do relevo em escalas maiores do que as escalas utilizadas no mapeamento sistemático teve como objetivo verificar as escalas para a

representação das características geomorfológicas de feições e micro feições do relevo associadas ao processo de arenização na área de estudo. A Tabela 3.2 apresenta as escalas e as respectivas equidistâncias das curvas de nível utilizadas para a análise. As curvas de nível foram geradas a partir do MDS de alta resolução espacial (Costa *et al.*, 2020).

Tabela 3.2 – Equidistâncias das curvas de nível correspondentes às escalas maiores do que as do mapeamento sistemático.

| Escala | Equidistância das curvas de nível (metros) |
|---------------|---|
| 1:100 | 0,1 |
| 1:200 | 0,2 |
| 1:500 | 0,5 |
| 1:1.000 | 1 |
| 1:5.000 | 2 |

Fonte: Adaptado de Costa *et. al* (2020).

3.2.6 Etapa: Determinação de escala básica

Nesta etapa da metodologia foram definidas as escalas mínimas para a representação cartográfica das características geomorfológicas dos modelados do relevo e formas de relevo simbolizadas nas escalas 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, referentes às escalas do mapeamento sistemático; e das feições do relevo associadas ao processo de arenização nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000, referentes às escalas maiores do que as do mapeamento sistemático.

4 RESULTADOS

4.1 Representação cartográfica do relevo: Estudo de Caso

A partir da descrição da geomorfologia da área de estudo no item 2.4.1 – Geomorfologia da área de estudo, foi possível definir as feições do relevo a serem consideradas para a sua representação cartográfica em diferentes escalas. As feições foram definidas a partir do mapeamento geomorfológico brasileiro (IBGE, 2019c), que classifica as feições do relevo a partir de um ordenamento sistemático baseado em táxons. Esse ordenamento é compatível com o que pode ser representado no mapeamento topográfico em cada escala. As feições do relevo selecionadas neste estudo fazem parte do 4º e 5º táxons, respectivamente. O 4º táxon do mapeamento geomorfológico se refere ao modelados do relevo; já o 5º táxon representa as formas de relevo simbolizadas. Esses táxons se referem à descrição das menores formas do relevo individualizadas no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c) que, em conjunto, caracterizam os compartimentos dos táxons anteriores.

A representação cartográfica do relevo foi dividida em duas análises: 1) a partir das escalas definidas no mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000; 2) análise em escalas maiores do que as definidas no mapeamento sistemático: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000, 1:5.000.

4.1.1 Representação cartográfica do relevo nas escalas do mapeamento sistemático: 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000.

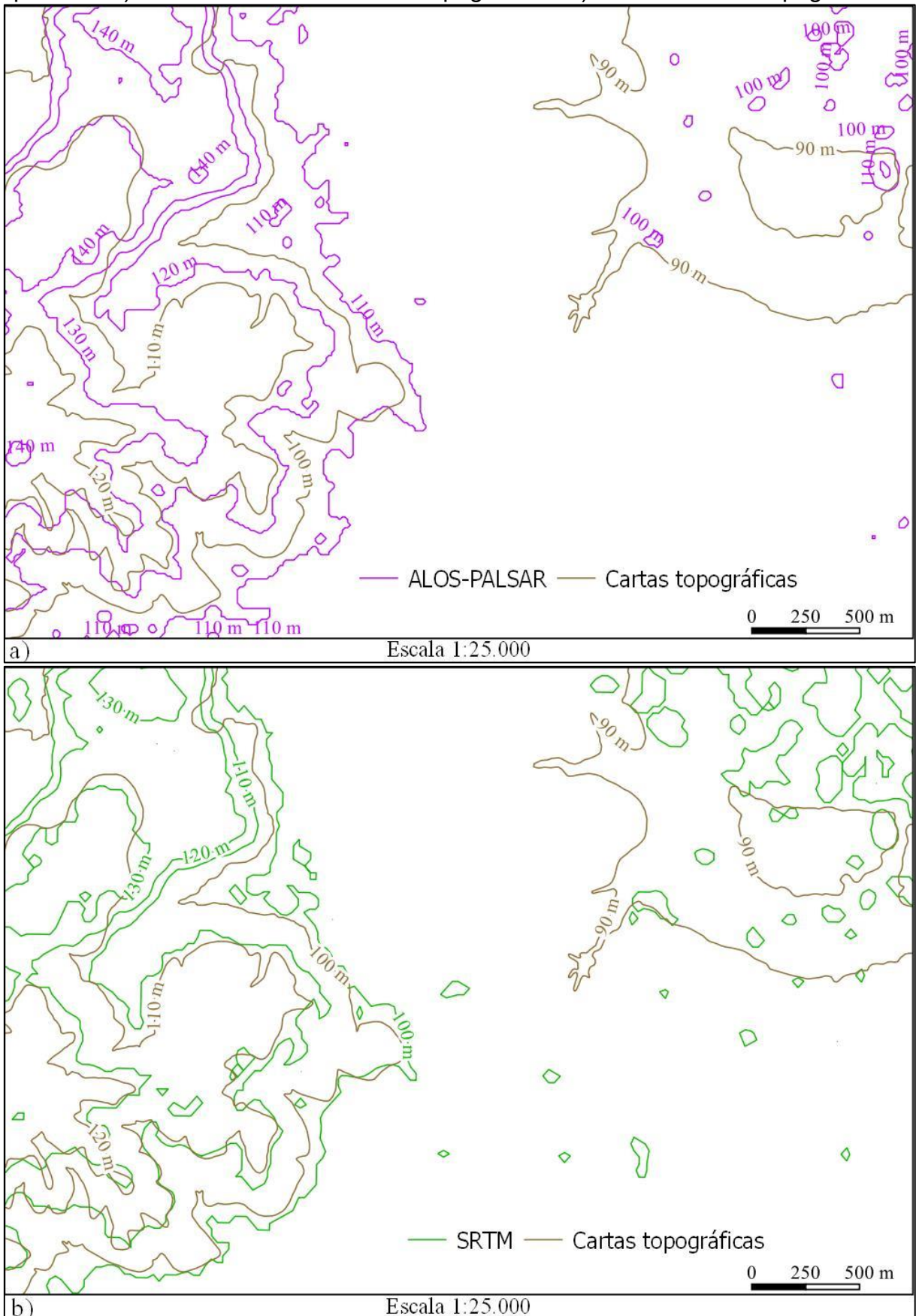
A análise cartográfica nas escalas do mapeamento topográfico foi realizada para a representação cartográfica das feições do relevo descritas para toda a área de estudo. Também foram utilizados os pontos cotados altimétricos e a rede de drenagem, essa, em algumas análises, a fim de demonstrar as características do relevo.

A área de estudo é totalmente representada pelas cartas topográficas nas escalas 1:50.000 e 1:250.000. As cartas 1:25.000 existentes cobrem somente uma parte da área de estudo, como verificado no item 2.3 - Situação atual do mapeamento topográfico no Rio Grande do Sul. Já para a escala 1:100.000 não há

dados em formato vetorial. Para cobrir as lacunas do mapeamento sistemático, foram utilizadas as curvas de nível geradas pelo MDE do SRTM (com 30 metros de resolução espacial). As curvas de nível geradas com o SRTM para as escalas 1:25.000 e 1:100.000 foram escolhidas após uma comparação visual com as curvas de nível geradas com o MDE do ALOS – PALSAR (com 12,5 m de resolução espacial) e com as curvas de nível do mapeamento topográfico.

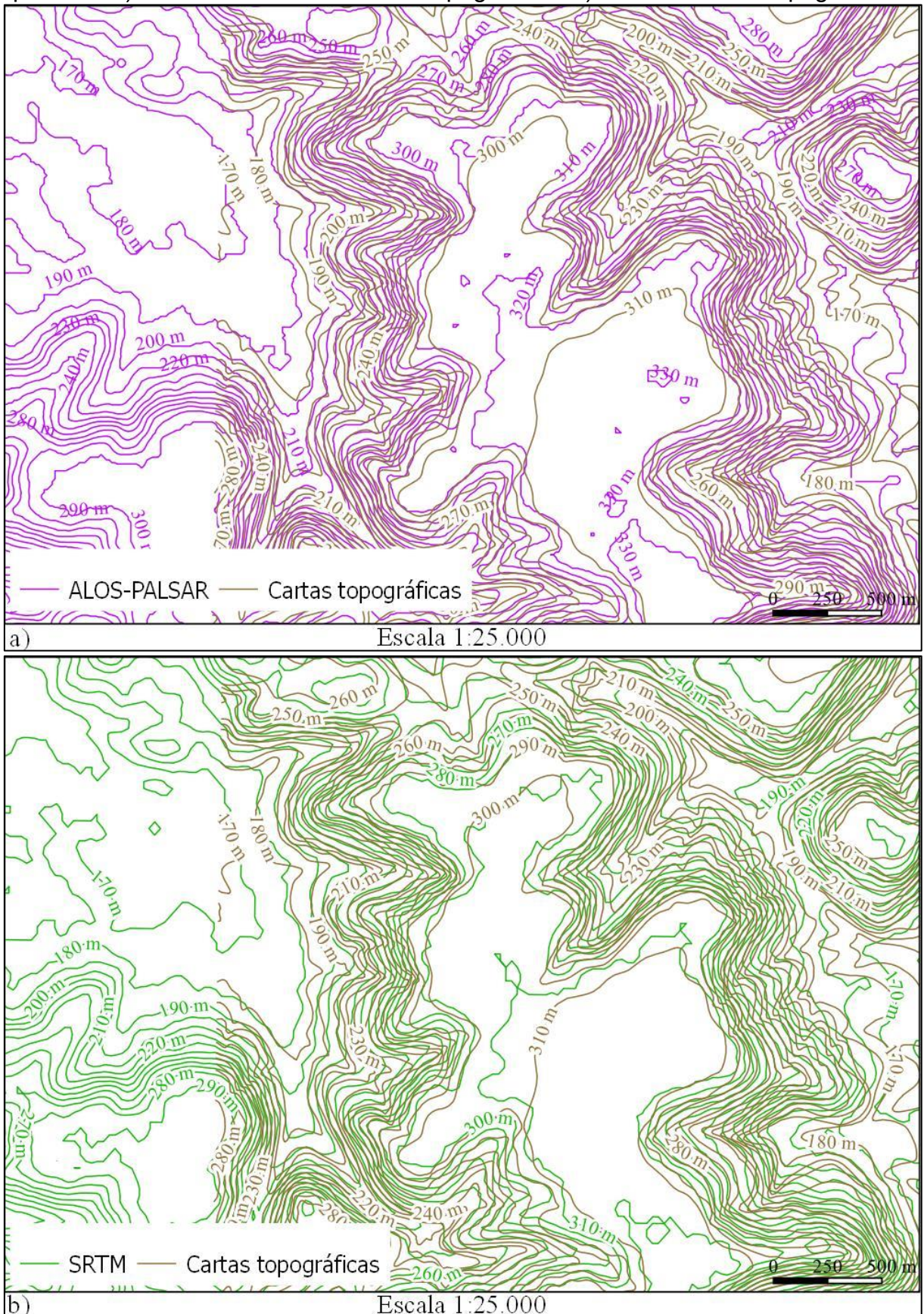
As Figuras 4.1a, 4.2a, 4.3a e 4.4a mostram as comparações entre as curvas de nível extraídas do MDE ALOS – PALSAR, e as curvas de nível das cartas topográficas nas escalas 1:25.000 (Figuras 4.1a e 4.2a) e 1:100.000 (Figuras 4.3a e 4.4a) para duas regiões distintas da área de estudo: uma região referente à área de planície (Figuras 4.1a e 4.3a) e uma região de planalto (Figuras 4.2a e 4.4a). A mesma análise para as mesmas áreas foi realizada entre as curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e as curvas de nível das cartas topográficas. As Figuras 4.1b e 4.2b mostram as comparações entre as curvas de nível do MDE do SRTM e as curvas de nível das cartas topográficas na escala 1:25.000, nas áreas de planície e de planalto, respectivamente. As Figuras 4.3b e 4.4b se referem às comparações entre as curvas de nível na escala 1:100.000, nas áreas de planície e de planalto, respectivamente.

Figura 4.1 – Comparação de curvas de nível na escala 1:25.000, região de planície: a) ALOS – PALSAR e cartas topográficas. b) SRTM e cartas topográficas.



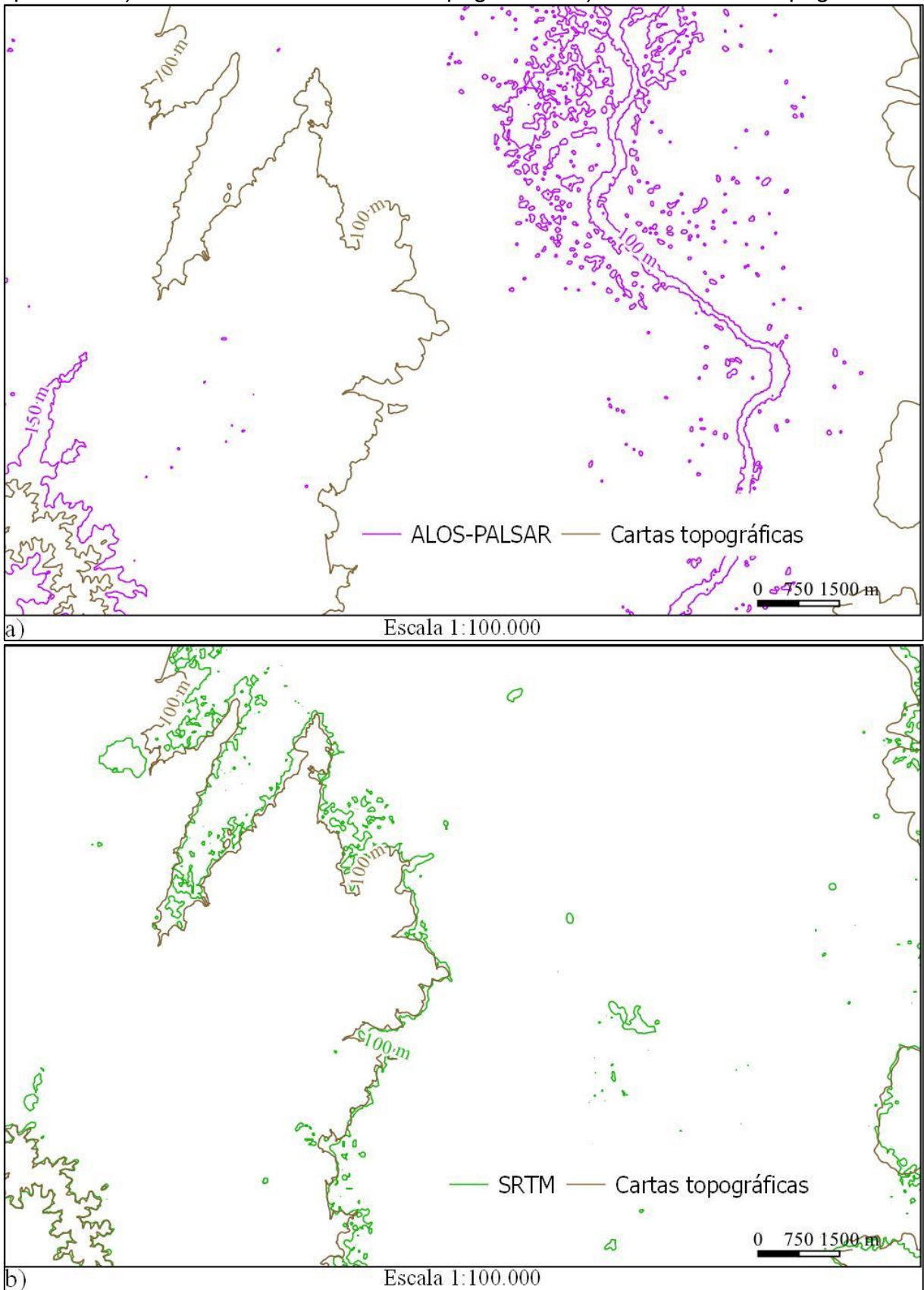
Fonte: Elaboração própria. Dados: DSG (2021), NASA EOSDIS LP DAAC (2021), ASF DAAC (2015).

Figura 4.2 – Comparação de curvas de nível na escala 1:25.000, região de planalto: a) ALOS – PALSAR e cartas topográficas. b) SRTM e cartas topográficas.



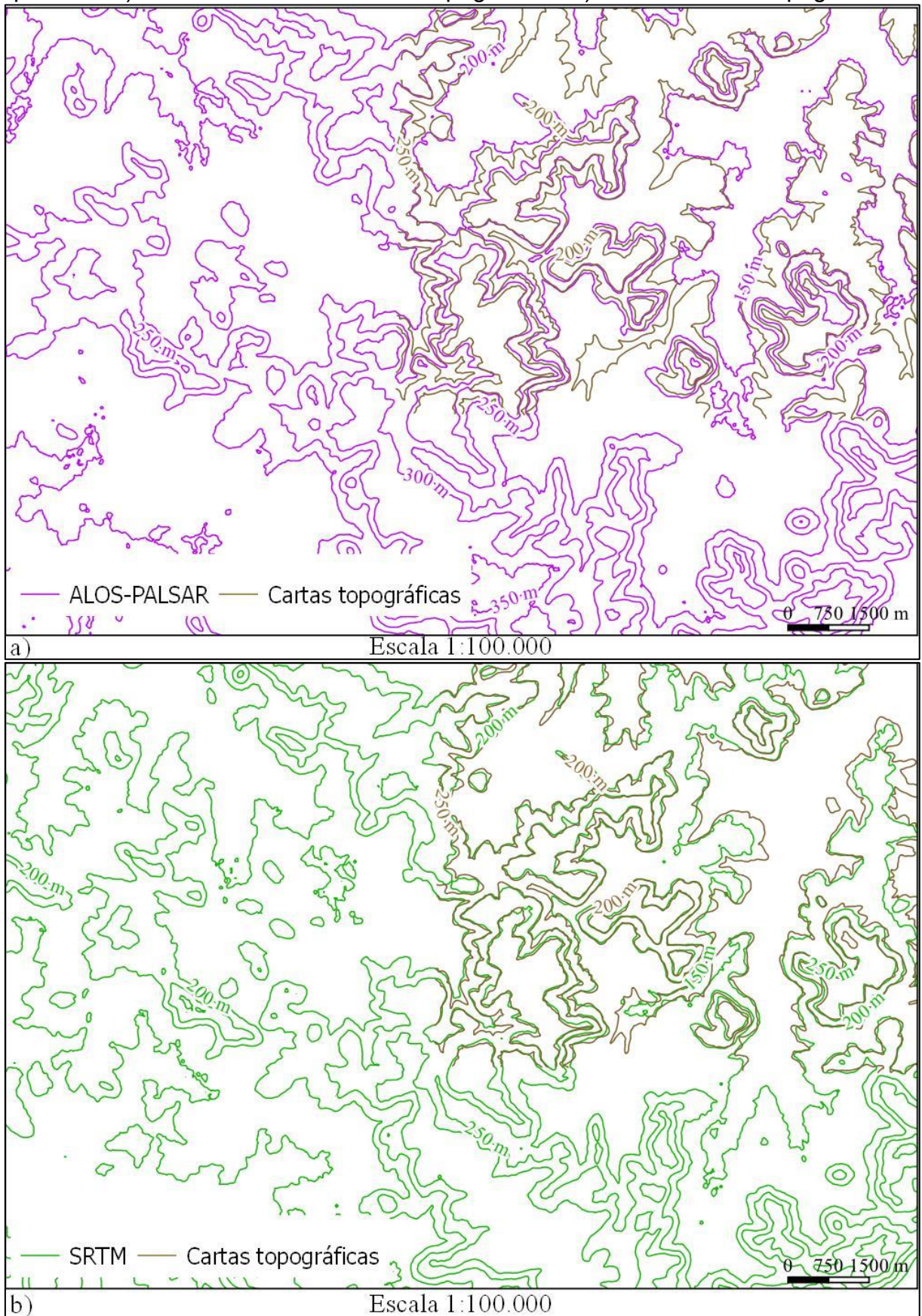
Fonte: Elaboração própria. Dados: DSG (2021), NASA EOSDIS LP DAAC (2021), ASF DAAC (2015).

Figura 4.3 – Comparação de curvas de nível na escala 1:100.000, região de planície: a) ALOS – PALSAR e cartas topográficas. b) SRTM e cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados: DSG (2021), NASA EOSDIS LP DAAC (2021), ASF DAAC (2015).

Figura 4.4 – Comparação de curvas de nível na escala 1:100.000, região de planalto: a) ALOS – PALSAR e cartas topográficas. b) SRTM e cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados: DSG (2021), NASA EOSDIS LP DAAC (2021), ASF DAAC (2015).

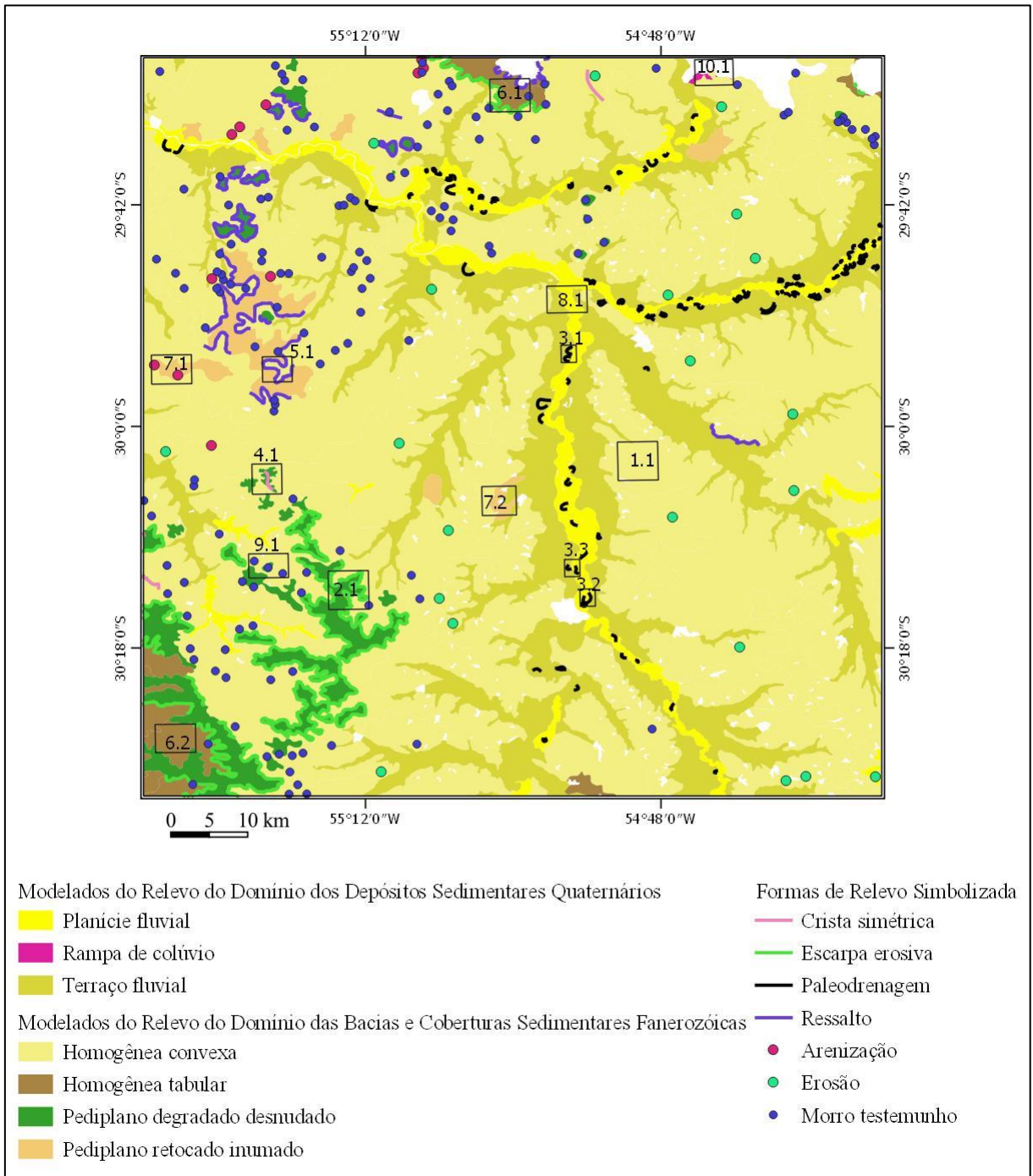
As curvas de nível geradas para as escalas 1:25.000 e 1:100.000 ao partir do MDE do SRTM, com equidistância de 10 m e 50 m, respectivamente, corresponderam, na maior parte das áreas analisadas, às cotas altimétricas e às formas das curvas de nível das cartas topográficas nas mesmas escalas (Figuras 4.1b, 4.2b, 4.3b e 4.4b). As curvas de nível do mapeamento topográfico representadas na escala 1:100.000 foram obtidas por um processo de generalização cartográfica, descrito na metodologia. A maior diferença foi verificada na área de planície, tanto na escala 1:25.000 (Figura 4.1b) quanto na escala 1:100.000 (Figura 4.3b).

As curvas de nível geradas com o MDE do ALOS – PALSAR tiveram correspondência de cotas altimétricas somente com as curvas de nível na escala 1:100.000 do mapeamento topográfico na área de planalto. Nas outras áreas verificadas, tanto na escala 1:25.000 quanto na escala 1:100.00, houve diferença de valores de cotas altimétricas, em torno de 10 m (Figuras 4.1a, 4.2a e 4.3a). Em outras regiões analisadas neste estudo, as diferenças de cotas altimétricas chegaram a 20 m. Portanto, o MDE do SRTM apresentou, visualmente, melhor acurácia vertical na representação das curvas de nível do que o MDE do ALOS-PALSAR, apesar deste último ser gerado com uma resolução horizontal melhor.

Em relação ao MDE do SRTM, estudos sugerem que o modelo é compatível com o PEC classe A para a escala 1:100.000, tanto para áreas planas, como verificado em uma região da Amazônia (SANTOS; GABOARDI; OLIVEIRA, 2006) para dados do MDE do SRTM com 90 m de resolução espacial; assim como para uma região do Rio Grande do Sul com elevada declividade, como verificado em Viel, Rosa e Mendes Junior (2020), com o uso de MDE do SRTM com resolução espacial de 30 m. Neste estudo, a análise visual permitiu verificar que as curvas de nível representam as feições, tanto na escala 1:100.000, na qual há validação para o uso do SRTM com PEC nível A, quanto na escala 1:25.000, onde não há indicação de uso do modelo nessa escala dentro dos parâmetros da PEC (ORLANDO; BIAS, 2020). Entretanto, mesmo sem a validação da acurácia dos dados do MDE do SRTM, a correspondência altimétrica e da maior parte dos contornos das curvas de nível do MDE com as curvas de nível das cartas topográficas nas escalas 1:25.000 e 1:100.000 foram suficientes para a análise da representação cartográfica das feições do relevo pretendida no presente estudo.

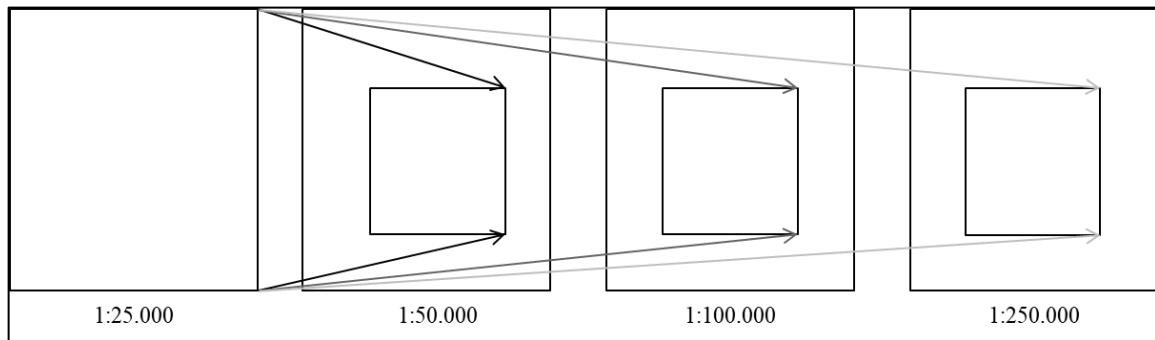
A Figura 4.5 mostra a localização espacial das feições do relevo analisadas a partir das curvas de nível nas escalas do mapeamento sistemático brasileiro. Cada feição analisada está limitada por uma área que corresponde à representação cartográfica na escala 1:25.000. Nas escalas menores, essa área continua sendo delimitada, a fim de localizar a representação cartográfica do relevo da escala 1:25.000 nas representações cartográficas das demais escalas, conforme demonstrado no esquema da Figura 4.6. Os números de cada área identificam o tipo de feição analisada nas diferentes escalas. As feições analisadas se referem aos modelados do relevo e às formas de relevo simbolizadas, descritos no Quadro 2.1 do referencial teórico.

Figura. 4.5 – Modelados e Formas Simbolizadas do Relevo na área de estudo com a localização espacial das feições selecionadas para a análise da representação cartográfica do relevo.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de: IBGE (2019c, 2019a).

Figura. 4.6 – Esquema ilustrativo da representação das curvas de nível nas escalas do mapeamento sistemático.



Fonte: Elaboração própria.

1. Dissecação Homogênea Convexa

A área escolhida para a análise da representação da feição classificada como modelado de dissecação homogênea convexa por IBGE (2019c) está representada na Figura. 4.5 com o número 1.1. A área selecionada corresponde à representação das curvas de nível na escala 1:25.000. As Figuras 4.7 a 4.12 mostram a representação cartográfica do relevo, e do relevo com a hidrografia, nas escalas do mapeamento sistemático brasileiro.

Essa feição está inserida no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Depressão Central Gaúcha e na unidade Depressão do Rio Ibicuí – Rio Negro. O modelado de dissecação homogênea convexa é caracterizado pela dissecação do relevo pela rede hidrográfica e por possuir topo convexo. Na região da Depressão Central Gaúcha esses modelados são caracterizados pela ocorrência das formas regionalmente conhecidas como coxilhas (IBGE, 1986). As coxilhas dessa região são colinas de topos convexos e alongados, dissecadas pela rede de drenagem, formando uma paisagem com um relevo levemente ondulado e com pequena variação de altitude (IBGE, 1986).

A Figura 4.7 mostra a representação cartográfica do relevo das colinas com topos alongados, a partir da equidistância de 10 m das curvas de nível na escala 1:25.000. Nessa escala é possível identificar a ocorrência de topos alongados, assim como a dissecação do relevo provocada pela rede de drenagem, a partir da representação de incisões (sulcos) no relevo. A variação de altitude é de cerca de 60 m. A Figura 4.8 mostra a incidência da rede de drenagem no relevo, na escala 1:25.000, evidenciando a influência da hidrografia na dissecação do relevo. Também

é possível perceber a ondulação do relevo, com topos convexos nessa escala. Na escala 1:50.000 (Figura 4.9), onde a equidistância das curvas de nível é de 20 m, ainda é possível reconhecer a feição com o topo alongado e identificar a dissecação pela rede de drenagem, porém com menor detalhamento do que na escala 1:25.000, principalmente na representação da dissecação do relevo. A Figura 4.10 mostra a representação do relevo pelas curvas de nível na escala 1:50.000 com a rede de drenagem na mesma escala, onde é possível visualizar a perda de detalhes na representação da dissecação do relevo.

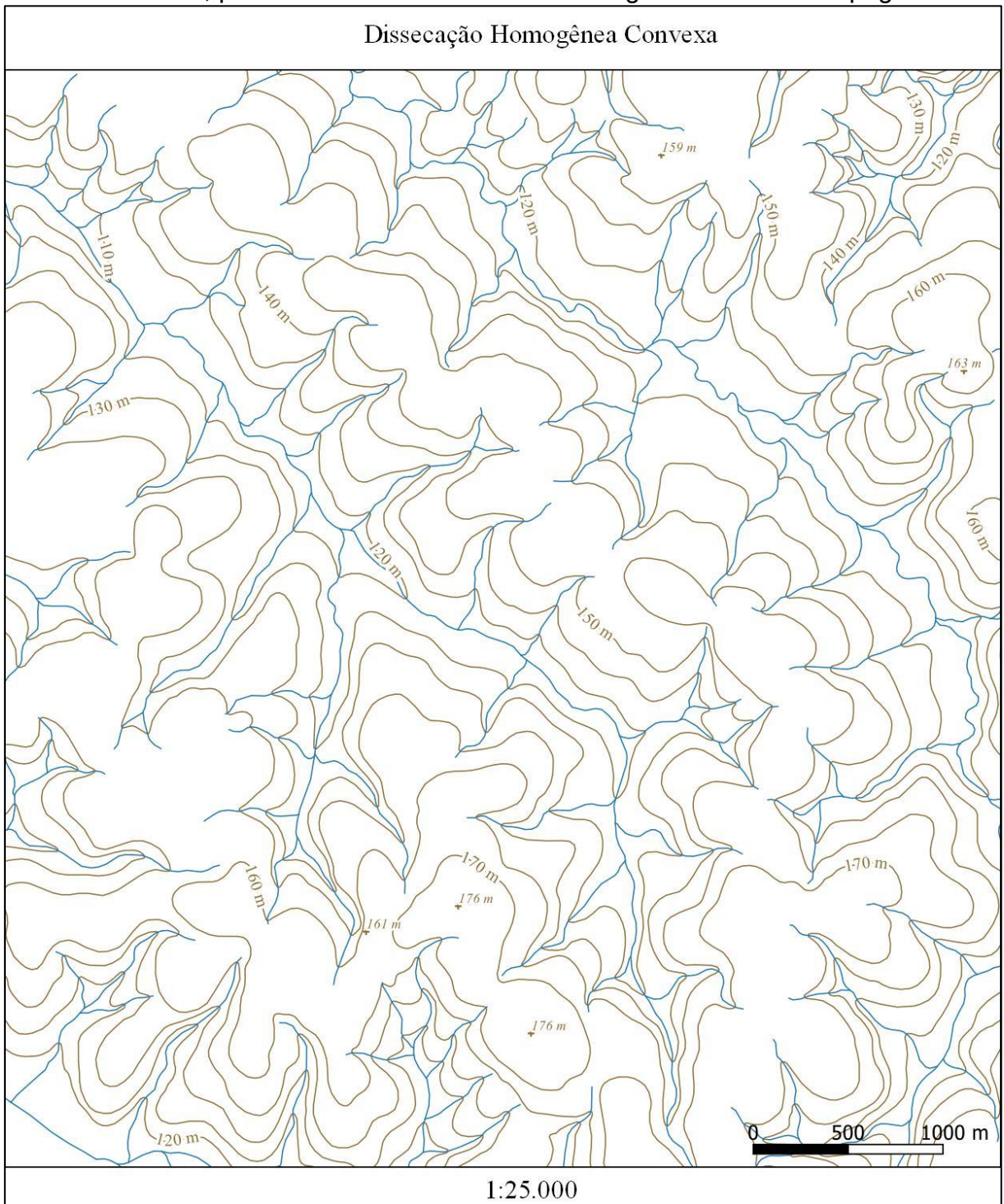
Na escala 1:100.000 (Figura 4.11), com equidistância entre as curvas de nível de 50 m, já não é mais possível reconhecer a forma de colinas alongadas com topos convexos. Nessa escala as curvas de nível são capazes de representar apenas a delimitação dessa feição, porém o detalhe da ondulação do relevo e da dissecação das formas em colinas já não são mais representados pelas curvas de nível. Apenas é possível identificar a dissecação da forma do relevo nessa escala. Na escala 1:250.000 (Figura 4.12), com equidistância de 100 m entre as curvas de nível, essa forma de relevo não é representada pelas curvas de nível.

Figura 4.7 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível das cartas topográficas.



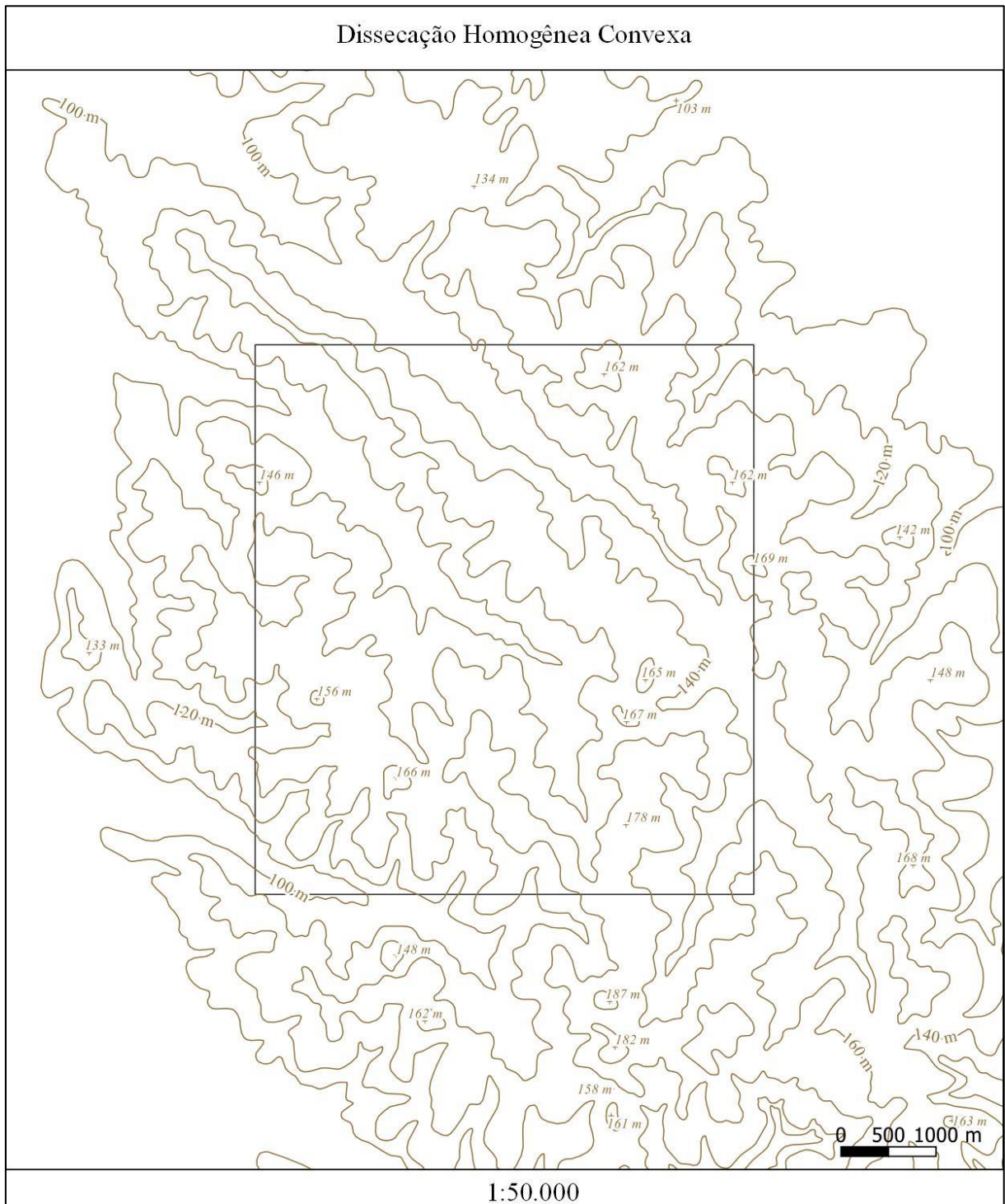
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.8 – Representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:25.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



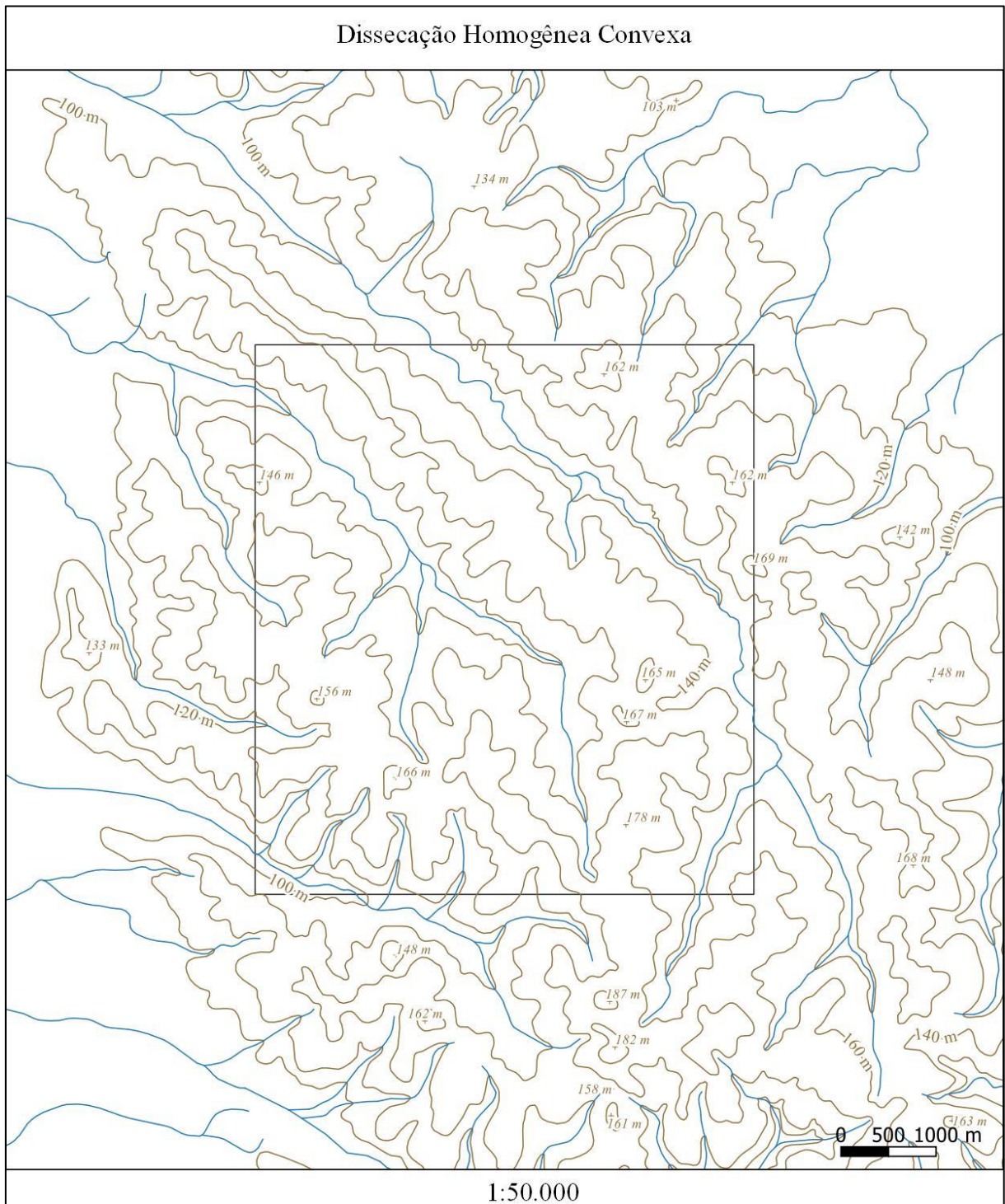
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.9 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



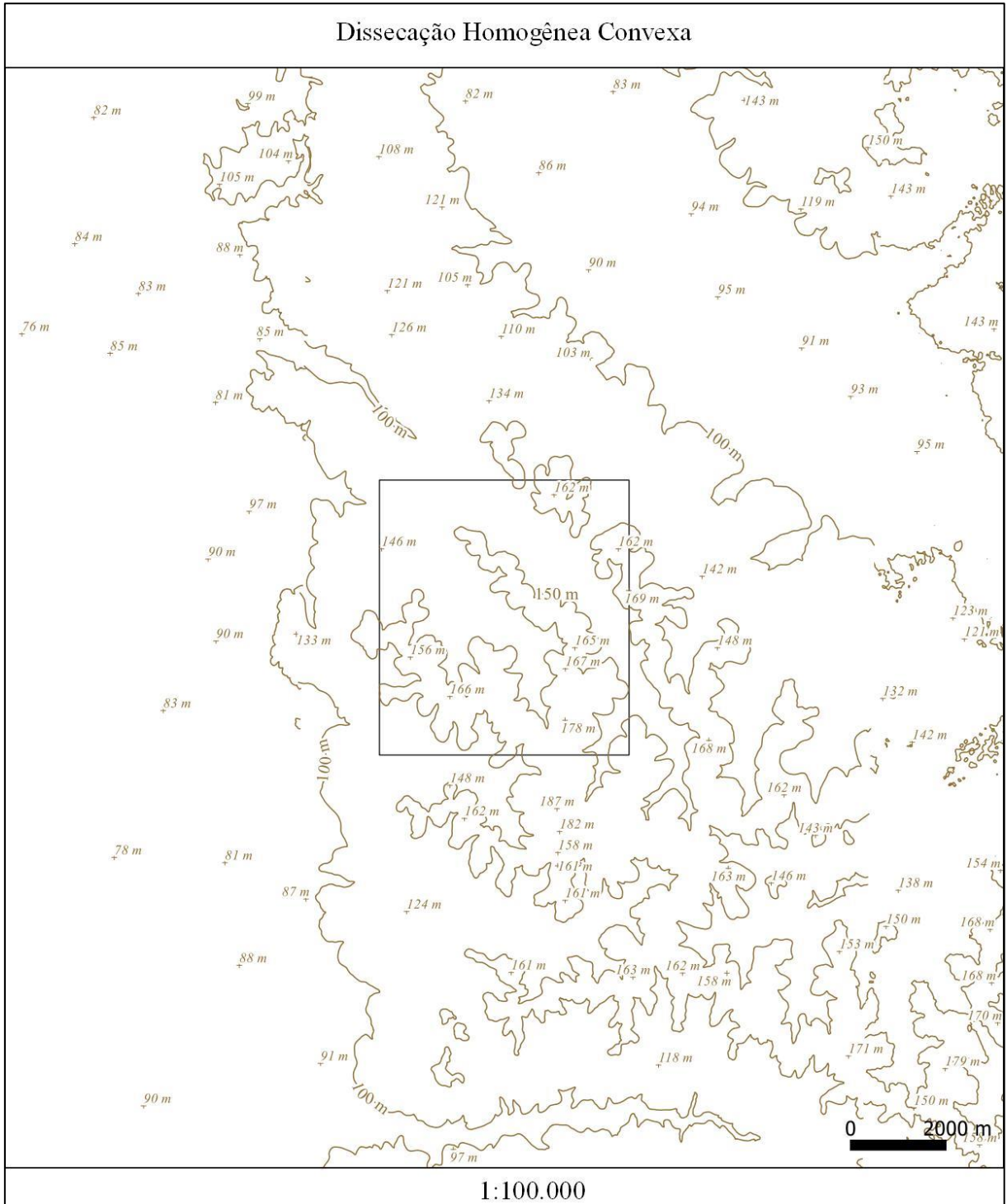
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.10 – Representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



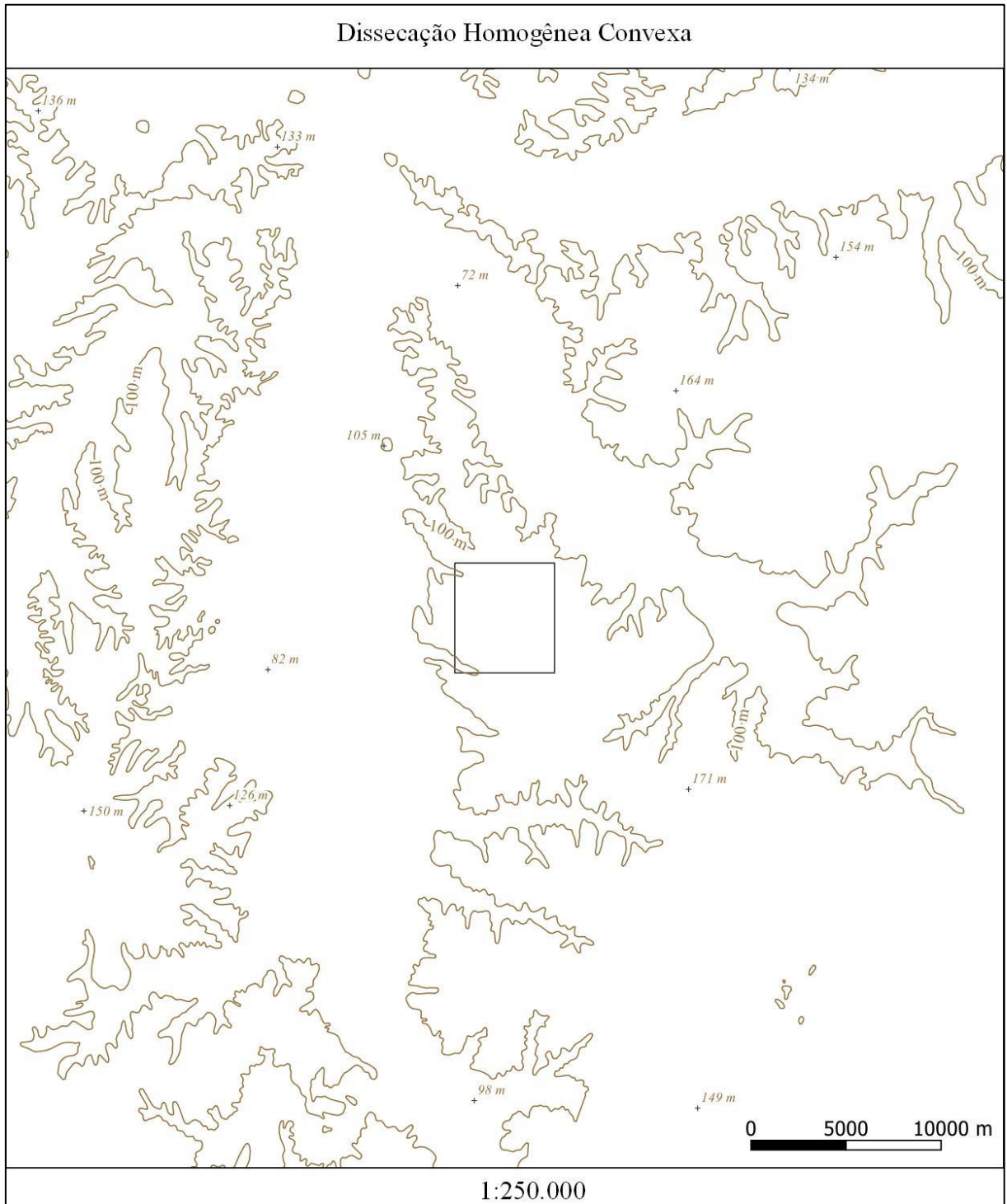
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.11 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível das cartas topográficas obtidas por processo de generalização cartográfica, pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.12 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000: feição geomorfológica modelado de dissecação homogênea convexa. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

2. Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva

A área escolhida para a análise da representação das feições classificadas como Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva por IBGE (2019c) está representada na Figura 4.5 com o número 2.1. As duas feições analisadas estão inseridas no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Planalto da Campanha, unidade geomorfológica Planalto de Uruguaiana. O modelado do relevo Pediplano Degradado Desnudado corresponde a uma superfície de aplanamento e que na área analisada está limitada por uma escarpa erosiva. De acordo com IBGE (2009), modelados do tipo Pediplano Degradado Desnudado podem ocorrer no topo de planaltos, dominados por relevos residuais ou dominando relevos dissecados e limitado por ressaltos ou escarpas erosivas.

A Figura 4.13 mostra a representação cartográfica do relevo com curvas de nível com equidistância de 10 m, na escala 1:25.000. Nessa escala é possível identificar a superfície de aplanamento, devido à representação dos topos da feição, que são representados de forma alongada e com decaimento suave em algumas áreas. Também é possível identificar nessa escala a dissecção e o desnível abrupto provocado pela escarpa erosiva no terreno, a partir da alta declividade, assim como o traçado sinuoso da mesma, como descrito em IBGE (1995). Na Figura 4.14, que apresenta as curvas de nível na escala 1:25.000 com a hidrografia, é possível identificar a dissecção da escarpa erosiva pela rede de drenagem, que ocorre a partir da superfície de aplanamento. A hidrografia é responsável pelo aspecto sinuoso da escarpa, formando as incisões no relevo.

A Figura 4.15 mostra a representação das feições na escala 1:50.000, com curvas de nível com equidistância de 20 m. Nessa escala ainda é possível identificar a superfície de aplanamento no topo do relevo, assim como identificar a extensão da escarpa erosiva e a sinuosidade da mesma. A visualização da dissecção da escarpa erosiva possui um nível de detalhamento inferior ao da escala 1:25.000, mas ainda é possível identificar as incisões no relevo causadas pela hidrografia. Na Figura 4.16, onde as curvas de nível são representadas em conjunto com a hidrografia na escala 1:50.000, é possível identificar essa dissecção. Na escala 1:100.000 (Figura 4.17), onde a equidistância entre as curvas de nível é de 50 m, há uma grande perda de detalhes na representação dessas feições. Nessa escala o

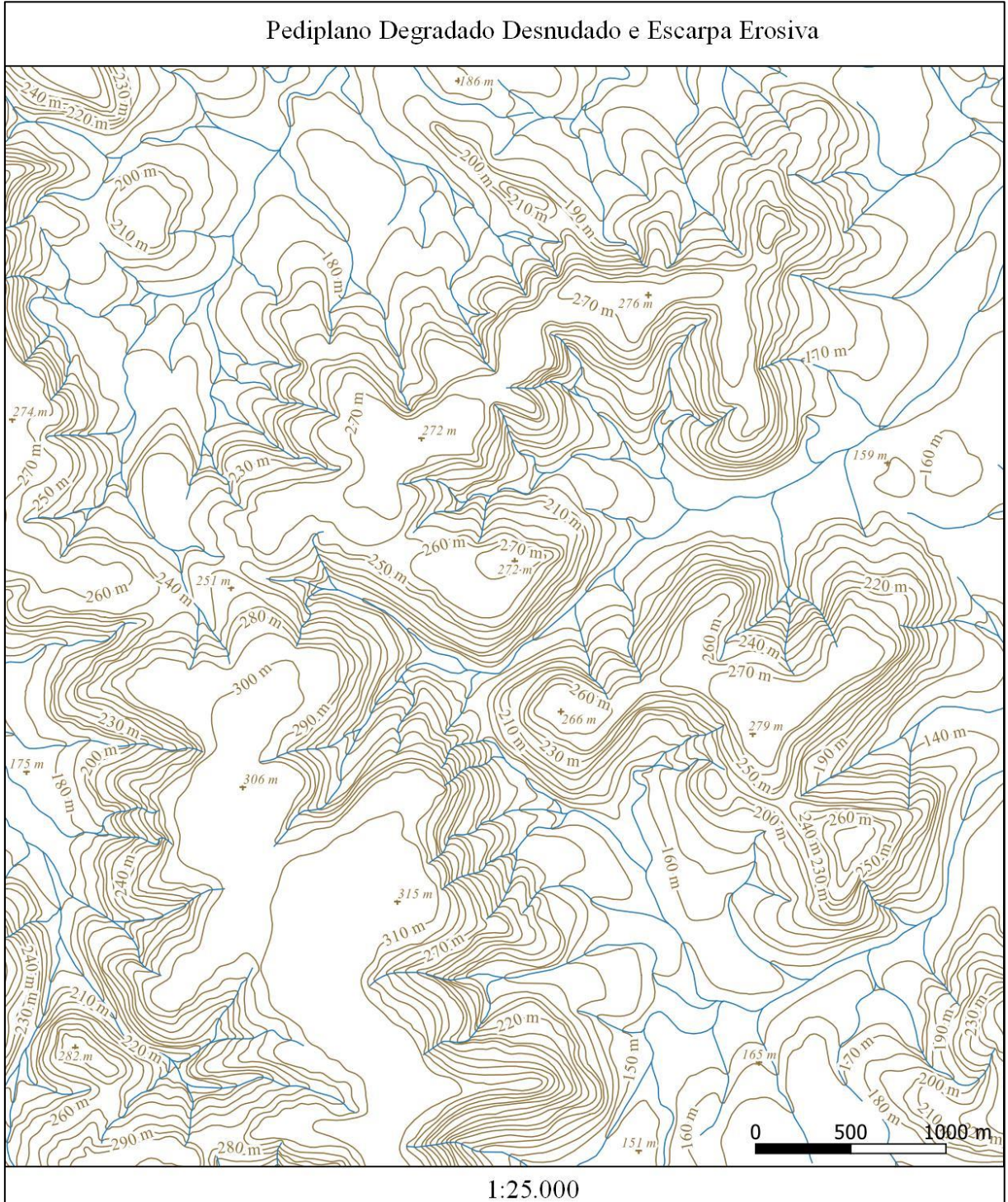
relevo está representado pelas curvas de nível geradas a partir do MDE do SRTM. A superfície de aplanamento ainda é caracterizada nessa escala, mas com menos detalhes em relação à representação de topos, como verificado nas escalas 1:25.000 e 1:50.000. A escarpa erosiva é identificada na escala 1:100.000 pela alta declividade formada pelas curvas de nível a cada 50 m, porém com poucos detalhes em relação à sinuosidade e à dissecação do relevo. Na escala 1:250.000 (Figura 4.18), é possível identificar apenas o topo da superfície de aplanamento, representada pela equidistância das curvas de nível de 100 m. A escarpa erosiva não possui suas características geomorfológicas representadas nessa escala e só é identificada nos locais de alta declividade. Na escala 1:250.000 é possível identificar apenas o contorno sinuoso do topo do relevo, que representa o contorno sinuoso da escarpa erosiva e a relação da dissecação do relevo com a rede de drenagem.

Figura 4.13 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



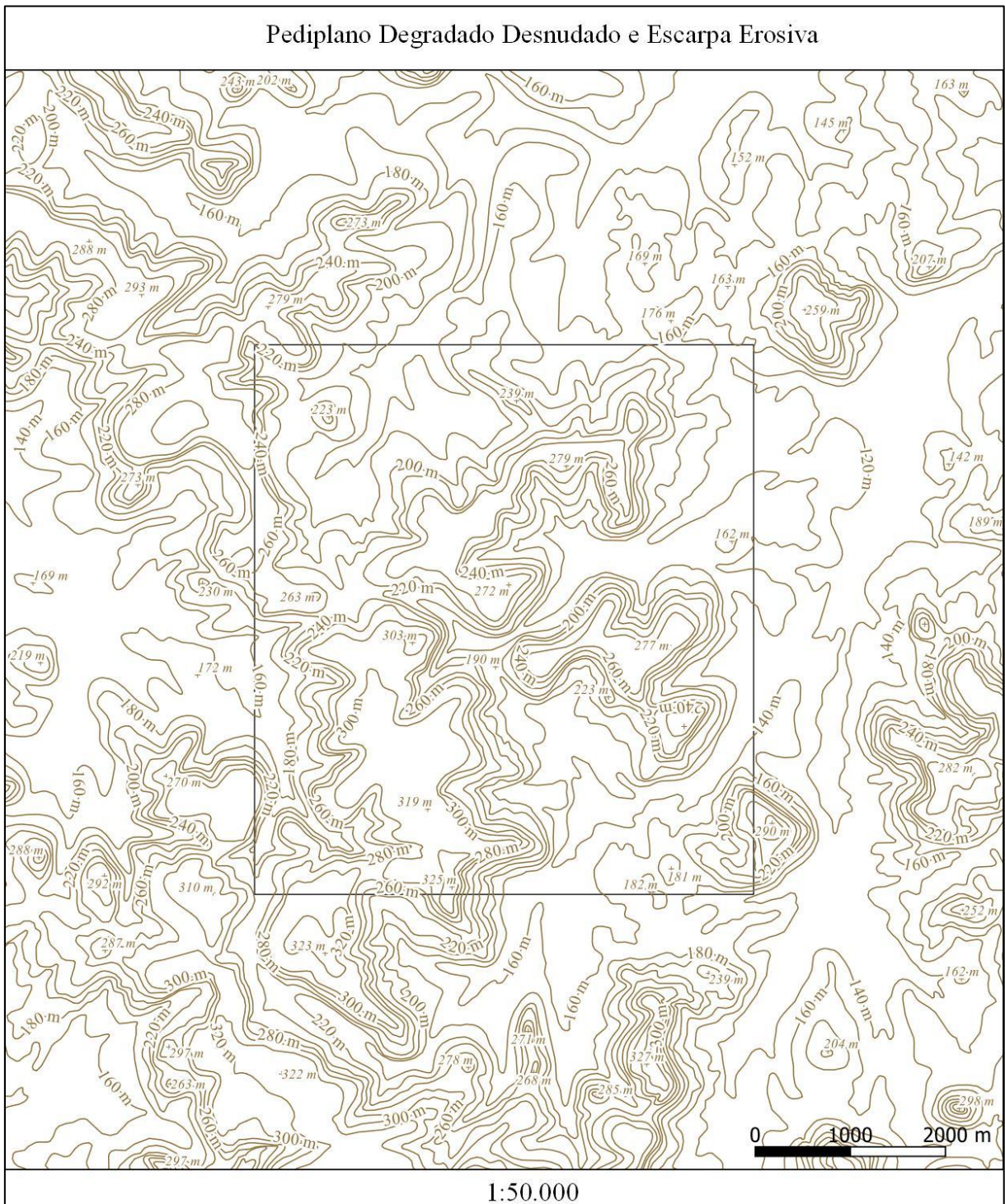
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.14 – Representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:25.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



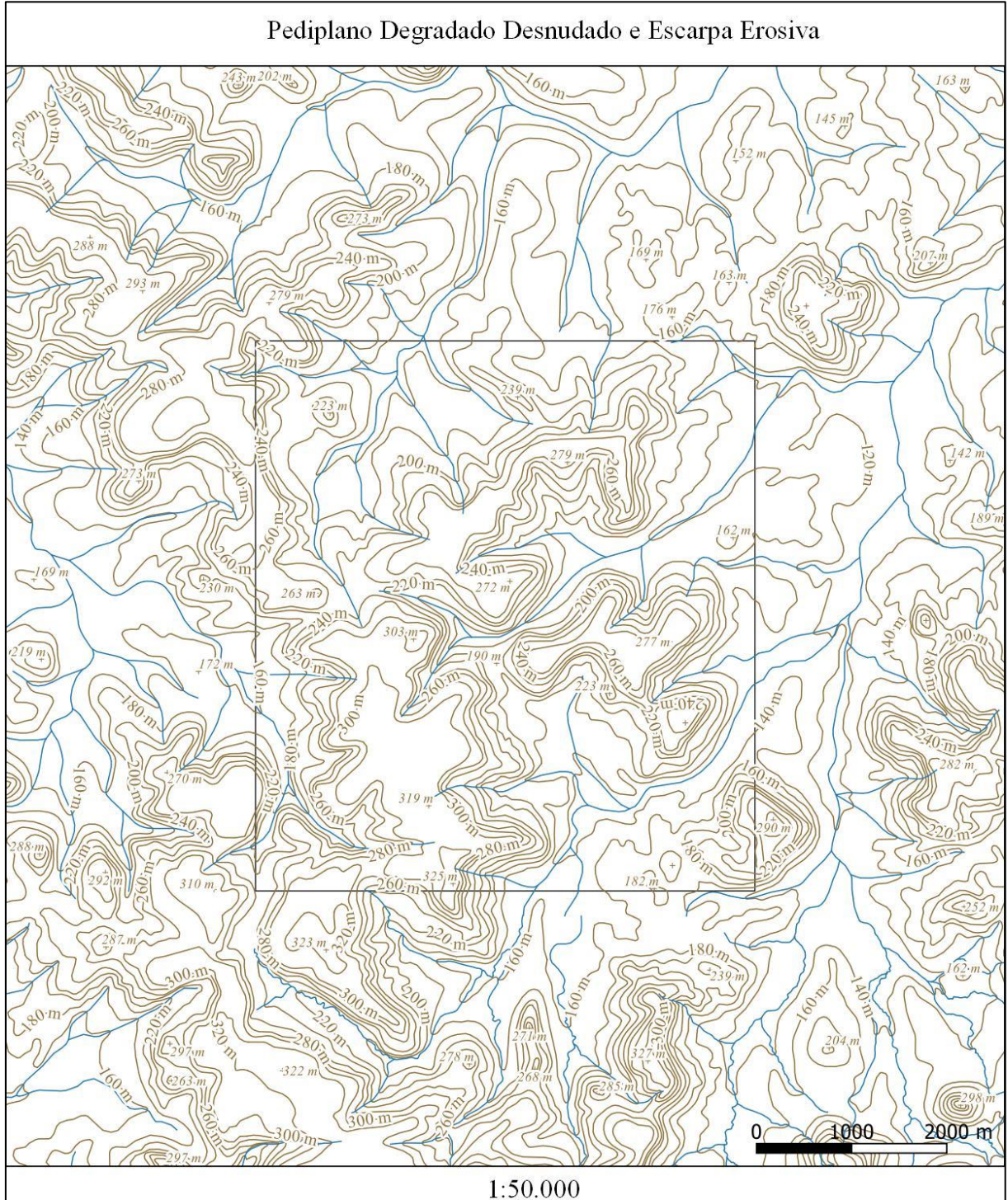
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.15 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.16 – Representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudado e Escarpa Erosiva. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



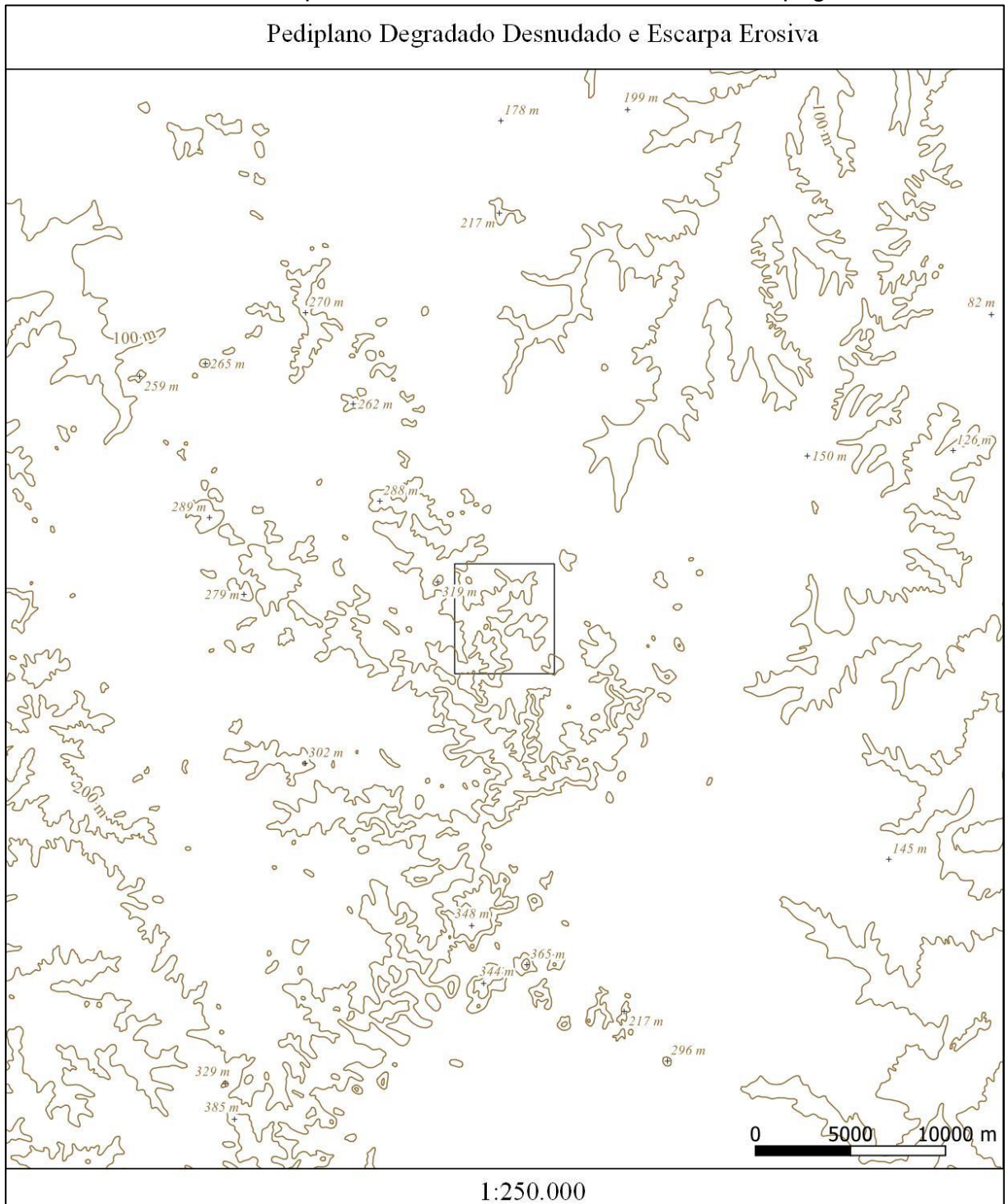
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.17 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudo e Escarpa Erosiva. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.18 – Representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000: feições geomorfológicas modelado Pediplano Degradado Desnudo e Escarpa Erosiva. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

3. Paleodrenagem

A paleodrenagem é uma feição representada por símbolos lineares (5º Táxon) no mapeamento geomorfológico (IBGE, 2019c). Nesse estudo foram selecionadas

três áreas distintas para análise da representação dessa feição. As áreas selecionadas correspondem à numeração 3.1, 3.2 e 3.3 na Figura 4.5. O limite dessas áreas corresponde à representação no relevo na escala 1:25.000. A localização desse limite está presente na representação cartográfica no relevo nas escalas menores do que 1:25.000. As três áreas analisadas correspondem à localização de paleodrenagens inseridas no domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários, região geomorfológica Planície Continental, unidade geomorfológica Planície Alúvio – Coluvionar e nos modelados Terraço Fluvial e Planície Fluvial.

3.1. Área 1. - Paleodrenagem

A Figura 4.19 mostra a área da representação da feição geomorfológica na escala 1:25.000 na imagem de satélite da base de dados do *Google Earth*, com as curvas de nível de 10 m de equidistância. Nessa figura há a indicação de dois canais de paleodrenagem, com formas de meandros abandonados que foram colmatados.

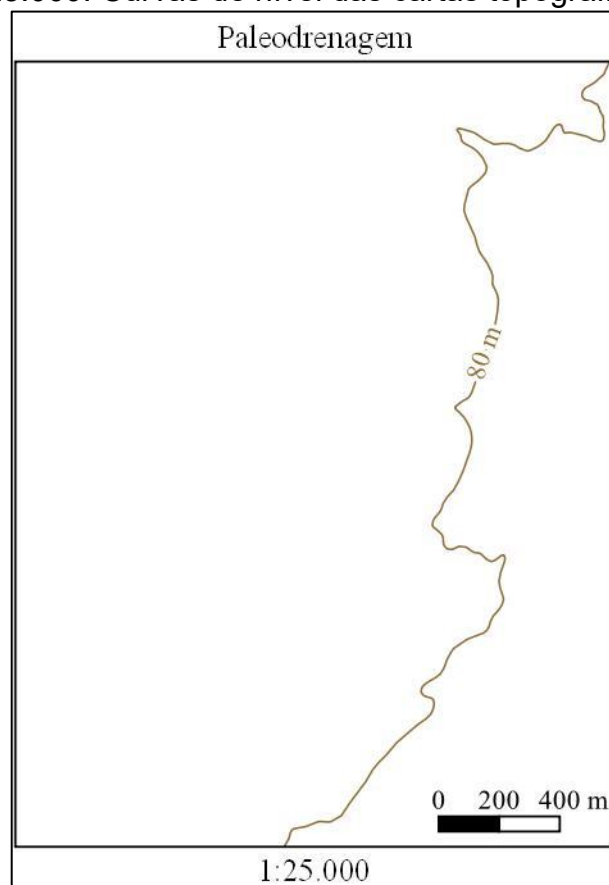
Figura 4.19 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo com valores de cotas altimétricas na escala 1:25.000 sobreposta à Imagem de Satélite fornecida pela base de dados do *Google Earth*.



Fonte: Elaboração própria. Imagem de satélite obtida de: Maps Data: Google, ©2021 CNES / Airbus, Maxar Technologies. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

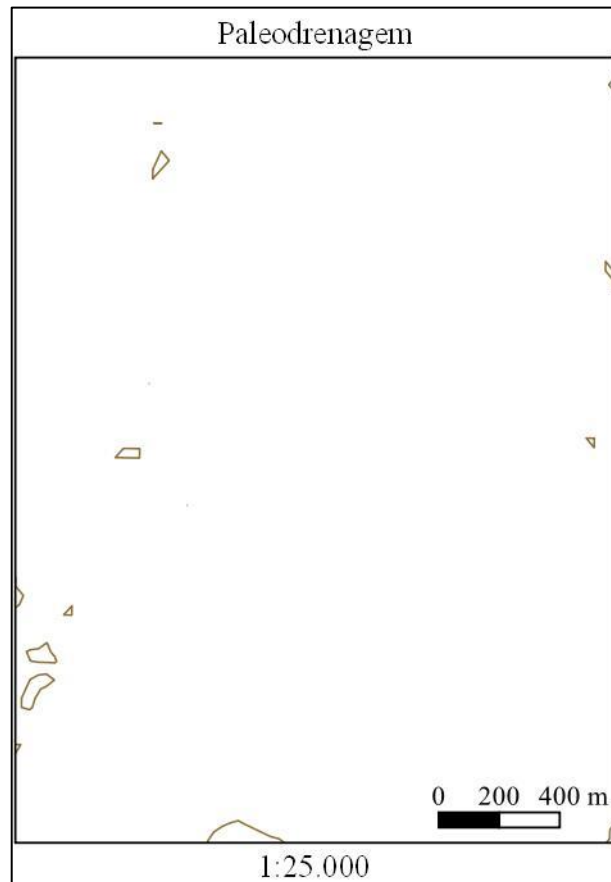
A Figura 4.20 mostra somente a representação do relevo a partir das curvas de nível de 10 m, onde é possível verificar que essa feição não está representada nessa escala. Também foi verificado se as curvas de nível na escala 1:25.000 obtidas do MDE do SRTM representaram essa feição. Na Figura 4.21, onde as curvas de nível geradas pelo MDE do SRTM estão representadas, é possível verificar que para essa área não há representação da feição. As escalas menores que 1:25.000 do mapeamento sistemático não foram verificadas para essa feição, já que na escala 1:25.000 foi verificado que não há a representação cartográfica da feição, que apresenta pouca declividade por estar inserida em uma região de planície.

Figura 4.20 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.21 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

3.2. Área 2. Paleodrenagem

A Figura 4.22 mostra a área da representação da feição geomorfológica na escala 1:25.000 na imagem de satélite fornecida pelo *Google Earth*, com as curvas de nível de 10 m de equidistância. Nessa figura há a indicação de um canal de paleodrenagem também em forma de meandro.

A Figura 4.23 mostra a representação do relevo a partir das curvas de nível a cada 10 m de equidistância, onde é possível verificar que essa feição não está representada nessa escala.

As Figuras 4.24 e 4.25 mostram a imagem de satélite fornecida pela base de dados do *Google Earth* com as curvas de nível na escala 1:25.000 geradas a partir do MDE do SRTM e a representação das curvas de nível geradas a partir do MDE

do SRTM para a escala 1:25.000, respectivamente. As curvas de nível geradas a partir do MDE do SRTM delimitaram a feição de forma estratificada.

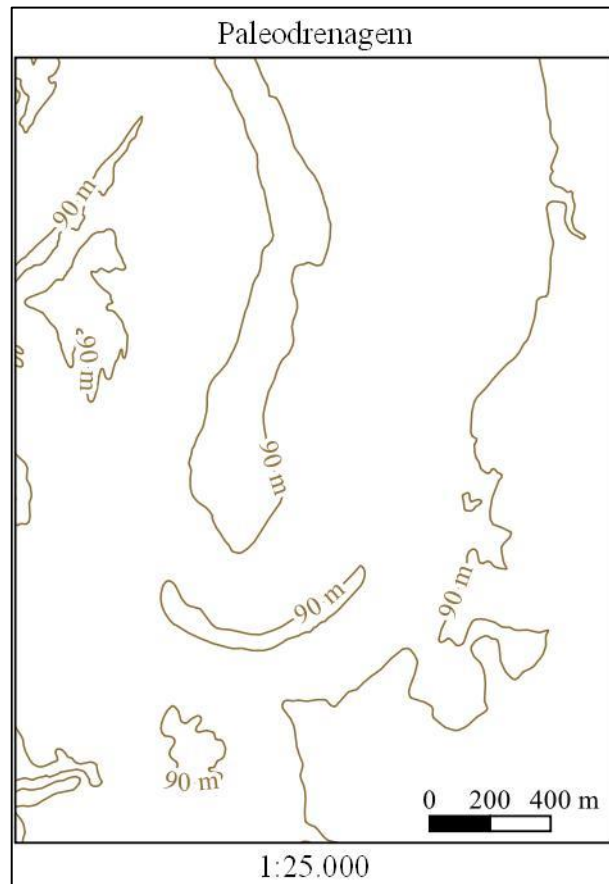
Na Figura 4.26, as curvas de nível geradas a partir do MDE do SRTM estão representadas em conjunto com a hidrografia, na escala 1:25.000. Nessa figura é possível verificar a correspondência da drenagem com a feição. As escalas menores que 1:25.000 do mapeamento sistemático não foram verificadas para essa feição, pois nas escalas menores a paleodrenagem não é representada.

Figura 4.22 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo com valores de cotas altimétricas na escala 1:25.000 sobreposta à imagem de satélite fornecida pela base de dados do *Google Earth*. Curvas de nível das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Imagem de satélite obtida de Maps Data: Google, ©2021 CNES / Airbus, Maxar Technologies. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.23 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível das cartas topográficas.



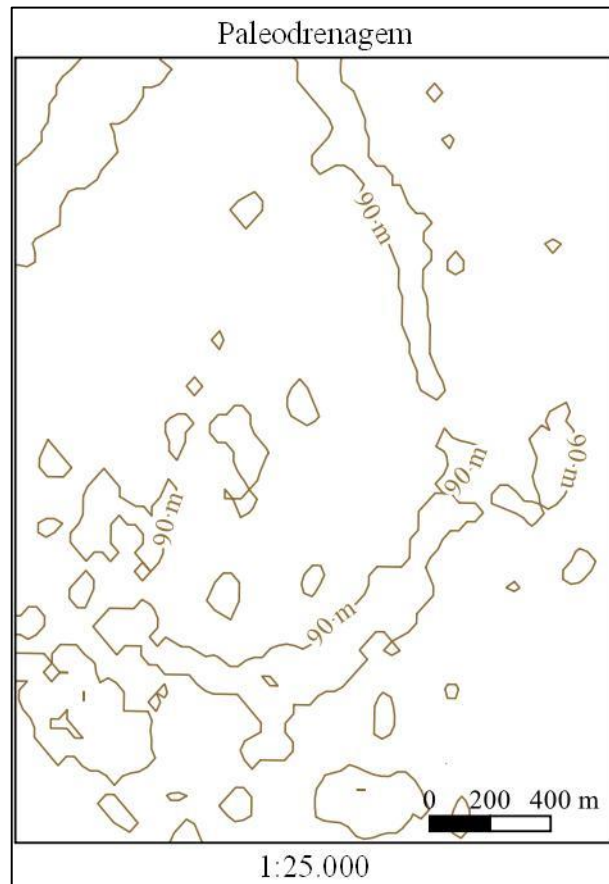
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.24 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo com valores de cotas altimétricas na escala 1:25.000 sobreposta à imagem de satélite fornecida pela base de dados do *Google Earth*. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



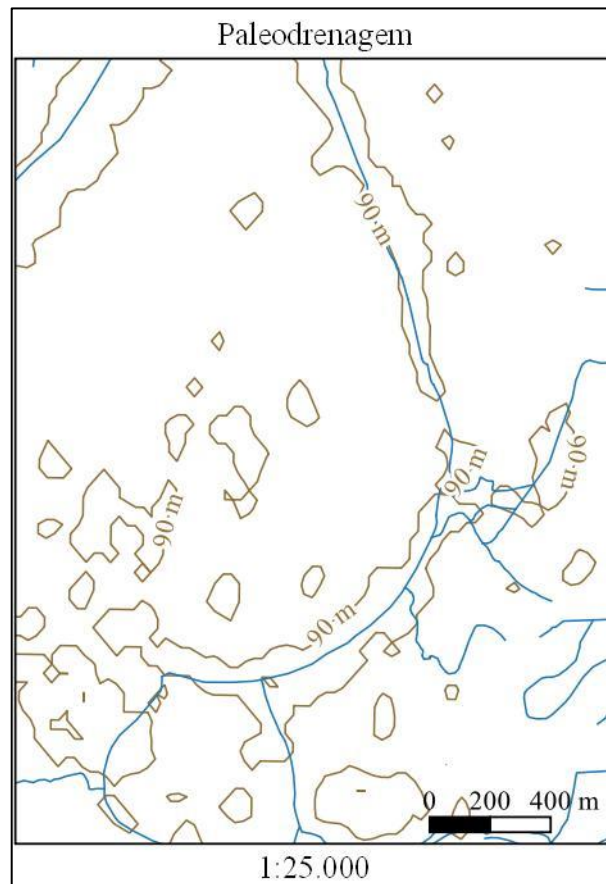
Fonte: Elaboração própria. Imagem de satélite obtida de Maps Data: Google, ©2021 CNES / Airbus, Maxar Technologies. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.25 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.26 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e hidrografia das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Hidrografia obtida de DSG (2021).

3.3. Área 3. Paleodrenagem

A Figura 4.27 mostra a área da representação da feição geomorfológica na escala 1:25.000 na imagem de satélite da base de dados do *Google Earth*, com as curvas de nível com 10 m de equidistância. Nessa figura há a indicação de um canal de paleodrenagem também em forma de meandro.

A Figura 4.28 mostra a representação do relevo a partir das curvas de nível a cada 10 m, onde é possível verificar que as curvas de nível representam o traçado da paleodrenagem, porém não há a individualização da mesma. As curvas de nível seguem o padrão da drenagem na escala 1:25.000, como verificado na Figura 4.29, onde a drenagem também está representada. Para essa feição também foi analisada a representação do relevo das curvas de nível geradas do MDE do SRTM. A Figura 4.30 mostra essa representação, onde as curvas de nível possuem 10 m de

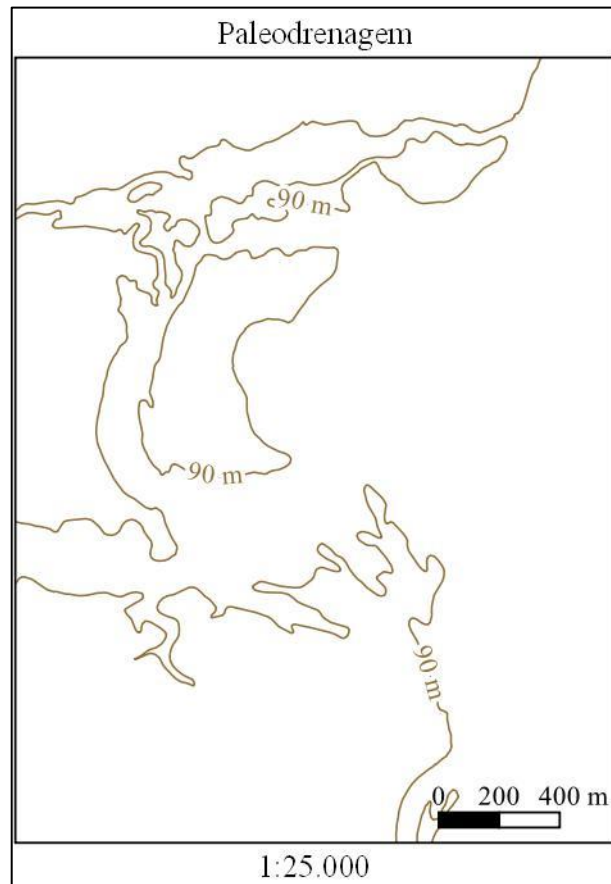
equidistância. Nesse caso, as curvas de nível geradas com o MDE/SRTM não representaram a feição.

Figura 4.27 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo com valores de cotas altimétricas na escala 1:25.000 sobreposta à imagem de satélite fornecida pela base de dados do *Google Earth*.



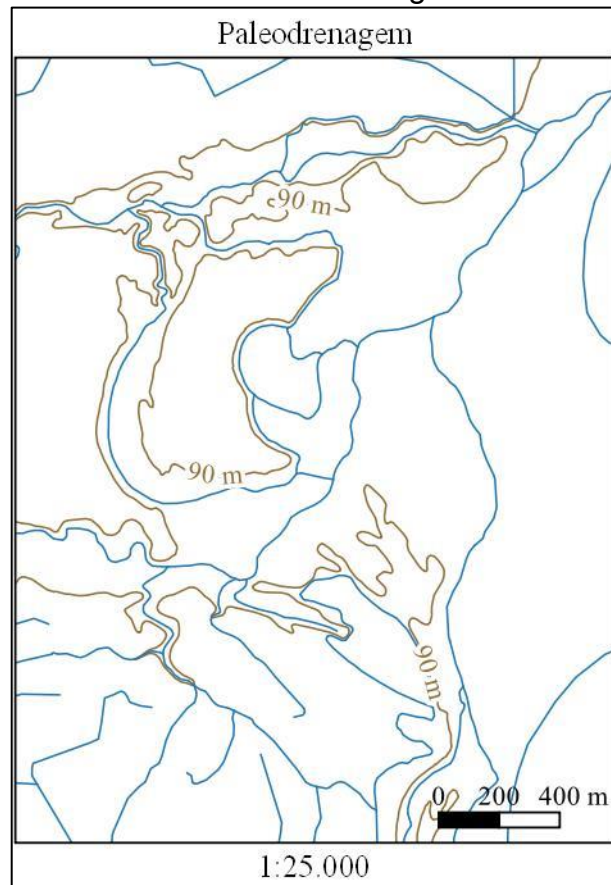
Fonte: Elaboração própria. Imagem de satélite obtida de Maps Data: Google, ©2021 CNES / Airbus, Maxar Technologies. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.28 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível das cartas topográficas.



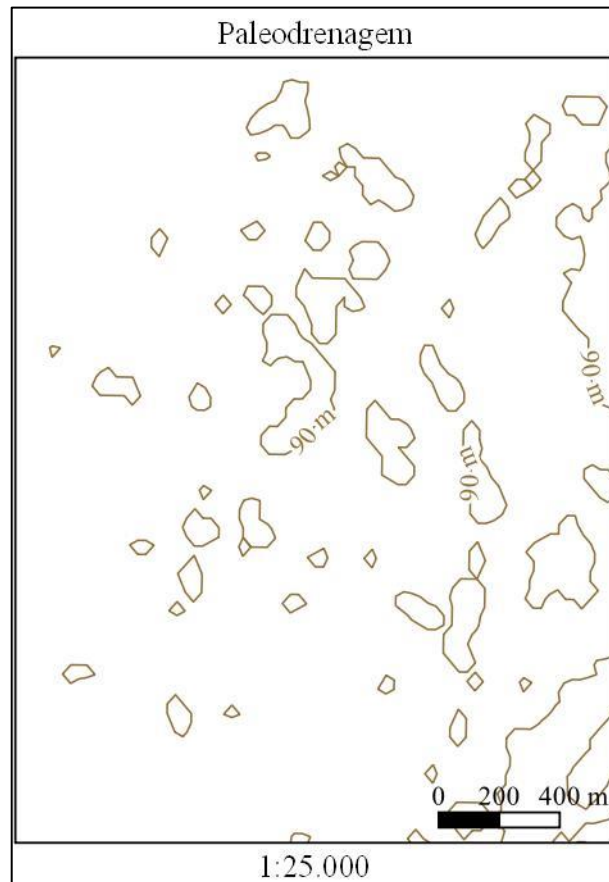
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.29 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:25.000. Curvas de nível e hidrografia das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.30 – Paleodrenagem: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

4. Crista Simétrica

A representação da feição classificada como Crista Simétrica por IBGE (2019c) corresponde à numeração 4.1 na Figura 4.5. O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. A Crista Simétrica é uma forma de relevo simbolizada (5º Táxon) no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c) representada por linhas.

A Crista Simétrica selecionada para a representação cartográfica está localizada no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Planalto da Campanha, na unidade geomorfológica Planalto de Uruguaiana e ocorre no topo do modelado do relevo Pediplano Degradado Desnudado.

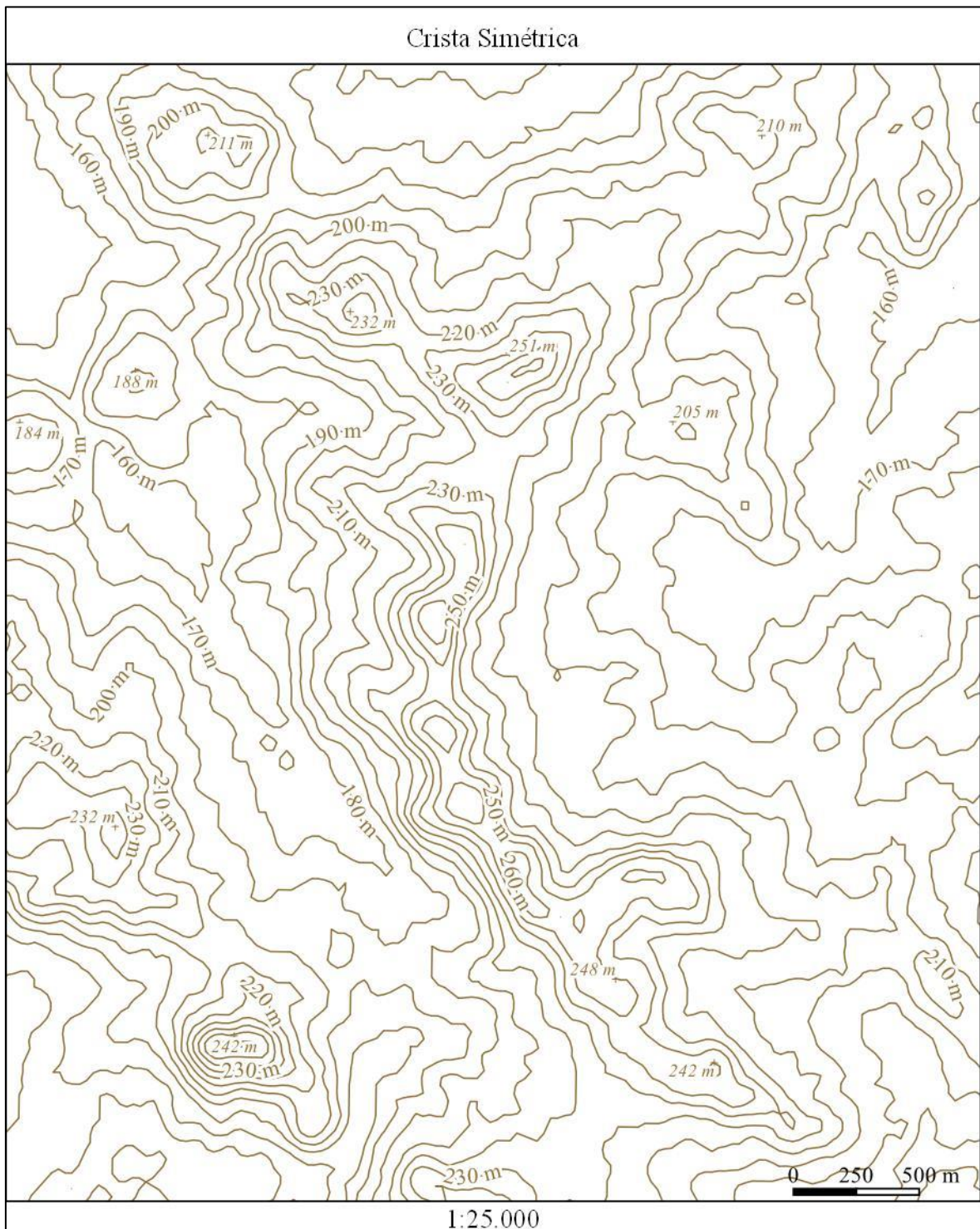
A Figura 4.31 mostra a representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Nessa escala é possível identificar os topos que formam a crista simétrica,

e que caracterizam os topos residuais da feição. Também é possível identificar a alta declividade da encosta e a linha alongada que forma a crista, conforme a descrição da feição em IBGE (2009).

Na escala 1:50.000 (Figura 4.32), com curvas de nível com 20 m de equidistância, ainda é possível reconhecer a feição, mas os topos residuais com cotas altimétricas mais elevadas não estão representados, em comparação com a escala 1:25.000. Porém, é importante ressaltar que as curvas de nível da escala 1:25.000 para essa área foram geradas a partir do MDE do SRTM e que as curvas de nível na escala 1:50.000 foram obtidas do mapeamento topográfico. Na escala 1:50.000 também é possível identificar a alta declividade das encostas, mesmo com perda de detalhamento em relação à escala 1:25.000.

Na Figura 4.33 as curvas de nível estão representadas junto com hidrografia na escala 1:50.000. Nessa escala a hidrografia permite identificar e delimitar a feição e a influência da rede de drenagem na dissecação da encosta. Na escala 1:100.000 (Figura 4.34), com equidistância de 50 m entre as curvas de nível, é possível identificar os topos residuais que formam a crista simétrica. Porém, nessa escala, a perda de detalhes para a caracterização da encosta é bem significativa. Já na escala 1:250.000 (Figura 4.35), onde a equidistância entre as curvas de nível é de 100 m, os topos residuais que formam a crista não são mais representados. Somente é possível verificar nessa escala a delimitação e a localização espacial de uma feição do relevo com cota altimétrica mais elevada do que a região do seu entorno.

Figura 4.31 – Crista Simétrica: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.32 – Crista Simétrica: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



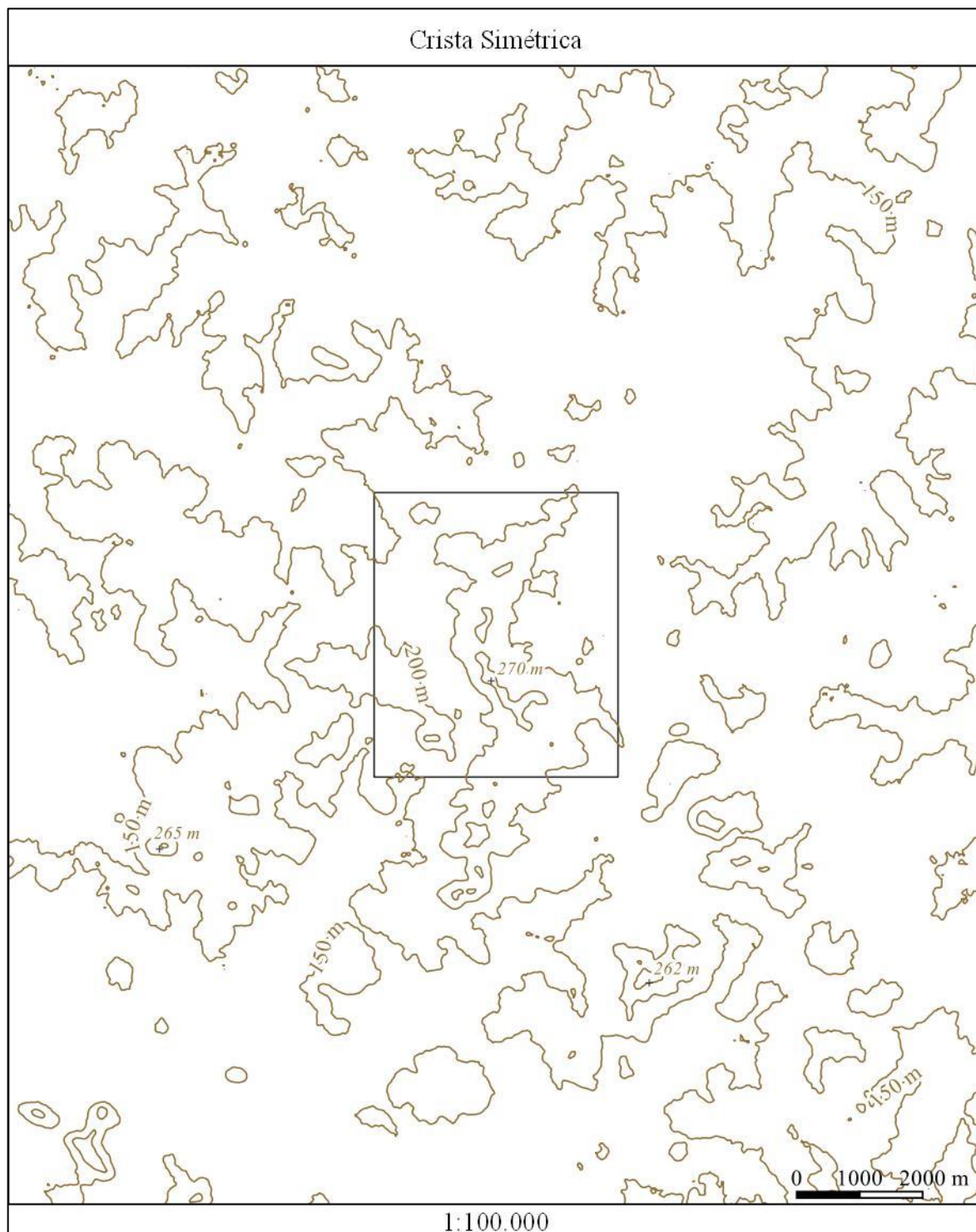
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.33 – Crista Simétrica: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



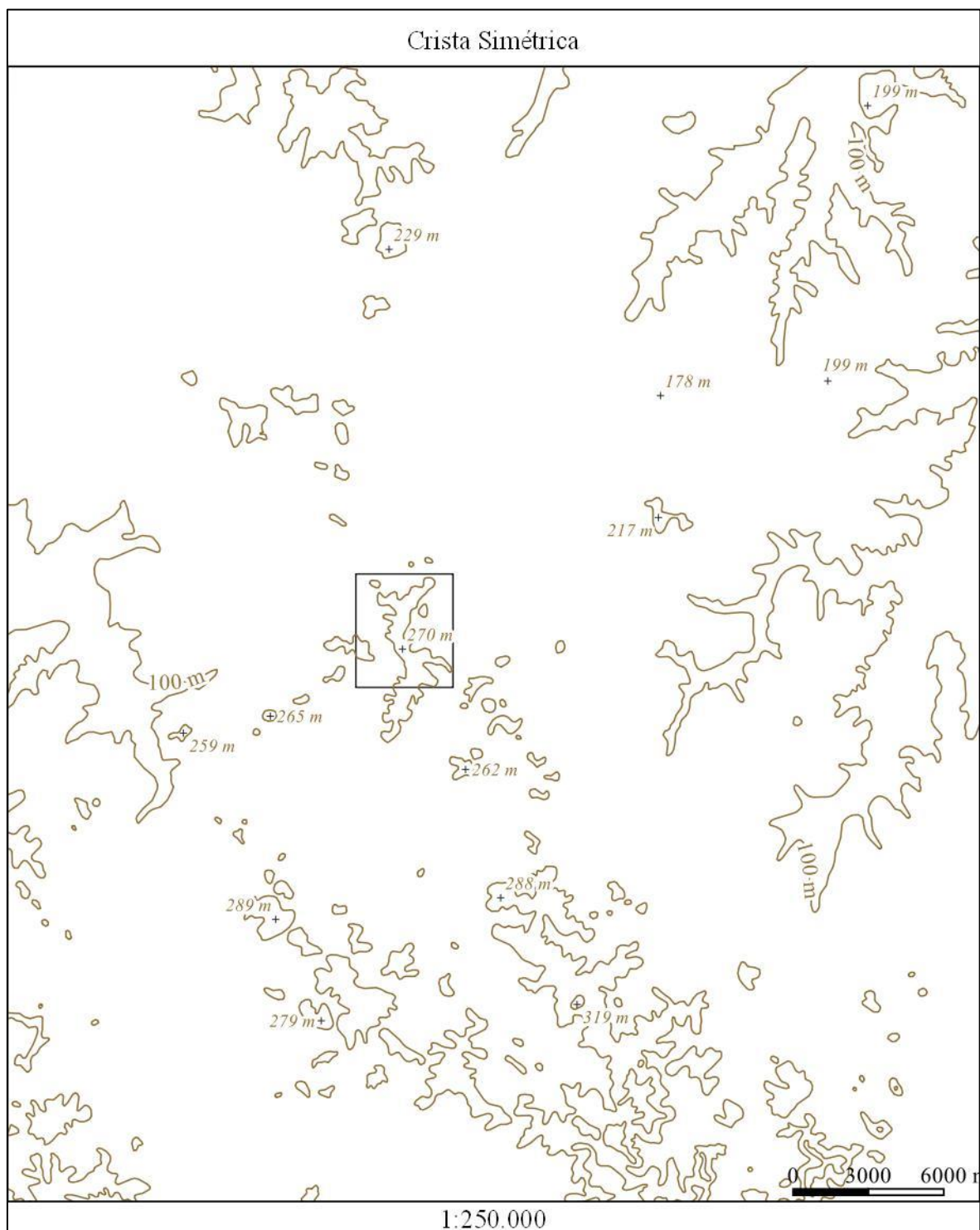
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.34 – Crista Simétrica: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.35 – Crista Simétrica: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

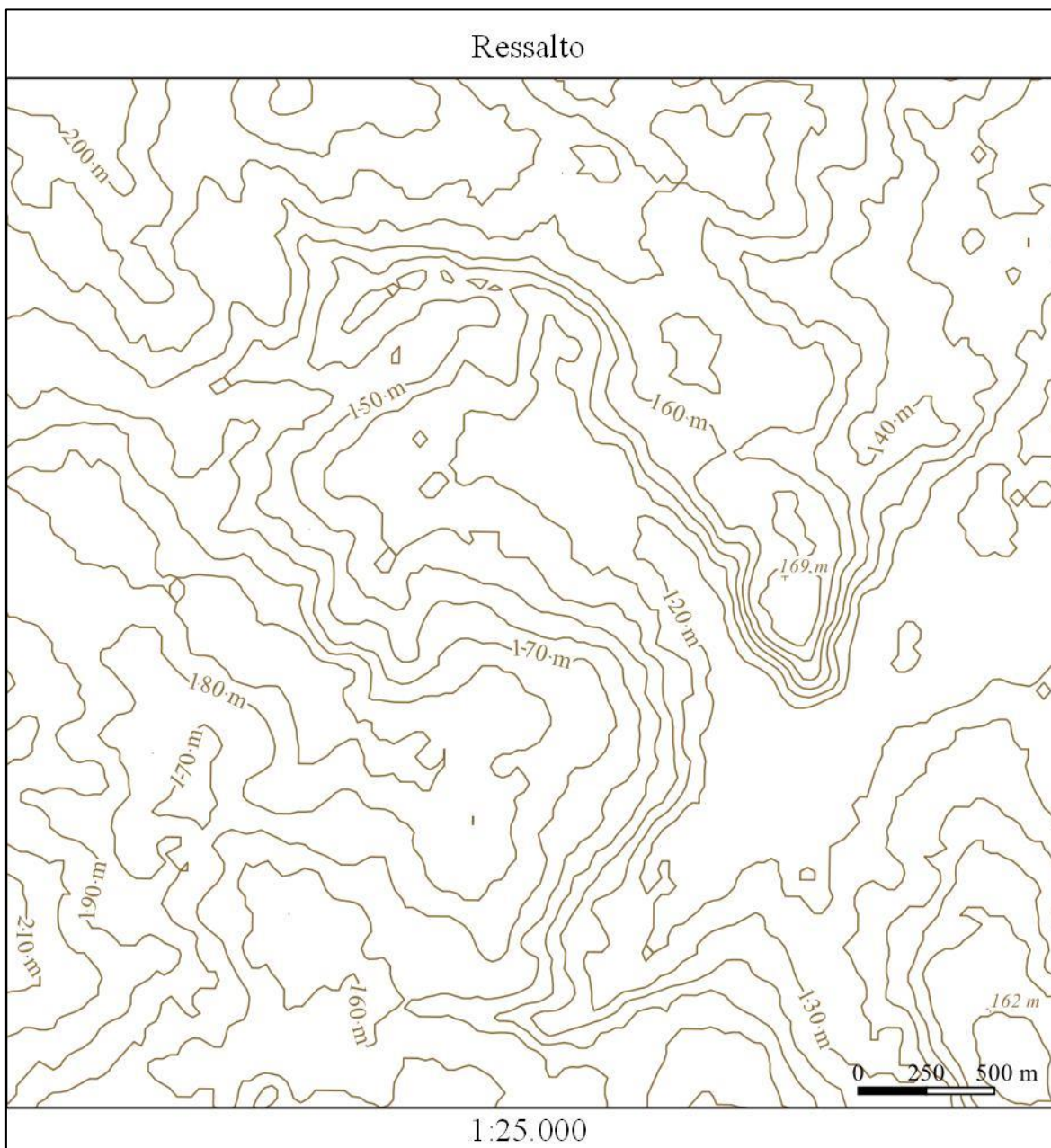
5. Ressalto

A área para a representação da feição classificada como Ressalto por IBGE (2019c) corresponde à numeração 5.1 na Figura 4.5. O Ressalto é uma forma de relevo simbolizada (5º Táxon) no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c). O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. A feição está localizada no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, no limite das regiões geomorfológicas Planalto da Campanha e Depressão Central Gaúcha e no limite das Unidades geomorfológicas Planalto de Uruguiana e Depressão do Rio Ibicuí – Rio Negro. A feição delimita o modelado Pediplano Degradado Desnudado com o modelado de Dissecação Homogênea Convexa.

A Figura 4.36 mostra a feição na escala 1:25.000 com as curvas de nível com equidistância de 10 m. Nessa escala é possível identificar as características geomorfológicas do ressalto topográfico. Conforme IBGE (1995, 2009), o ressalto se caracteriza por possuir desníveis que indicam ruptura de declive e que delimitam diferentes modelados ou diferentes níveis altimétricos. No caso da feição analisada, o ressalto limita dois modelados do relevo, como descrito anteriormente. Na escala 1:25.000 as curvas de nível representam a ruptura de declive e as áreas onde a ruptura é mais suave e onde é mais elevada. Também é possível identificar nessa escala o limite entre os modelados de aplanamento e o modelado de dissecação classificados em IBGE (2019c).

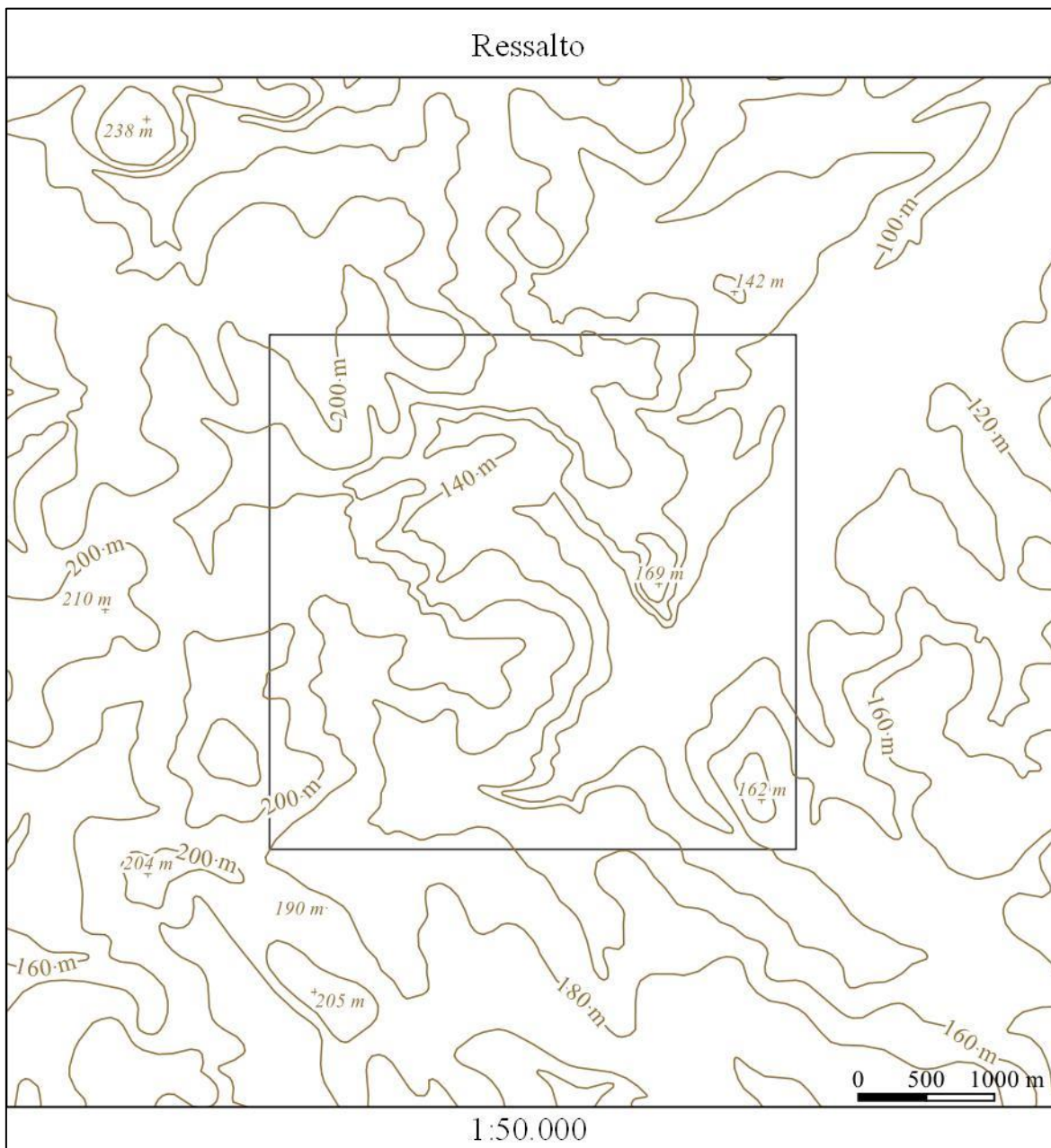
Na escala 1:50.000, onde as curvas de nível são representadas com 20 m de equidistância (Figura 4.37), o ressalto ainda possui as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível, indicando a ruptura de declive no terreno e os locais onde a ruptura é mais suave ou mais abrupta. A hidrografia representada com o relevo na escala 1:50.000 (Figura 4.38) delinea a feição e evidencia a ruptura de declive no terreno. Na escala 1:100.000 (Figura 4.39), as curvas de nível com equidistância de 50 m, geradas do MDE do SRTM não representam as características geomorfológicas do ressalto. Nessa escala somente há a delimitação de regiões mais elevadas do terreno com as regiões com cotas altimétricas mais baixas. Na escala 1:250.000 (Figura 4.40) não há nenhuma representação dessa feição a partir das curvas de nível com equidistância de 100 m.

Figura 4.36 – Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



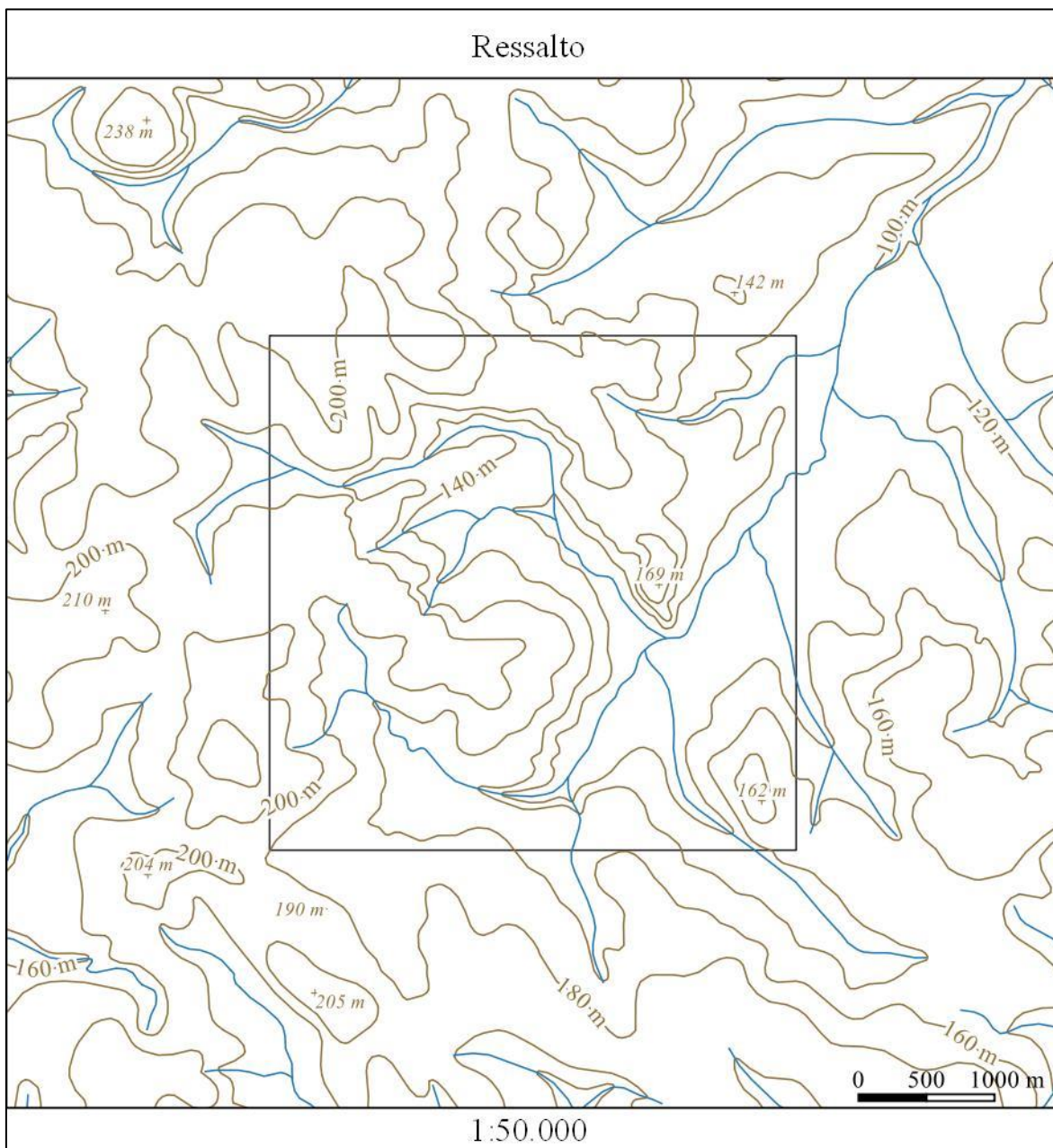
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.37 – Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



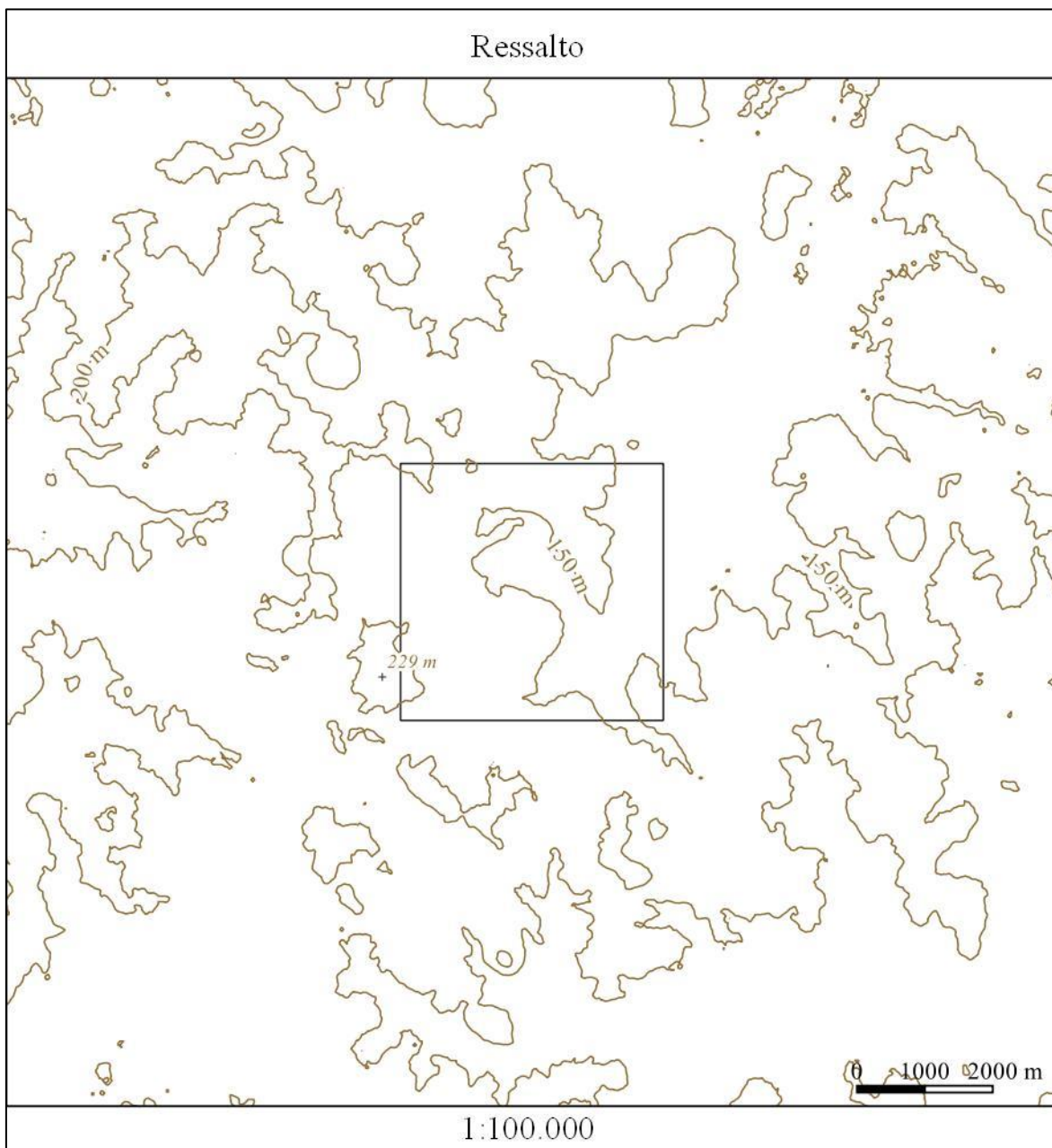
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.38 – Ressalto: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



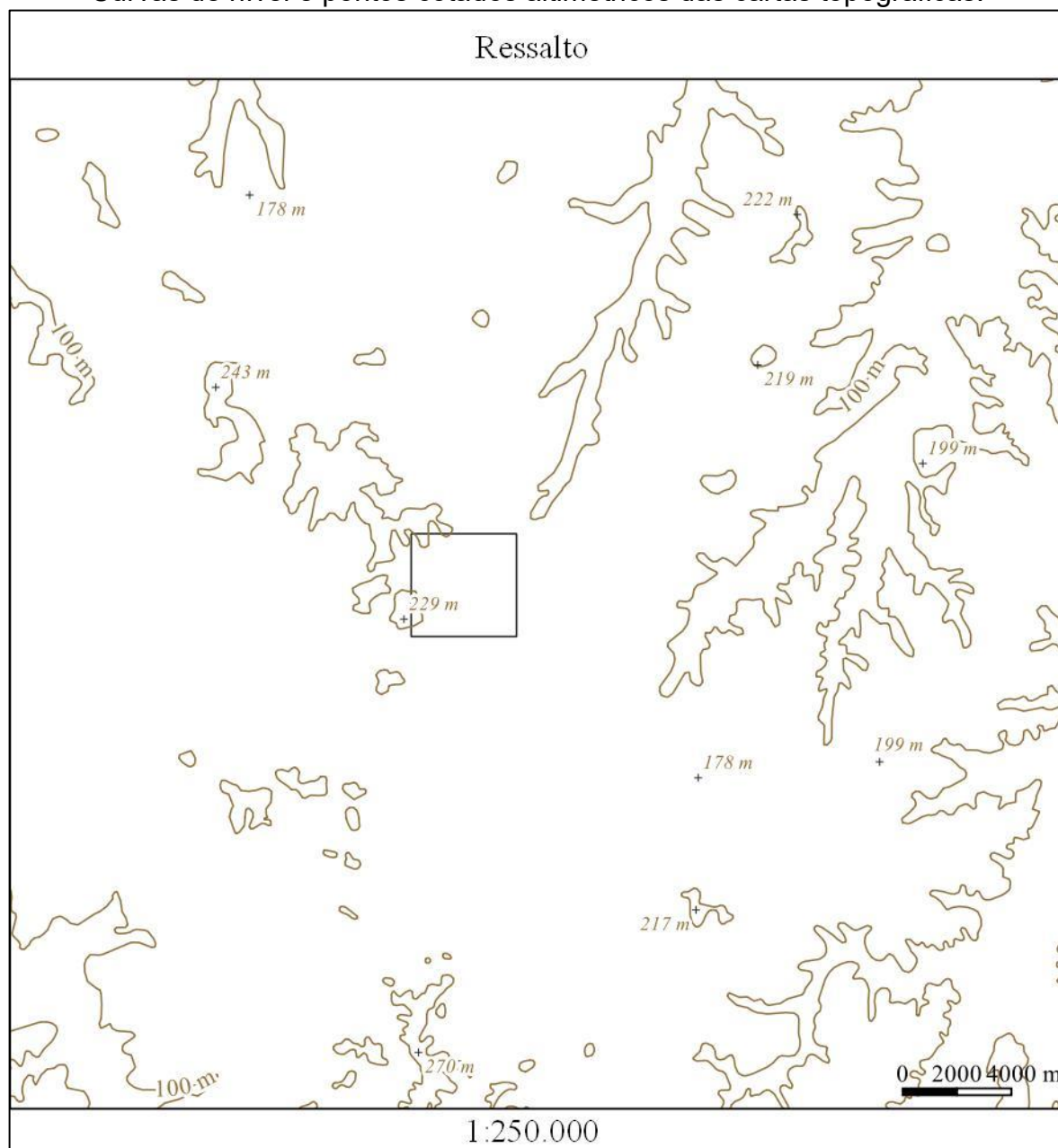
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.39 – Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.40 – Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

6. Dissecação Homogênea Tabular

Foram selecionadas duas áreas para a representação da feição mapeada como modelado de Dissecação Homogênea Tabular por IBGE (2019c). A delimitação das áreas corresponde às numerações 6.1 e 6.2 na Figura 4.5. O limite dessas áreas corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. As duas áreas selecionadas estão inseridas no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares. A Dissecação Homogênea Tabular é classificada como um modelado do relevo (4º Táxon) no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c).

6.1. Área 1: Dissecação Homogênea Tabular, Ressalto e Escarpa Erosiva.

A feição descrita como modelado de Dissecação Homogênea Tabular dessa área corresponde à numeração 6.1 na Figura 4.5 e está localizada na região geomorfológica Planalto das Araucárias, nas unidades geomorfológicas Patamares da Serra Geral e Serra Geral. O limite entre as unidades coincide com o limite dos biomas Pampa e Mata Atlântica, sendo que na representação da área do estudo de caso, uma parte da Unidade Patamares da Serra Geral está inserida no Pampa.

O limite entre as unidades geomorfológicas é representado por ressaltos topográficos no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c). A feição possui limite com as Unidades Depressão do Rio Ibicuí – Rio Negro e com a Planície Alúvio – Coluvionar, representadas pelas feições dos modelados de dissecação homogênea convexa e terraço fluvial, respectivamente. O limite com essas feições é caracterizado por uma escarpa erosiva, de acordo com IBGE (2019c).

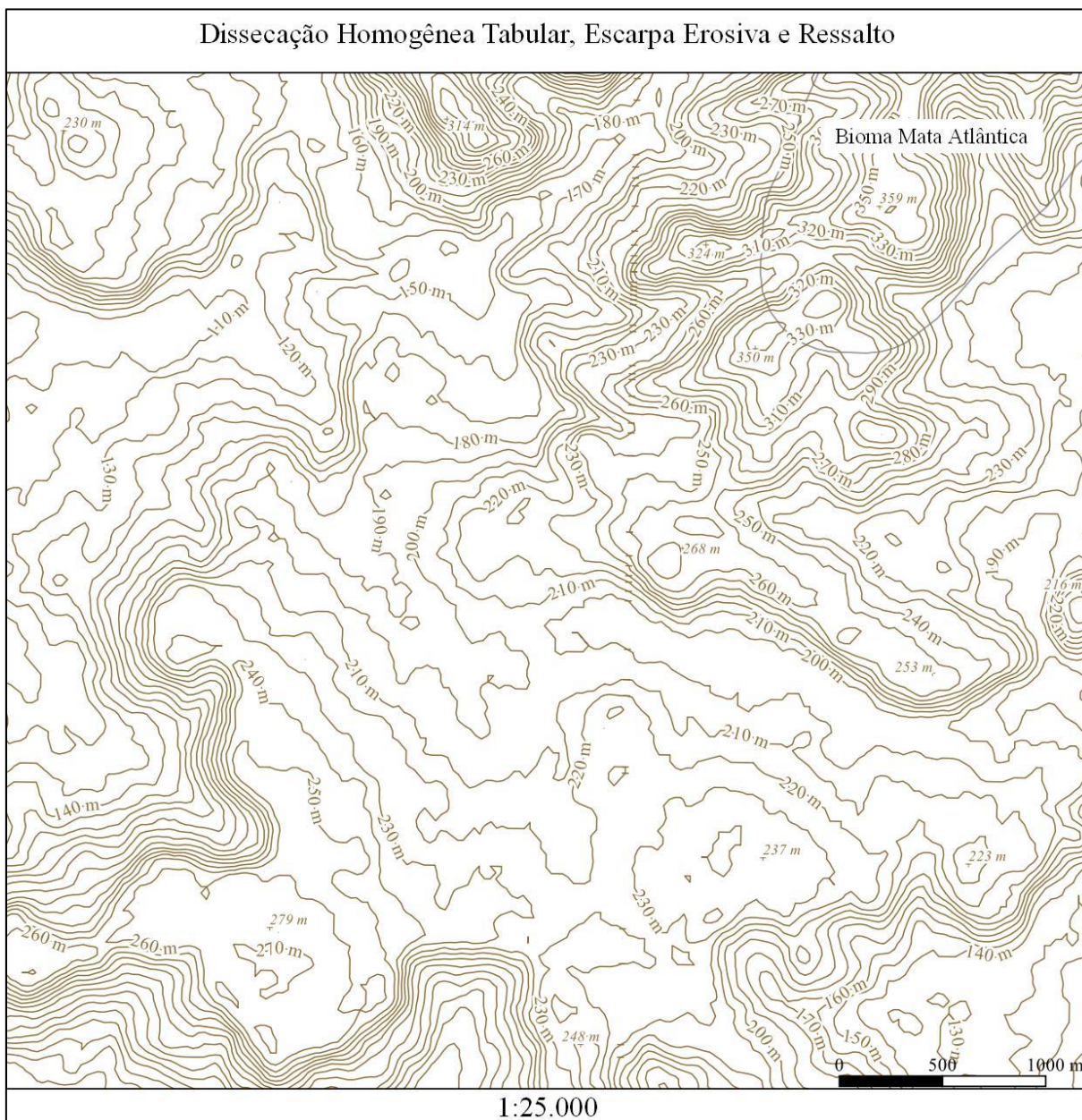
A Figura 4.41 mostra a representação cartográfica do relevo a partir das curvas de nível com 10 m de equidistância, na escala 1:25.000, obtidas do MDE do SRTM. Nessa escala é possível observar os patamares da serra geral, identificados pelas rupturas de declive na área onde se localiza o ressalto topográfico. A parte mais plana do relevo caracteriza o modelado de dissecação tabular, onde estão representados topos planos levemente rampeados, e com a formação de vales rasos. A escarpa erosiva também está representada pelas curvas de nível nessa escala, permitindo delimitar a feição.

Na escala 1:50.000, com curvas de nível com 20 m de equidistância (Figura 4.42), a maior perda de detalhes ocorre na representação do decaimento suave e na formação dos vales no topo do relevo, apesar de essas características ainda serem

representadas pelas curvas de nível nessa escala. O ressalto e a escarpa erosiva também estão representados pelas curvas de nível nessa escala, assim como os patamares formados nessa região. Na Figura 4.43, a representação da hidrografia em conjunto com a representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000 permite identificar a influência da rede de drenagem na dissecação do relevo e na formação de vales.

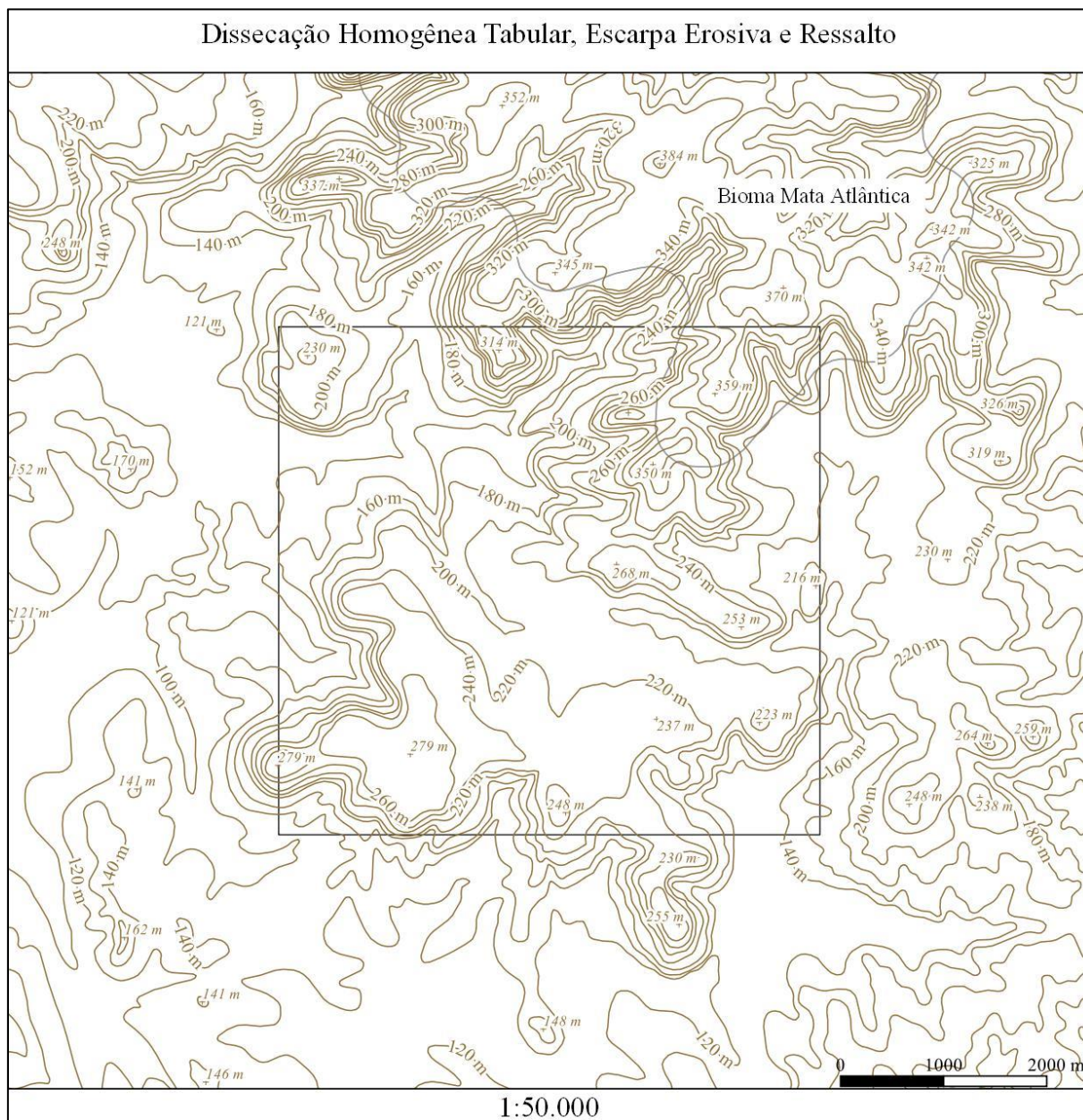
Na escala 1:100.000 (Figura 4.44), com equidistância de 50 m entre as curvas de nível, há significativa perda de detalhamento das características geomorfológicas das três feições analisadas. Nessa escala é possível localizar espacialmente as feições e identificar os patamares do relevo, porém as características geomorfológicas das mesmas estão pouco representadas pelas curvas de nível nessa escala. Os vales e a dissecação do topo do relevo estão representados, com pouco detalhamento nessa escala. Na escala 1:250.000 (Figura 4.45) é possível identificar apenas os limites das feições e da existência de patamar de relevo. As formas dos contornos desses limites também indicam um relevo dissecado, porém, nessa escala, as características geomorfológicas das feições do relevo não são representadas.

Figura 4.41 – Dissecação Homogênea Tabular, Escarpa Erosiva e Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.42 – Dissecação Homogênea Tabular, Escarpa Erosiva e Ressalto: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.43 – Dissecação Homogênea Tabular, Escarpa Erosiva e Ressalto: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

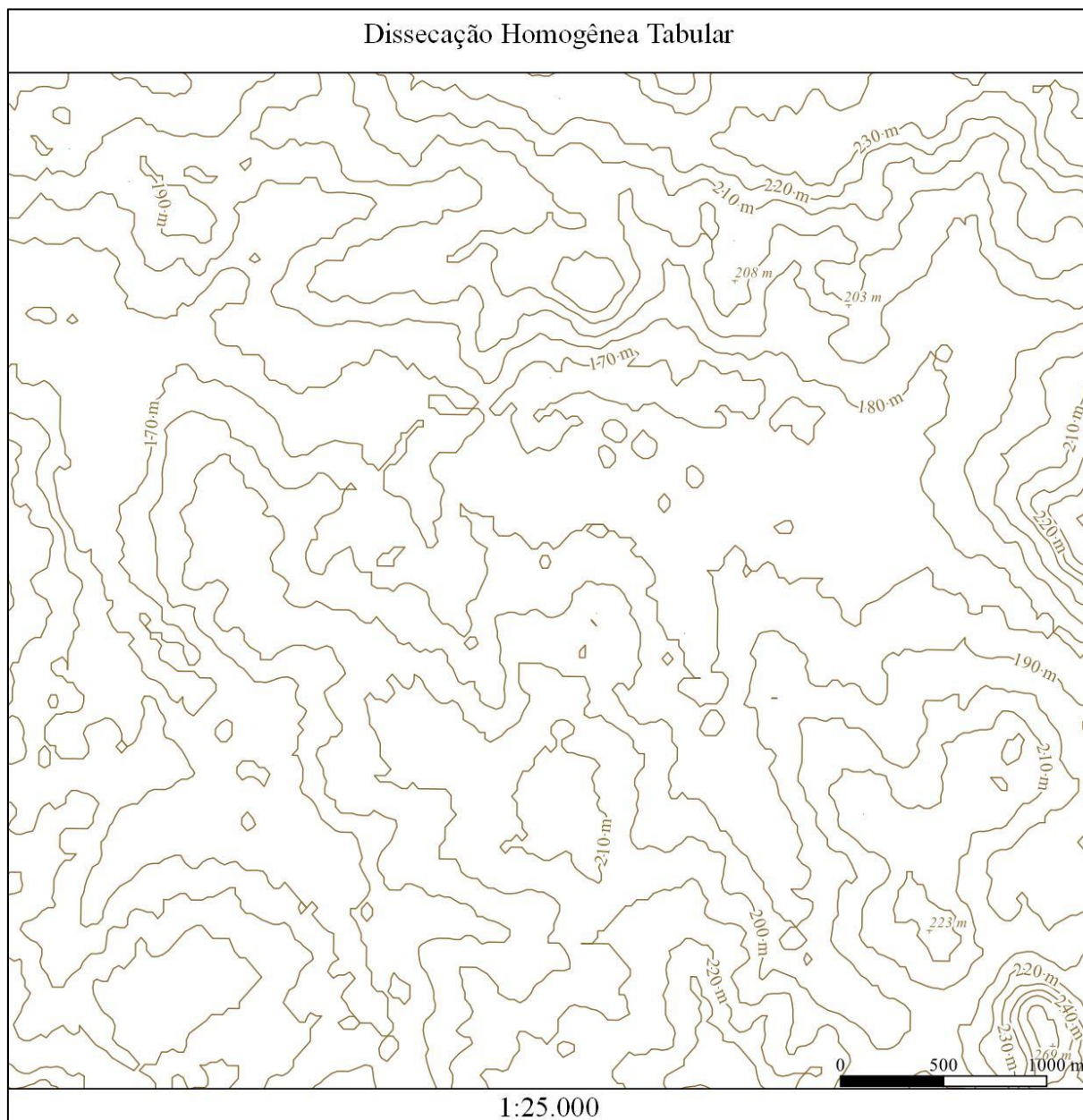
6.2. Área 2: Dissecação Homogênea Tabular

A feição descrita como modelado de Dissecação Homogênea Tabular da área 2 corresponde à numeração 6.2 na Figura 4.5 e está localizada na região geomorfológica Planalto da Campanha, na unidade geomorfológica Planalto de Uruguaiana. A feição representada possui limite com o modelado de aplanamento Pediplano Degradado Desnudado, limitado por escarpa erosiva, de acordo com IBGE (2019c), conforme representado na Figura 4.5.

A Figura 4.46 mostra a representação do relevo na escala 1:25.000, a partir das curvas de nível com 10 m de equidistância extraídas do MDE do SRTM. Nessa escala as curvas de nível caracterizam o topo do relevo, sendo possível identificar os topos tabulares, com decaimento suave do relevo. Também a dissecação do relevo está representada nessa escala. Na escala 1:50.000 (Figura 4.47), apesar de haver perda de detalhamento na representação da feição, os topos planos, o decaimento suave do relevo e a dissecação com a formação de vales rasos ainda são representados nessa escala. A Figura 4.48 mostra a representação do relevo junto com a hidrografia, ambas na escala 1:50.000, onde é possível identificar a dissecação do relevo a partir do topo e os vales rasos.

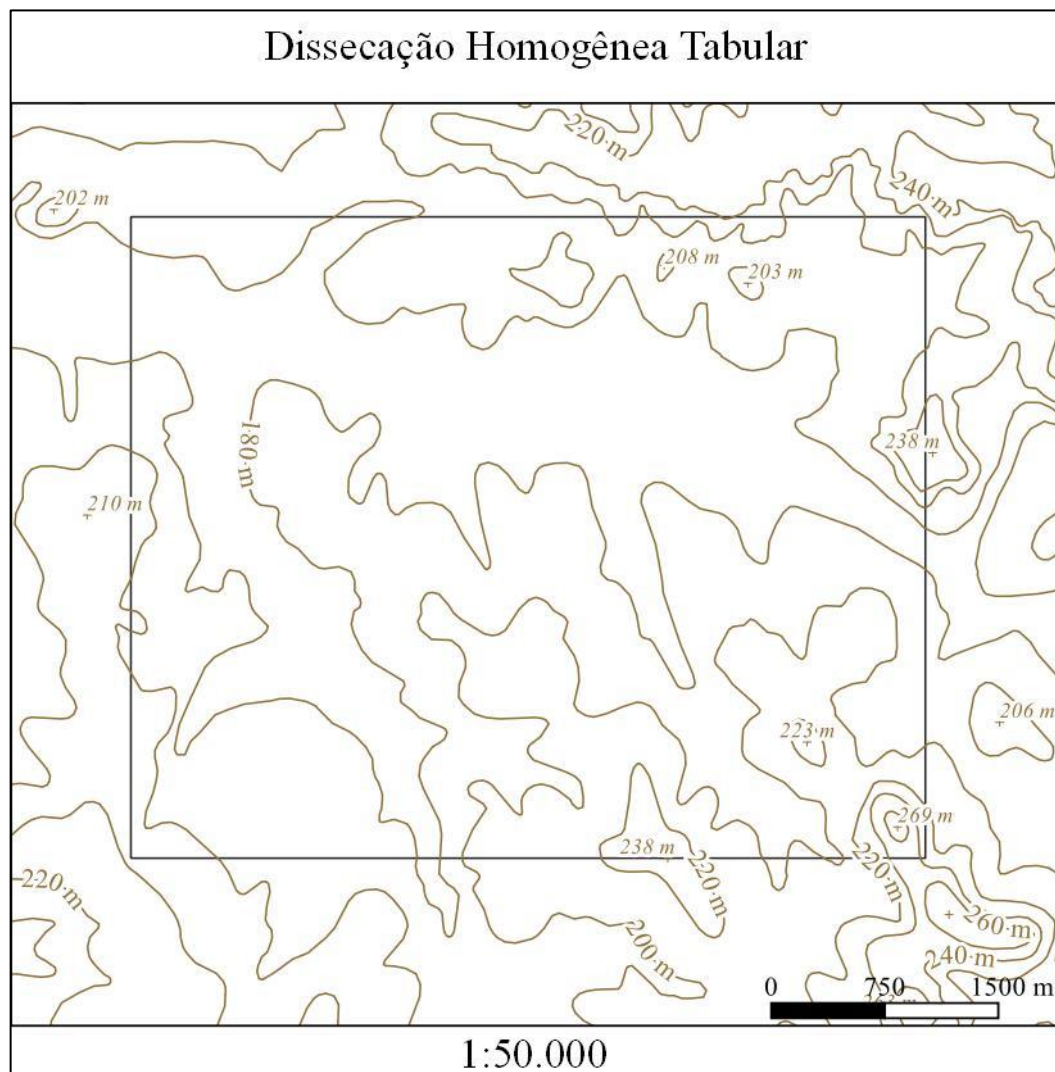
Nas escalas 1:100.000 (Figura 4.49) e 1:250.000 (Figura 4.50), as curvas de nível com equidistância de 50 m e de 100 m, respectivamente, só representam o contorno da feição. Nessas escalas as características geomorfológicas da feição não são representadas pelas curvas de nível.

Figura 4.46 – Dissecação Homogênea Tabular: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



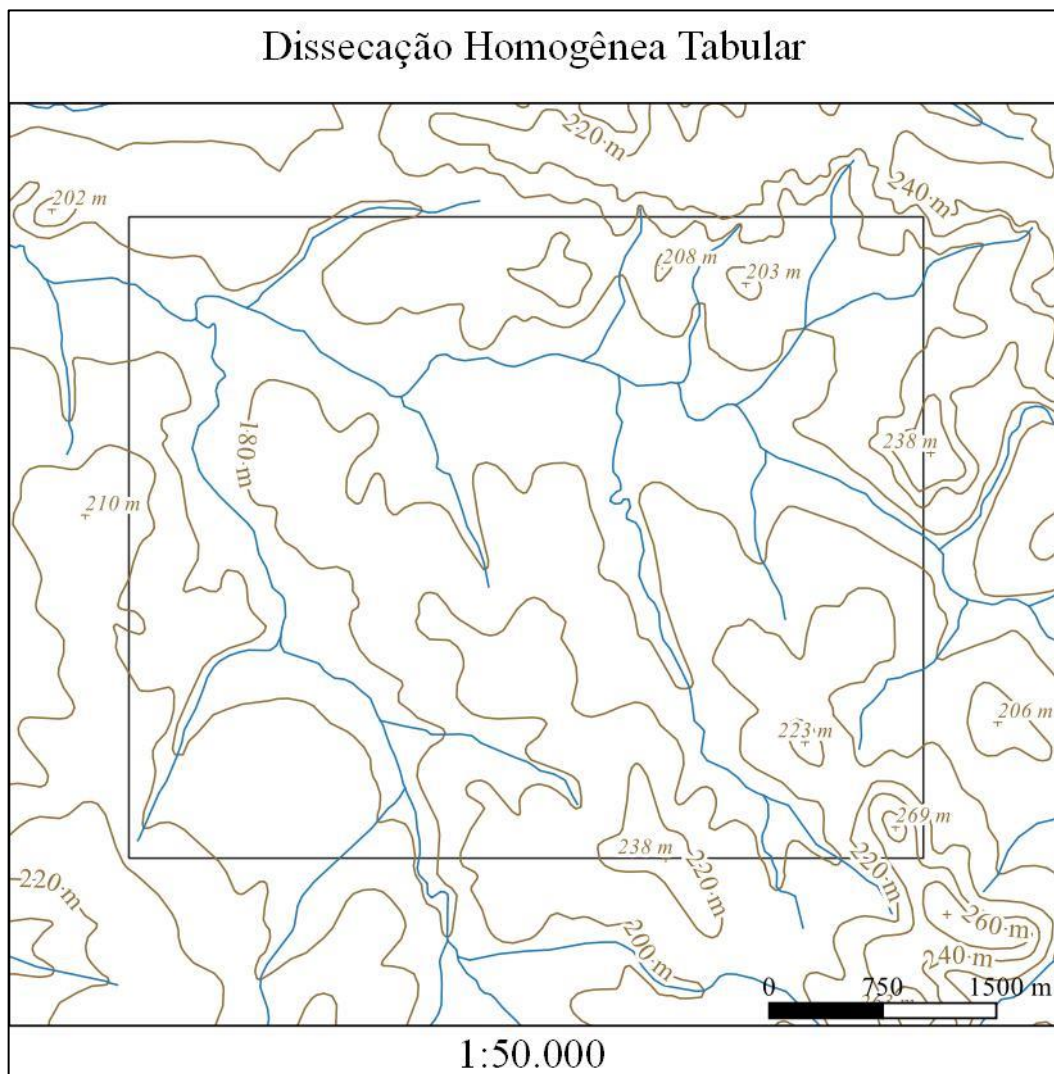
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.47 – Dissecação Homogênea Tabular: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



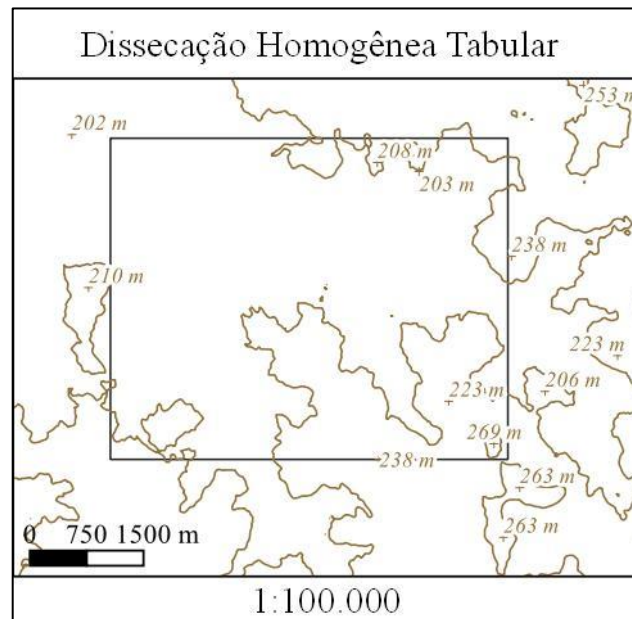
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.48 – Dissecação Homogênea Tabular: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



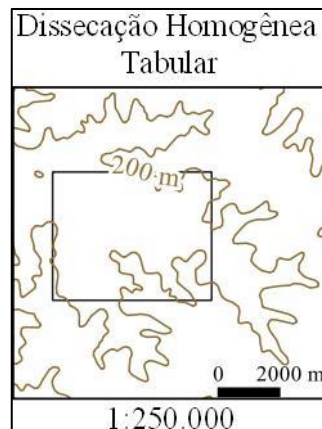
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.49 – Dissecação Homogênea Tabular: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.50 – Dissecação Homogênea Tabular: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

7.1. Pediplano Retocado Inumado e Arenização

A área para a representação da feição classificada como modelado Pediplano Retocado Inumado (4º Táxon) por IBGE (2019c) corresponde à numeração 7.1 na Figura 4.5. O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. A feição está localizada no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Planalto da Campanha e na unidade

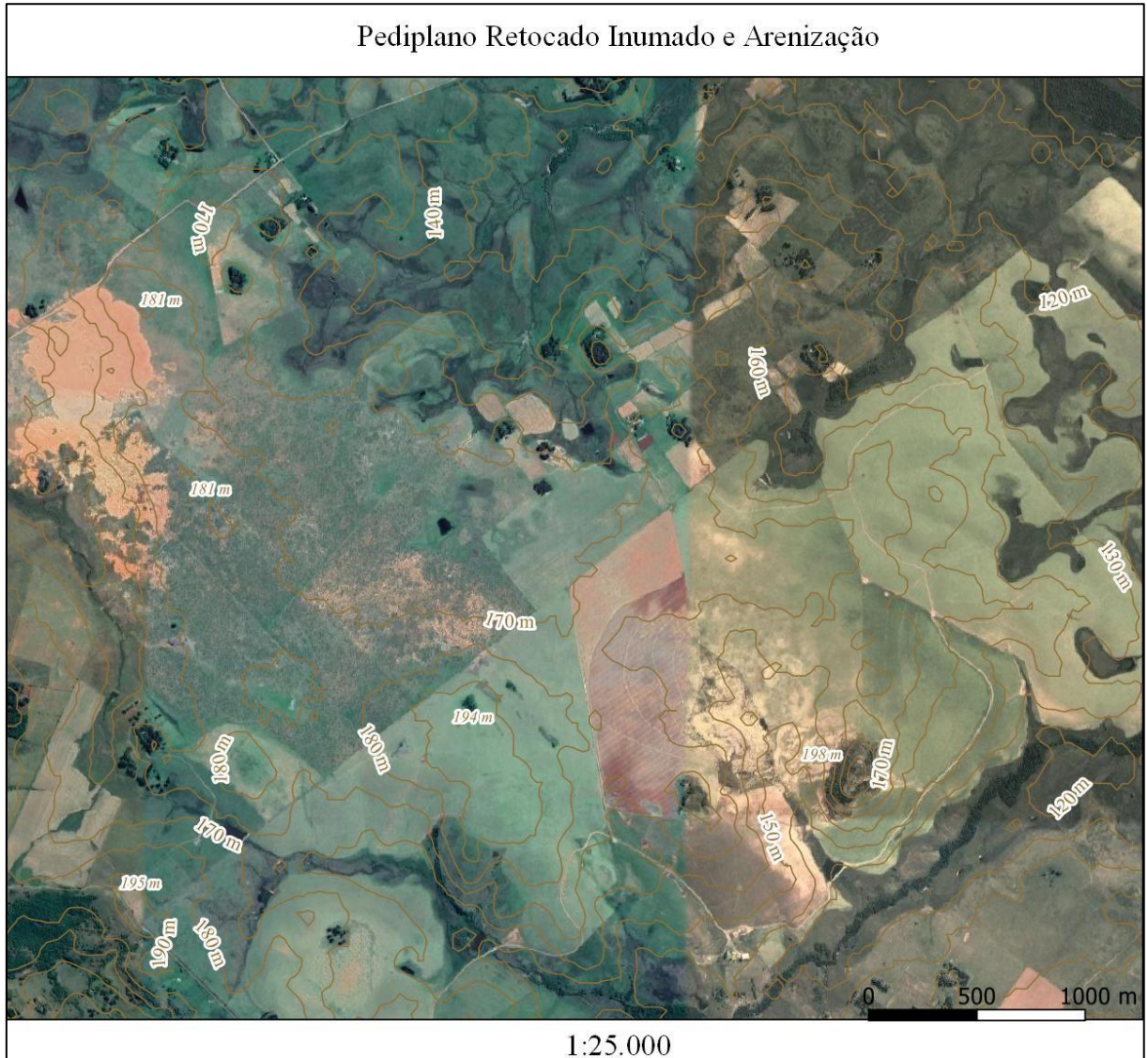
geomorfológica Planalto de Uruguaiana. A feição está delimitada pelo modelado de relevo de dissecação homogênea convexa.

Na superfície dessa região há a identificação do processo de arenização representado por um símbolo pontual na área analisada por IBGE (2019c). A Figura 4.51 mostra o relevo representado na escala 1:25.000 sobreposto à imagem de satélite da base de dados do *Google Earth*. Na imagem é possível identificar os locais onde ocorre o processo de arenização no relevo. A Figura 4.52 mostra a representação do relevo na escala 1:25.000. Nessa escala o detalhamento fornecido pelas curvas de nível com equidistância de 10m permite identificar a superfície aplanada do topo da feição, limitada por um relevo com declive suave nas partes de topo com menores cotas altimétricas, e alta declividade nas partes onde ocorrem os topos residuais com cotas altimétricas mais elevadas. A feição arenização não é representada nessa escala. Somente é possível identificar as superfícies rampeadas onde o processo de arenização é mais intenso no relevo dessa área.

Na Figura 4.53, o relevo está representado pelas curvas de nível na escala 1:50.000. Nessa escala ainda é possível identificar a superfície aplanada e os topos de relevos residuais, porém já há um menor detalhamento na caracterização do topo da feição e principalmente na representação das encostas. A Figura 4.54 mostra a drenagem e o relevo na escala 1:50.000, evidenciando o topo aplanado e a dissecação na encosta.

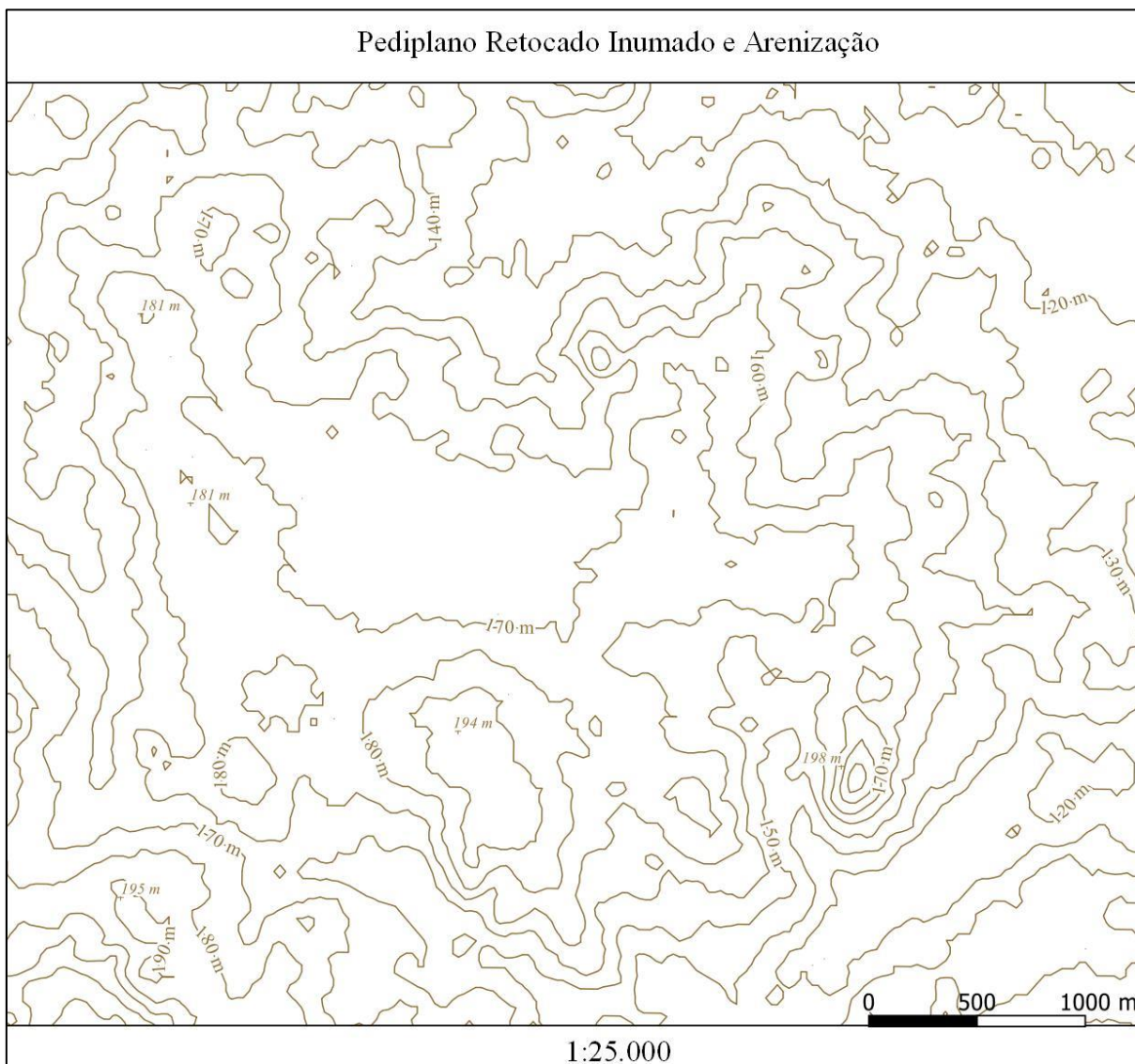
Na escala 1:100.000 (Figura 4.55), as curvas de nível com equidistância de 50m não representam mais as características geomorfológicas da feição. Nessa escala somente estão representados os limites entre superfícies com cotas altimétricas mais elevadas e superfícies mais baixas. Na escala 1:250.000 o relevo não é representado pelas curvas de nível.

Figura 4.51 – Pediplano Retocado Inumado e Arenização: representação cartográfica do relevo com valores de cotas altimétricas na escala 1:25.000 sobrepostas à imagem de satélite da base de dados do *Google Earth*. Curvas de nível das cartas topográficas.



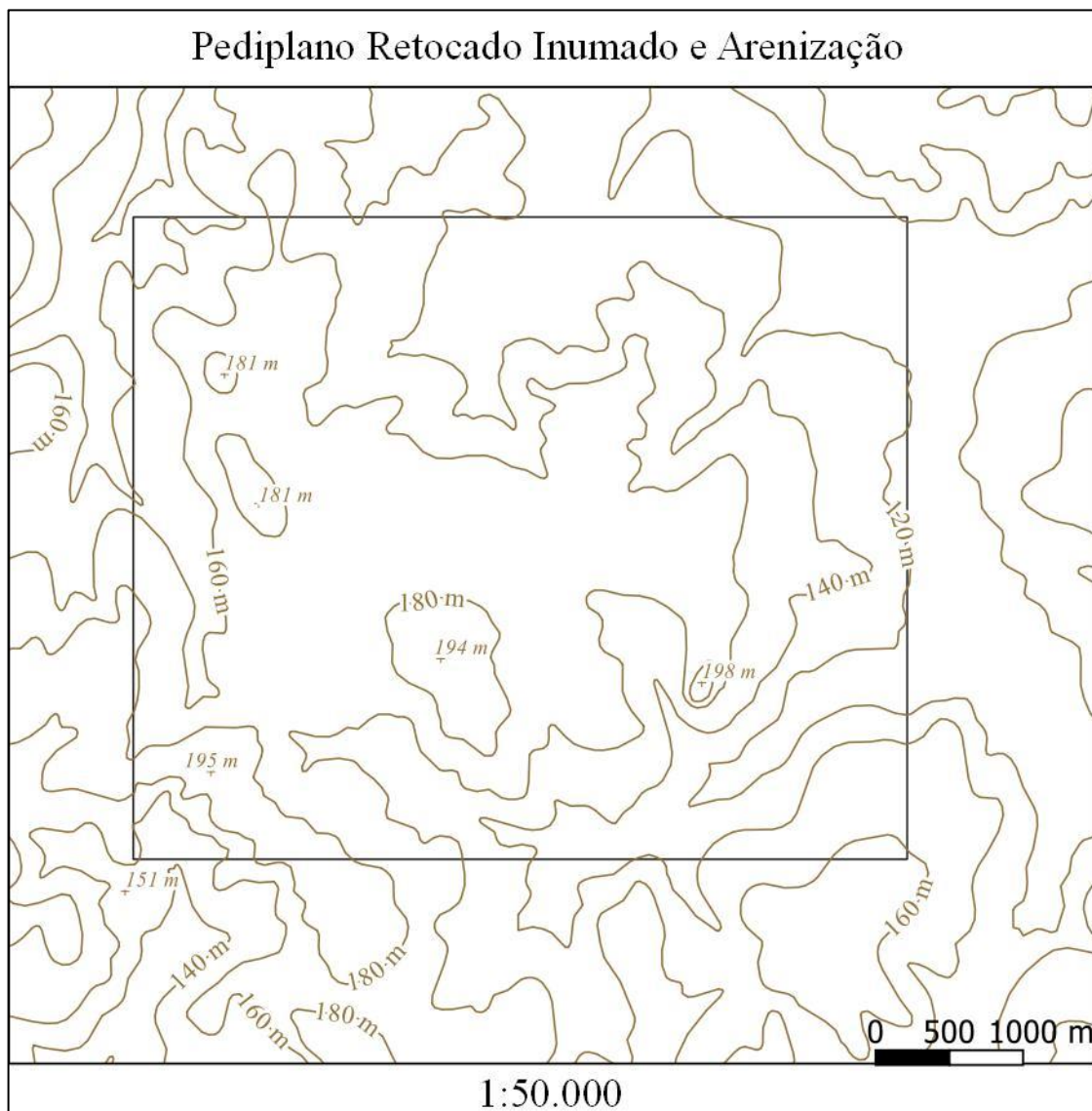
Fonte: Elaboração própria. Imagens de satélite obtidas de Maps Data: Google, ©2021 CNES / Airbus, Maxar Technologies. Curvas de nível obtidas de DSG (2021).

Figura 4.52 – Pediplano Retocado Inumado e Arenização: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



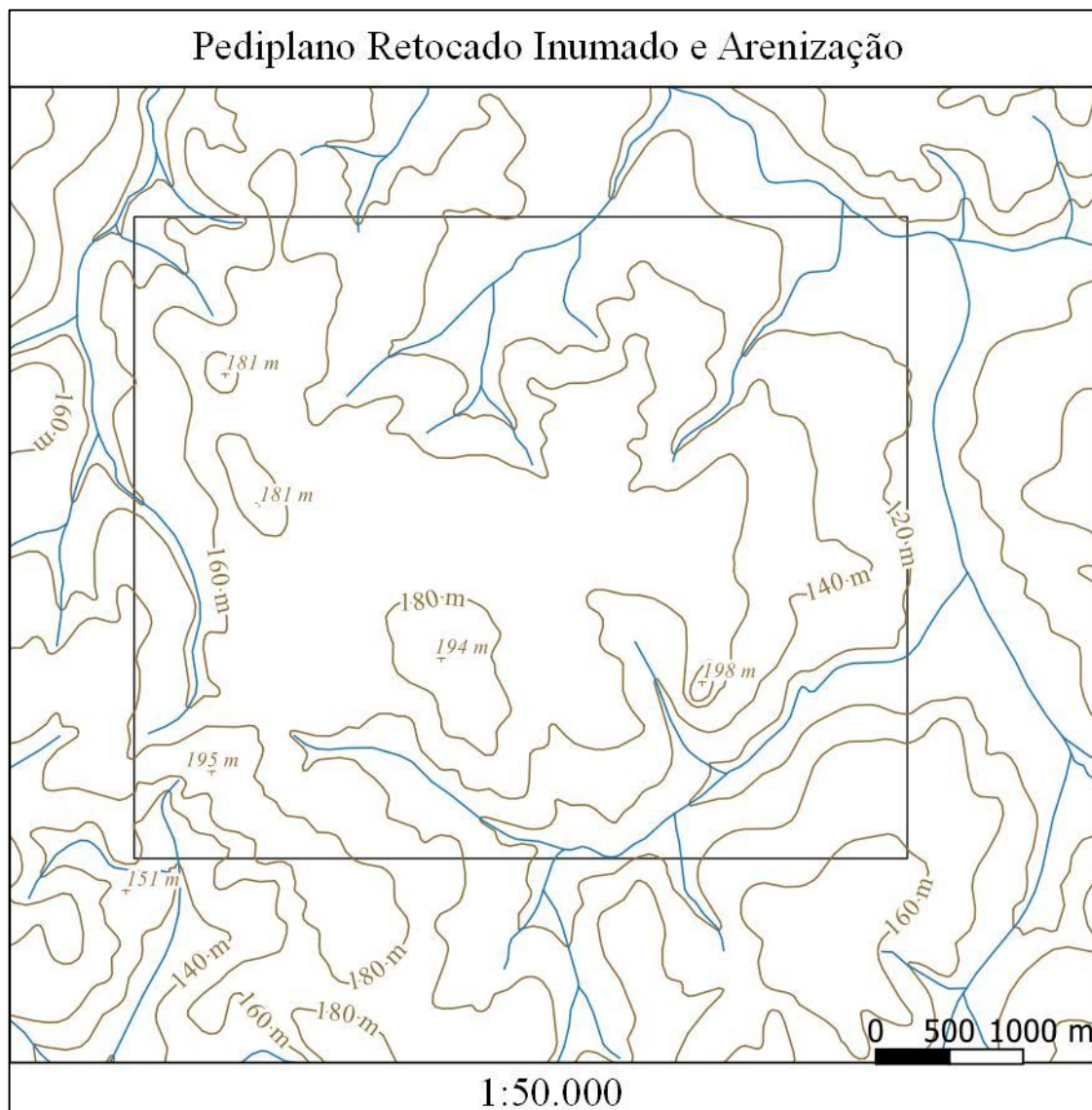
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.53 – Pediplano Retocado Inumado e Arenização: representação cartográfica do relevo na escala 1: 50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



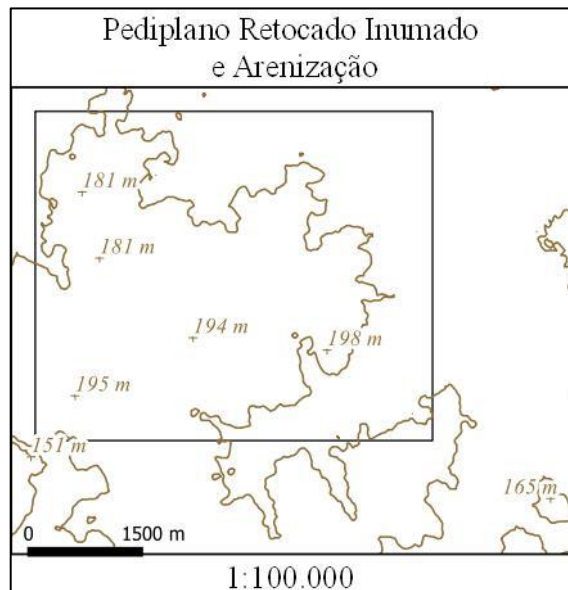
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.54 – Pediplano Retocado Inumado e Arenização: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e hidrografia das cartas topográficas.



Fonte: Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.55 – Pediplano Retocado Inumado e Arenização: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

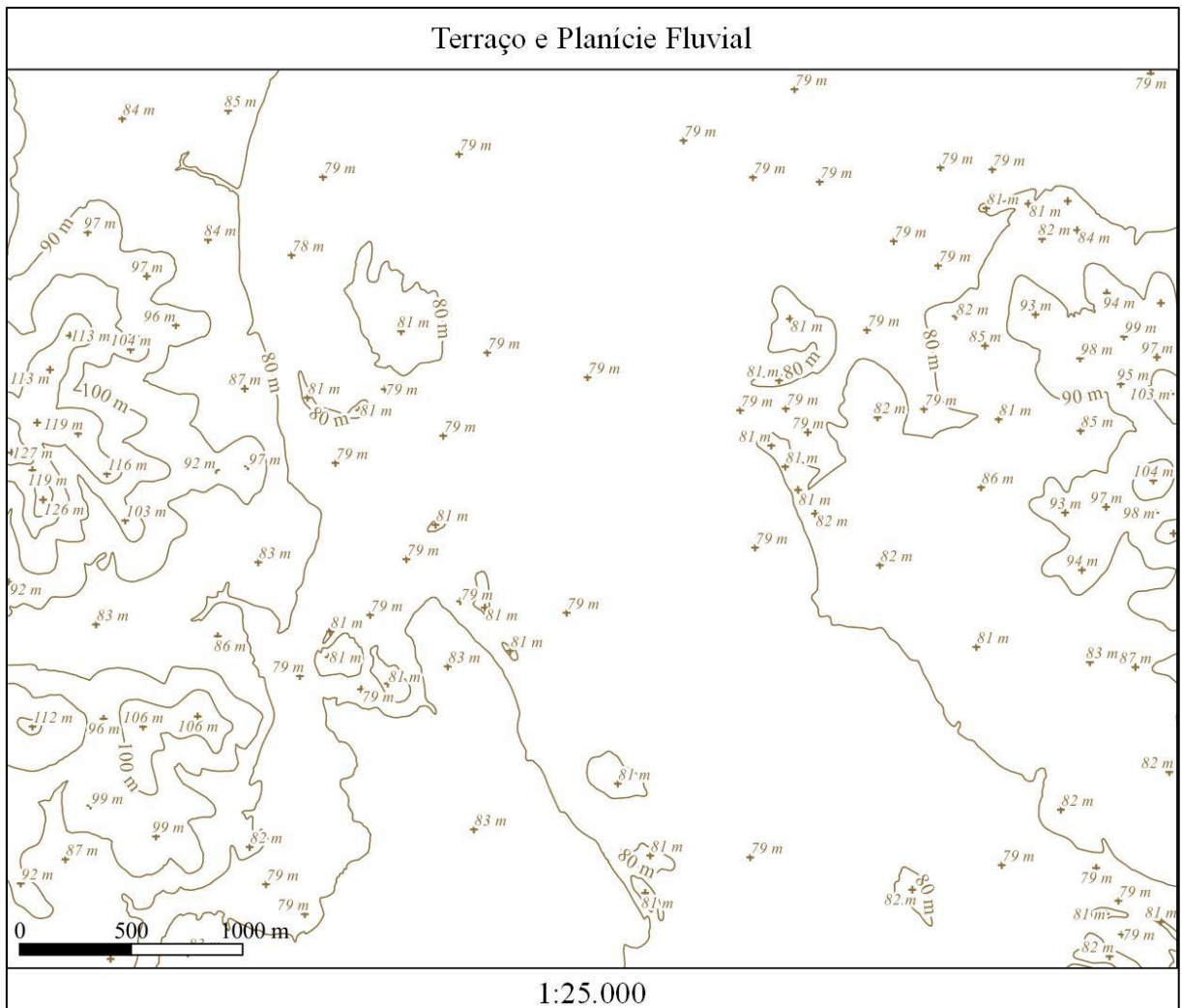
8.1. Terraço e Planície Fluvial

A área para a representação das feições do relevo classificadas como Terraço e Planície Fluvial por IBGE (2019c) corresponde à numeração 8.1 na Figura 4.5. O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. As feições estão localizadas no domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários, na região geomorfológica Planície Continental e unidade geomorfológica Planície Alúvio – Coluvionar. Na área analisada, essas feições fazem limite com o modelado de dissecação homogênea convexa, caracterizado pelas coxilhas.

A Figura 4.56 mostra o relevo representado na escala 1:25.000 pelas curvas de nível com 10m de equidistância. Nessa escala é possível identificar o limite entre o modelado de dissecação e o terraço pluvial. O terraço por sua vez também é individualizado por uma curva de nível, que o separa da área da planície fluvial. Na área da planície fluvial são representadas algumas ilhas formadas nessa feição. A Figura 4.57 mostra a representação do relevo com a hidrografia na escala 1:25.000. Nessa escala a área onde corre o curso de água principal não está representada pelas curvas de nível.

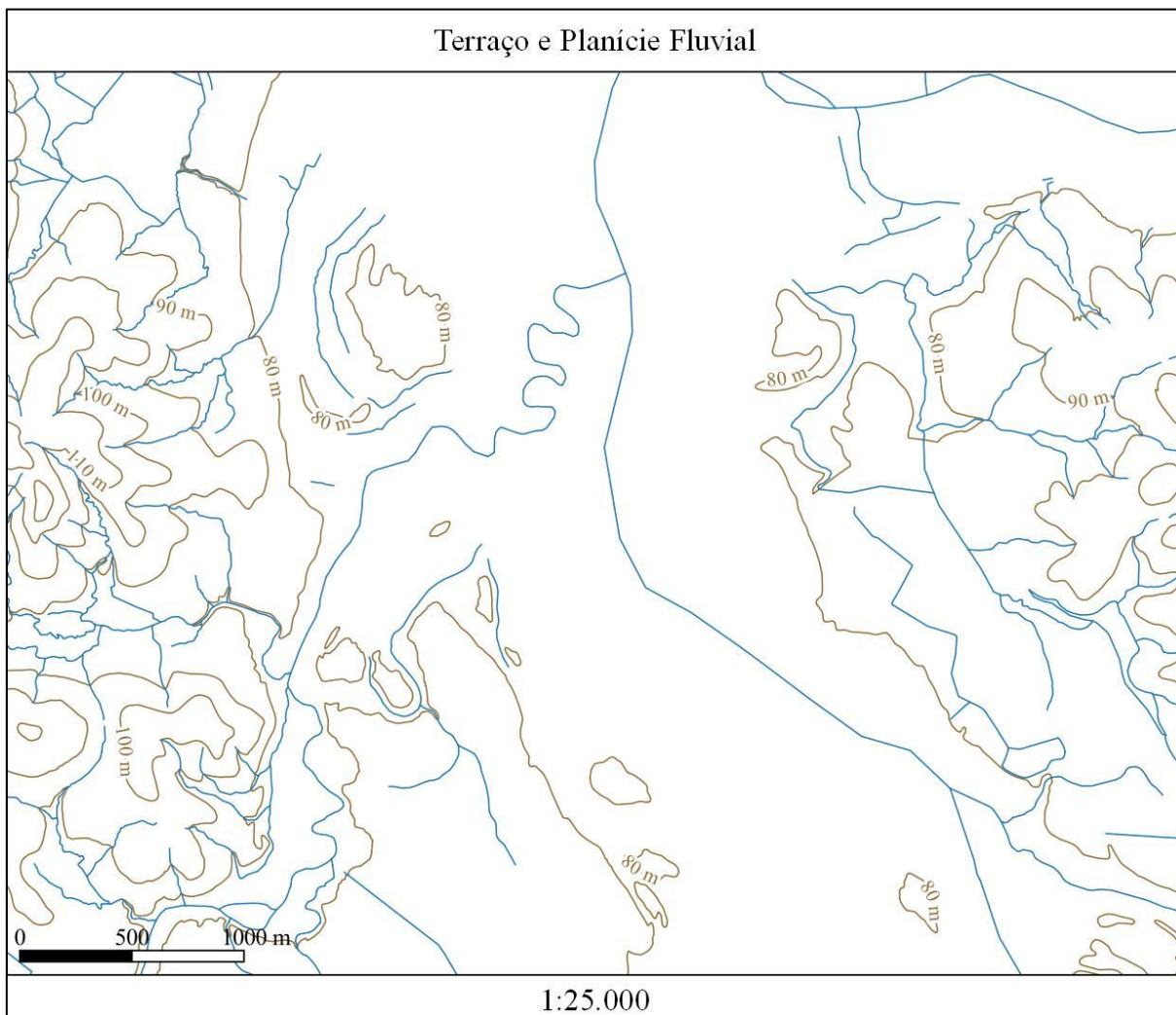
Na escala 1:50.000 (Figura 4.58), os limites entre as feições continuam representados. Apenas na planície fluvial não há mais a representação das pequenas ilhas formadas nessa feição do relevo. Na escala 1:100.000 (Figura 4.59) e na escala 1:250.000 (Figura 4.60), as curvas de nível não representam mais os limites entre o terraço e a planície fluvial. Nessas escalas apenas o limite entre o modelado de dissecação e a área mais plana é representado.

Figura 4.56 – Terraço e Planície Fluvial: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



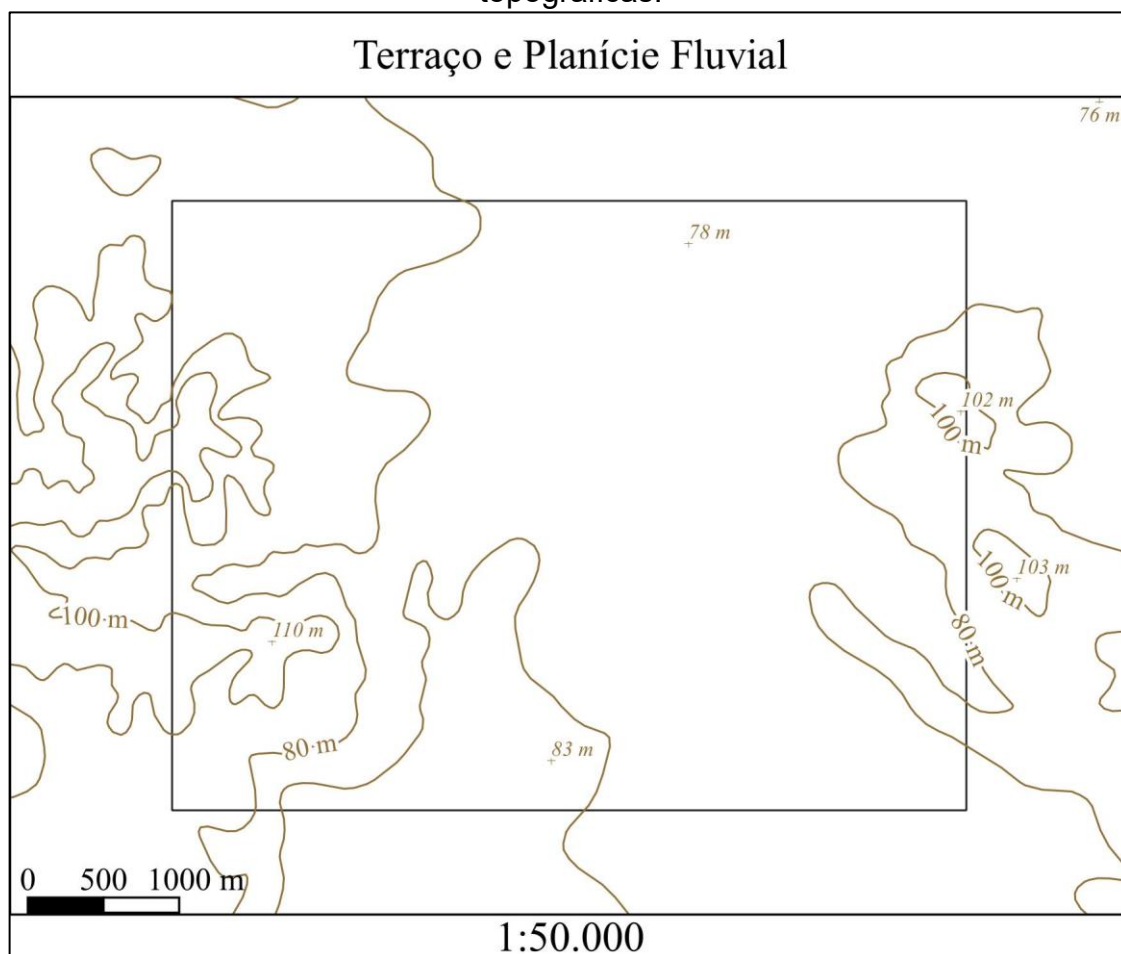
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.57 – Terraço e Planície Fluvial: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:25.000. Curvas de nível e hidrografia das cartas topográficas.



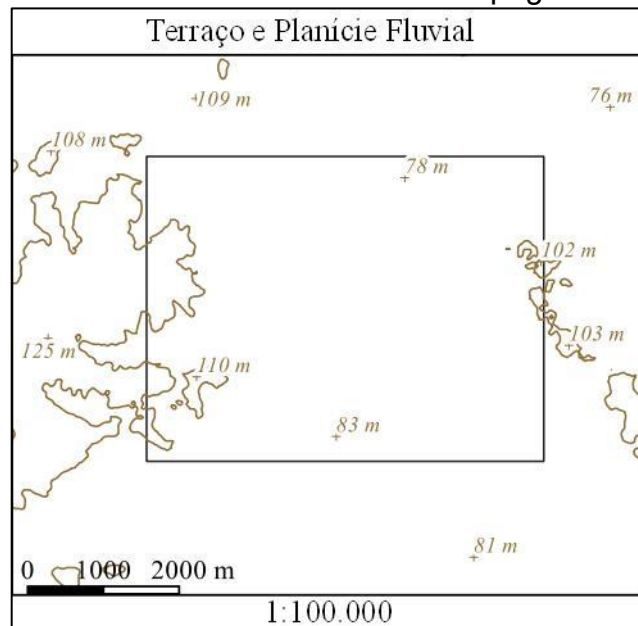
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.58 – Terraço e Planície Fluvial: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



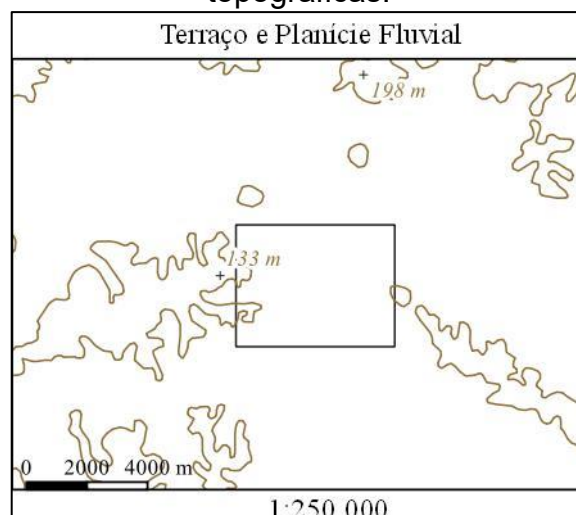
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.59 – Terraço e Planície Fluvial: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível generalizadas das cartas topográficas e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.60 – Terraço e Planície Fluvial: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

9.1. Morro Testemunho

A área para a representação das feições do relevo classificada como Morro Testemunho por IBGE (2019c) corresponde à numeração 9.1 na Figura 4.5. O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. Nessa área

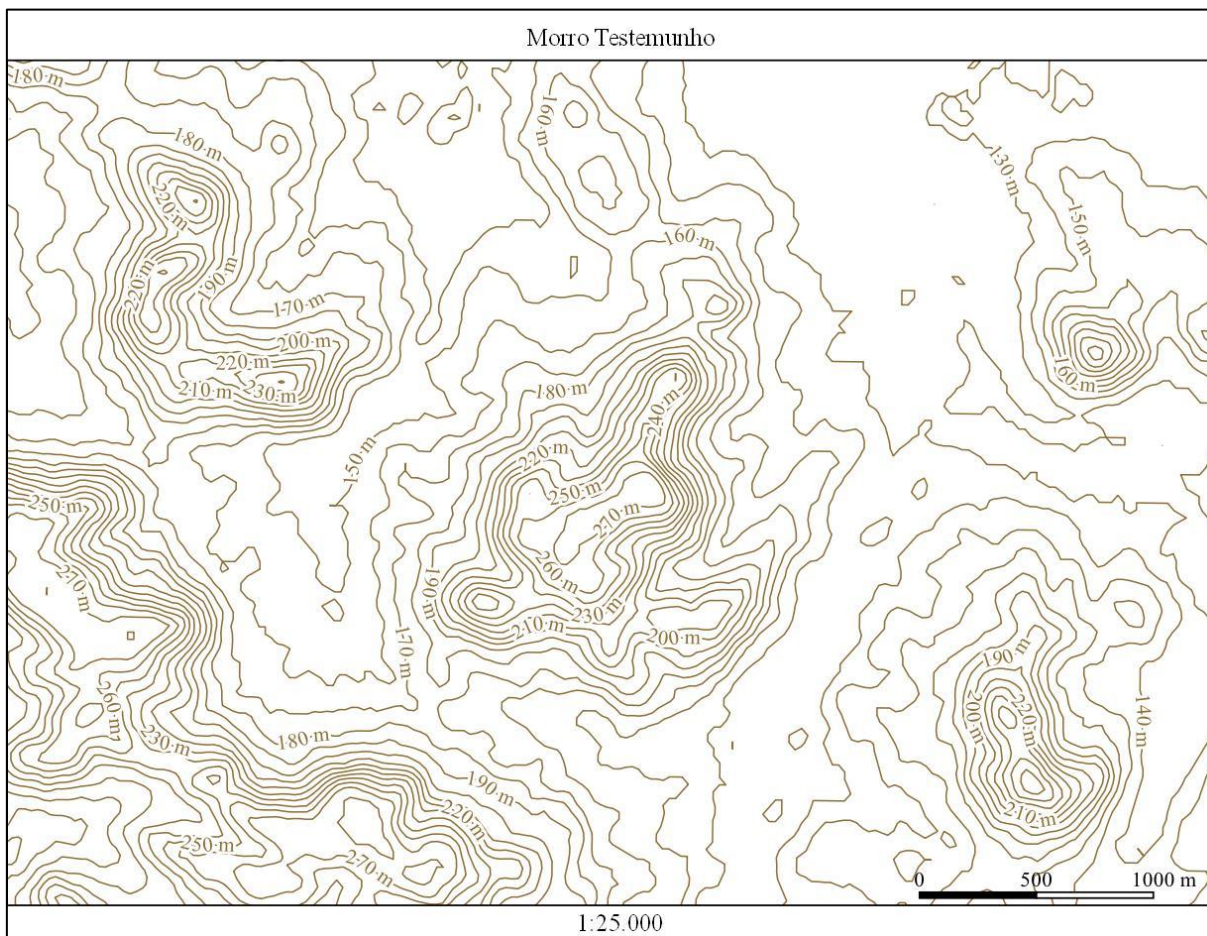
há a representação de diversos morros testemunhos, com diferentes tamanhos e formatos. O morro testemunho é uma forma de relevo simbolizada por símbolo pontual no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c).

Os relevos representados estão inseridos no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Planalto da Campanha e na unidade geomorfológica Planalto de Uruguaiana. Alguns desses relevos ocorrem no modelado de dissecação convexa e outros no modelado Pediplano Degradado Desnudado.

A Figura 4.61 mostra a representação dos morros testemunhos na escala 1:25.000. As curvas de nível da escala 1:25.000 foram obtidas do MDE do SRTM. Nessa escala os morros testemunhos são representados pelas curvas de nível com 10m de equidistância. É possível identificar o formato dos topos e a alta declividade que caracteriza essa forma de relevo. Essas feições são testemunhos do relevo antigo da área e que resistiram aos processos erosivos durante o recuo da escarpa (AB'SÁBER, 1969). Na escala 1:50.000 (Figura 4.62), as curvas de nível ainda representam as características geomorfológicas dos morros testemunhos, porém o nível de detalhamento é bem menor do que o detalhamento na escala 1:25.000. Nessa escala os relevos são identificados pelos topos e pela declividade do relevo. A Figura 4.63 representa o relevo e a hidrografia da área, na escala 1:50.000, evidenciando as áreas onde há dissecação nas encostas.

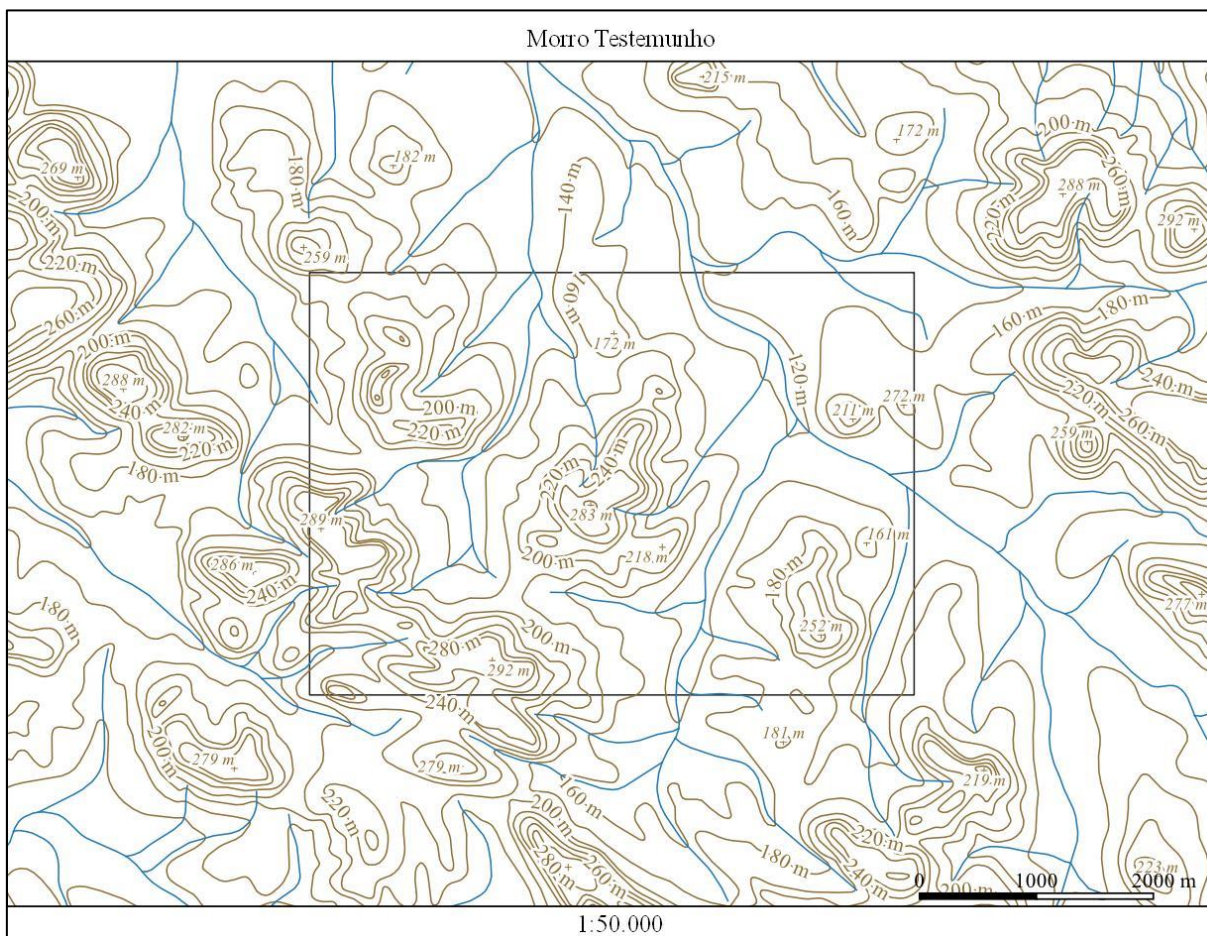
Na escala 1:100.000 (Figura 4.64) a perda de detalhamento dessas feições é bem evidente. Nessa escala é possível identificar os topos, porém a declividade não é bem representada. Na escala 1:250.000 (Figura 4.65) as curvas de nível representam somente o limite dessas feições. Nessa escala só é possível localizar espacialmente a feição. As formas do relevo que caracterizam essas feições não estão representadas nessa escala.

Figura 4.61 – Morro Testemunho: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



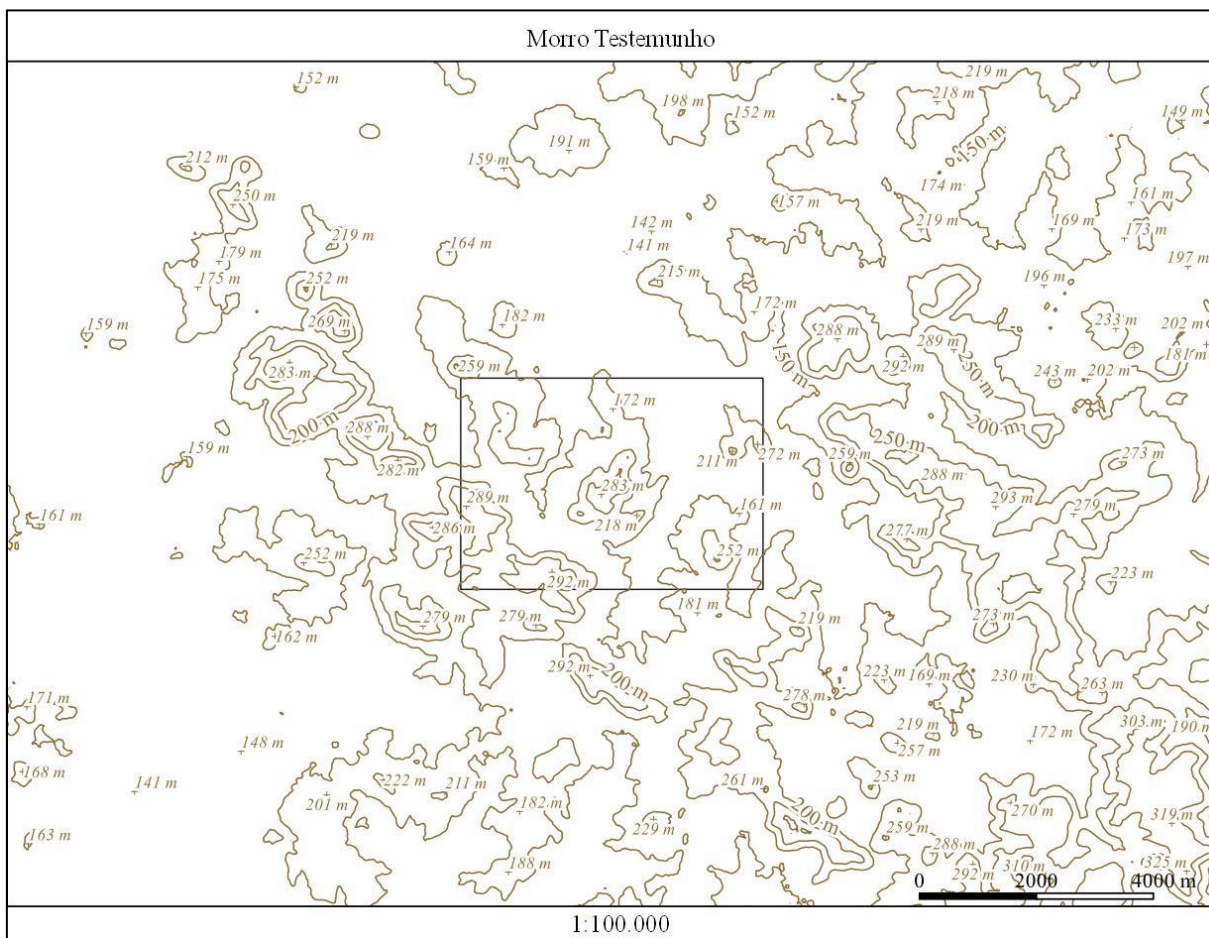
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.63 – Morro Testemunho: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível, pontos cotados altimétricos e e hidrografia das cartas topográficas.



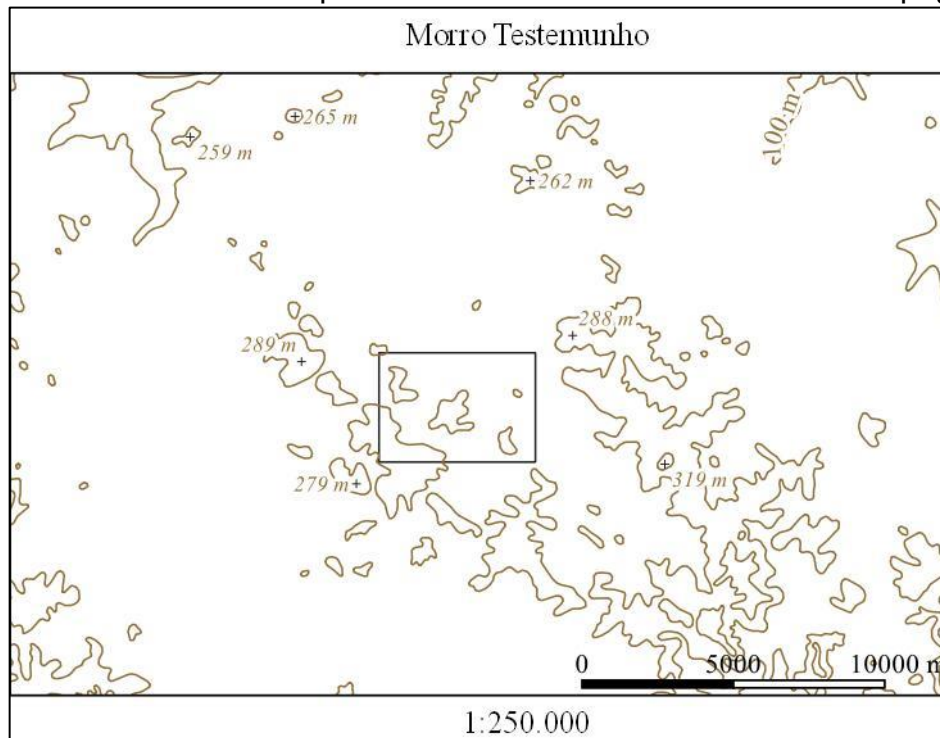
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.64 – Morro Testemunho: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021). Pontos cotados altimétricos (DSG, 2021).

Figura 4.65 – Morro Testemunho: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

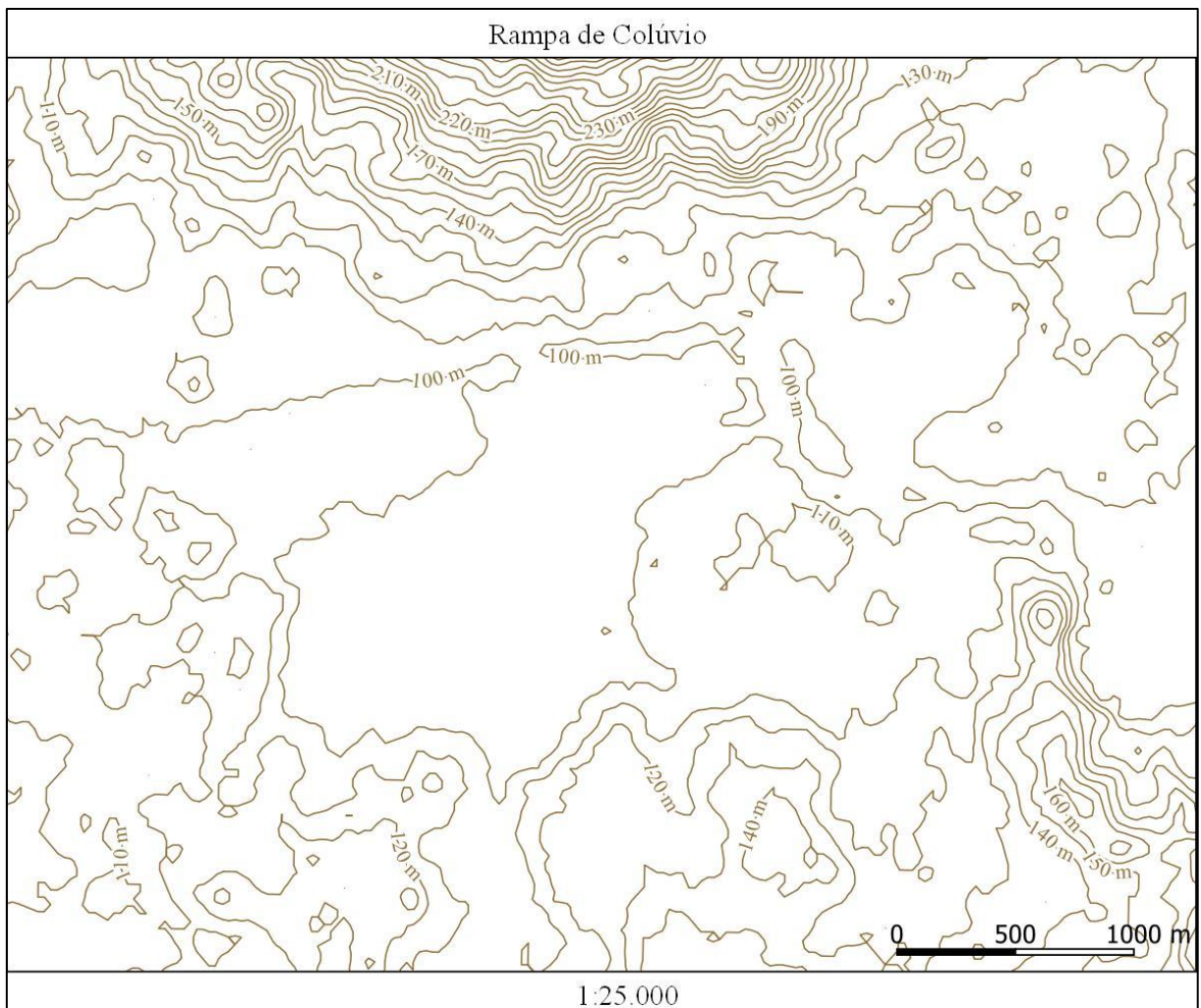
10.1 – Rampa de Colúvio

A área para a representação da feição do relevo classificada como Rampa de Colúvio por IBGE (2019c) corresponde à numeração 10.1 na Figura 4.5. O limite dessa área corresponde à representação do relevo na escala 1:25.000. Essa feição está representada na área de estudo no limite dos biomas Pampa e Mata Atlântica. A feição está inserida no domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários, na região geomorfológica Planície Continental e na unidade geomorfológica Planície Alúvio – Coluvionar. A Rampa de Colúvio corresponde a um modelado do relevo (4º Táxon) no mapeamento geomorfológico do IBGE (2019c).

A Rampa de Colúvio é uma feição do relevo de acumulação de sedimentos com forma de fundo de vales. A Figura 4.66 mostra a representação da feição na escala 1:25.000. Nessa escala é possível identificar o fundo do vale representado pela declividade das rampas nas encostas e base plana. A representação do relevo com a hidrografia permite a identificação do fundo de vale. Na escala 1:50.000 (Figura 4.67), há significativa perda de representação do relevo, principalmente no fundo do vale. Nessa escala é possível apenas identificar o direcionamento do vale e

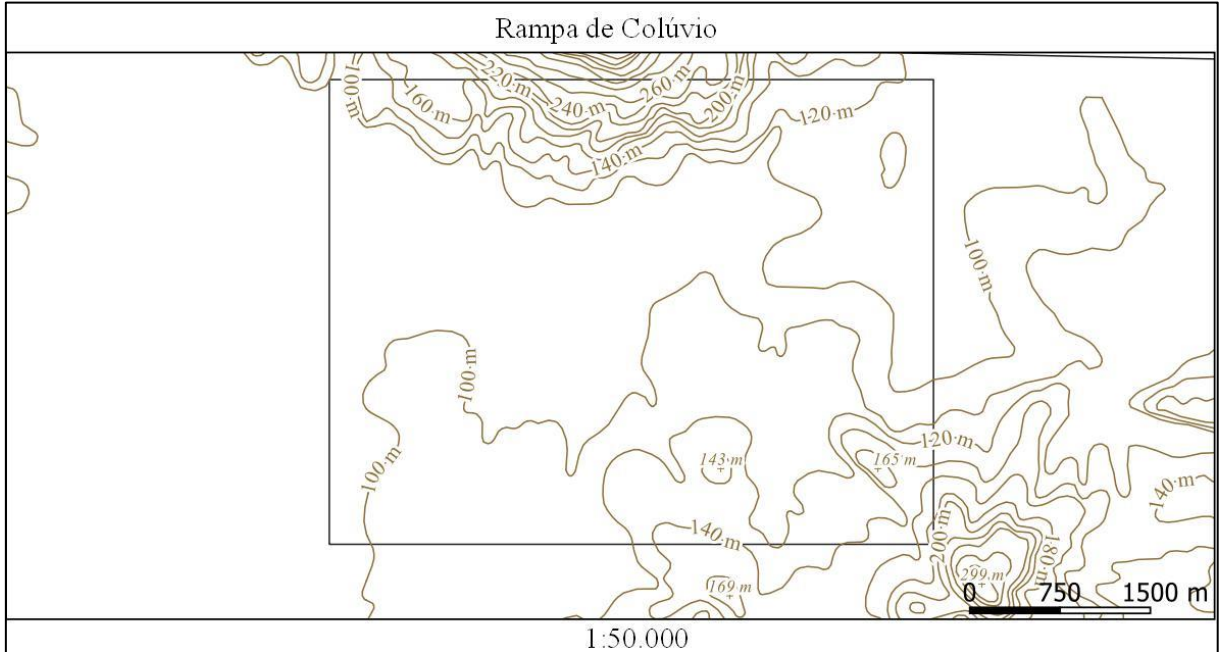
do fluxo dos sedimentos. A representação da drenagem junto com o relevo na escala 1:50.000 auxilia nessa identificação (Figura 4.68). É importante ressaltar que há diferença de representação de curvas de nível em relação às escalas 1:25.000 e 1:50.000. As curvas de nível na escala 1:25.000 foram obtidas do MDE do SRTM; já as curvas de nível na escala 1:50.000 foram obtidas das cartas topográficas. Na escala 1:100.000 (Figura 4.69), a representação das curvas de nível obtidas do MDE do SRTM permitem identificar o fundo do vale e a direção do fluxo dos sedimentos pelas superfícies rampeadas até o vale. Na escala 1:250.000 (Figura 4.70), as curvas de nível não representam a feição. Apenas o limite do vale é representado nessa escala.

Figura 4.66 – Rampa de Colúvio: representação cartográfica do relevo na escala 1:25.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



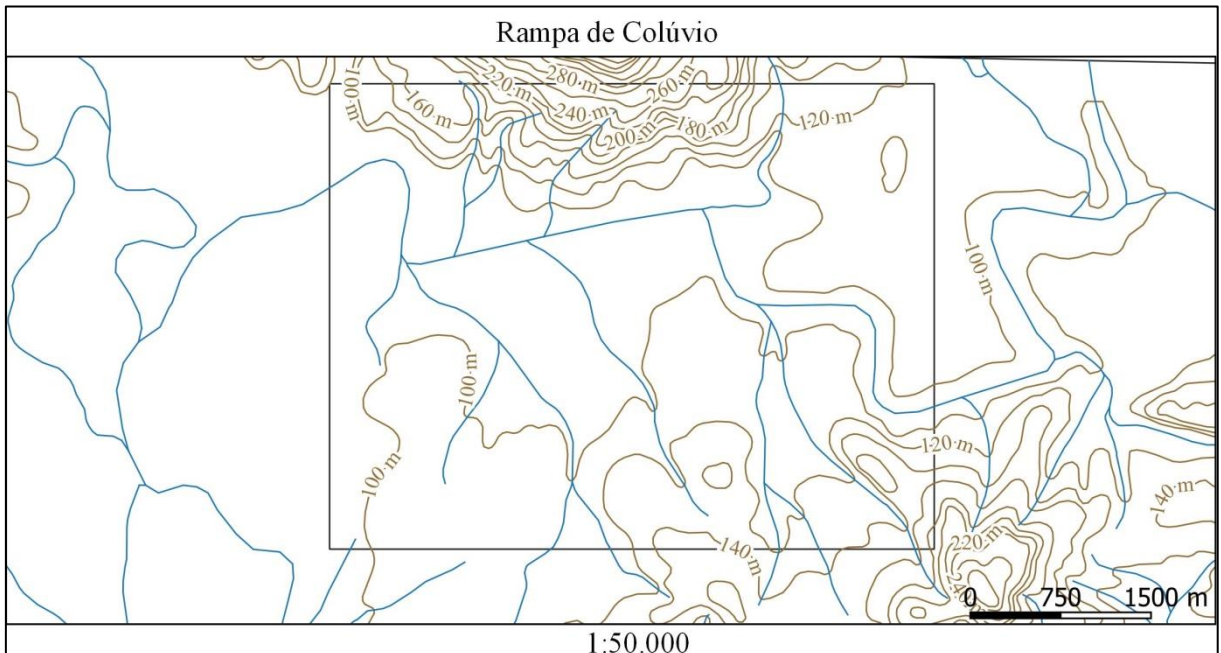
Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.67 – Rampa de Colúvio: representação cartográfica do relevo na escala 1:50.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



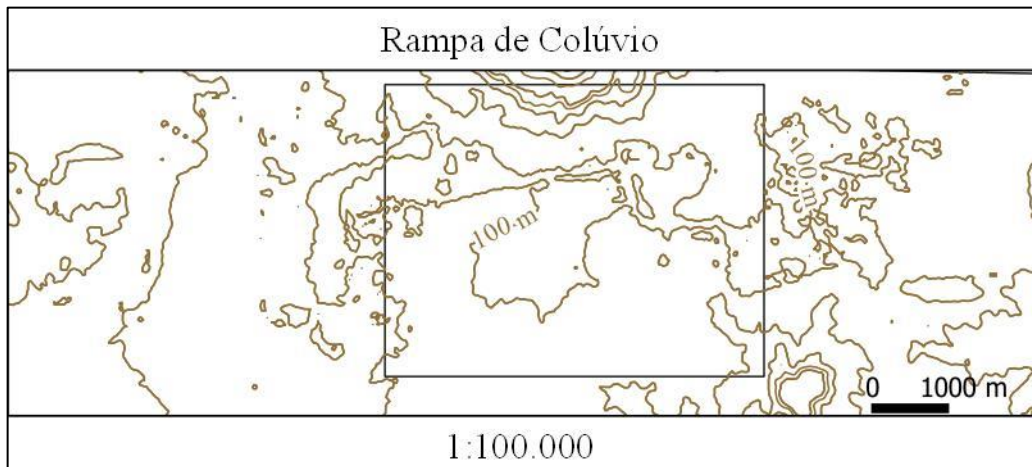
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.68 – Rampa de Colúvio: representação cartográfica do relevo e da hidrografia na escala 1:50.000. Curvas de nível e hidrografia das cartas topográficas.



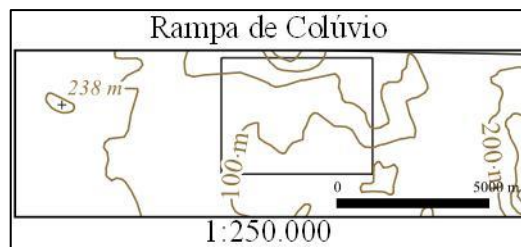
Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

Figura 4.69 – Rampa de Colúvio: representação cartográfica do relevo na escala 1:100.000. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM.



Fonte: Elaboração própria. Curvas de nível extraídas do MDE do SRTM (NASA EOSDIS LP DAAC, 2021).

Figura 4.70 – Rampa de Colúvio: representação cartográfica do relevo na escala 1:250.000. Curvas de nível e pontos cotados altimétricos das cartas topográficas.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de DSG (2021).

O Quadro 4.1 apresenta, de forma sumarizada, o resultado da representação cartográfica das feições do relevo analisadas nas escalas do mapeamento topográfico. O quadro foi dividido de acordo com o tipo de representação das feições geomorfológicas em cada escala. A primeira linha do Quadro 4.1, destacada em verde, apresenta as escalas nas quais cada feição geomorfológica possui as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível. A segunda linha, destacada em amarelo, informa em quais escalas cada feição geomorfológica é visível pela representação cartográfica, porém, sem a representação de suas características geomorfológicas. Já a terceira linha do Quadro 4.1, destacada em vermelho, informa em quais escalas as feições geomorfológicas não são representadas.

Quadro 4.1 – Resultado da representação cartográfica das feições do relevo analisadas nas escalas do mapeamento sistemático.

| Representação cartográfica | | ESCALAS DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO | | | |
|------------------------------|---|--|--|--|---|
| | | 1:25.000 | 1:50.000 | 1:100.000 | 1:250.000 |
| Modelados e Formas do Relevo | Representação das características geomorfológicas da feição | Dissecação Homogênea Convexa, Dissecação Homogênea Tabular, Pediplano Degradado Desnudado, Pediplano Retocado Inumado, Rampa de Colúvio, Crista Simétrica, Escarpa Erosiva, Ressalto, Morro Testemunho | Dissecação Homogênea Tabular, Pediplano Degradado Desnudado, Pediplano Retocado Inumado, Escarpa Erosiva, Morro Testemunho | | |
| | Representação da feição geomorfológica | Terraço Fluvial, Planície Fluvial | Dissecação Homogênea Convexa, Terraço Fluvial, Planície Fluvial, Rampa de Colúvio, Crista Simétrica, Ressalto | Dissecação Homogênea Tabular, Pediplano Degradado Desnudado, Pediplano Retocado Inumado, Rampa de Colúvio, Escarpa Erosiva, Morro Testemunho | Escarpa Erosiva, Morro Testemunho |
| | Feição geomorfológica não representada | Paleodrenagem, Arenização | Paleodrenagem, Arenização | Dissecação Homogênea Convexa, Terraço Fluvial, Planície Fluvial, Paleodrenagem, Crista Simétrica, Ressalto, Arenização | Dissecação Homogênea Convexa, Dissecação Homogênea Tabular, Pediplano Degradado Desnudado, Pediplano Retocado Inumado, Terraço Fluvial, Planície Fluvial, Rampa de Colúvio, Paleodrenagem, Crista Simétrica, Ressalto, Arenização |

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados apresentados pelo Quadro 4.1 mostram que parte das feições geomorfológicas analisadas no presente estudo possuem as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível na escala 1:50.000 e parte na escala 1:25.000. Apenas as feições Terraço Fluvial, Planície Fluvial, Paleodrenagem e Arenização não tiveram as suas características geomorfológicas representadas em nenhuma escala do mapeamento sistemático. O Terraço Fluvial, Planície Fluvial e Paleodrenagem, são feições do relevo que possuem pouca variação altimétrica, e nem mesmo as curvas de nível na escala 1:25.000 foram suficientes para representar essas pequenas variações. A Planície e o Terraço Fluvial tiveram somente os seus limites representados na escala 1:50.000 e maiores, conforme o Quadro 4.1. Já a feição Arenização corresponde a um processo que está relacionado com a formação de areais, originados a partir de processos erosivos que (SUERTEGARAY, 1987). As feições do relevo associadas ao processo de arenização foram analisadas neste estudo em escalas de detalhe: 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000.

4.1.2 Representação cartográfica do relevo nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000, 1:5.000.

Algumas feições do relevo da área do estudo de caso não são representadas pelas curvas de nível nas escalas do mapeamento sistemático. Essas feições referem-se a processos que envolvem a erosão do relevo e que resultam na formação de sulcos, ravinas e voçorocas. Nas áreas identificadas como Arenização na Figura 4.5 há a formação desses tipos feições.

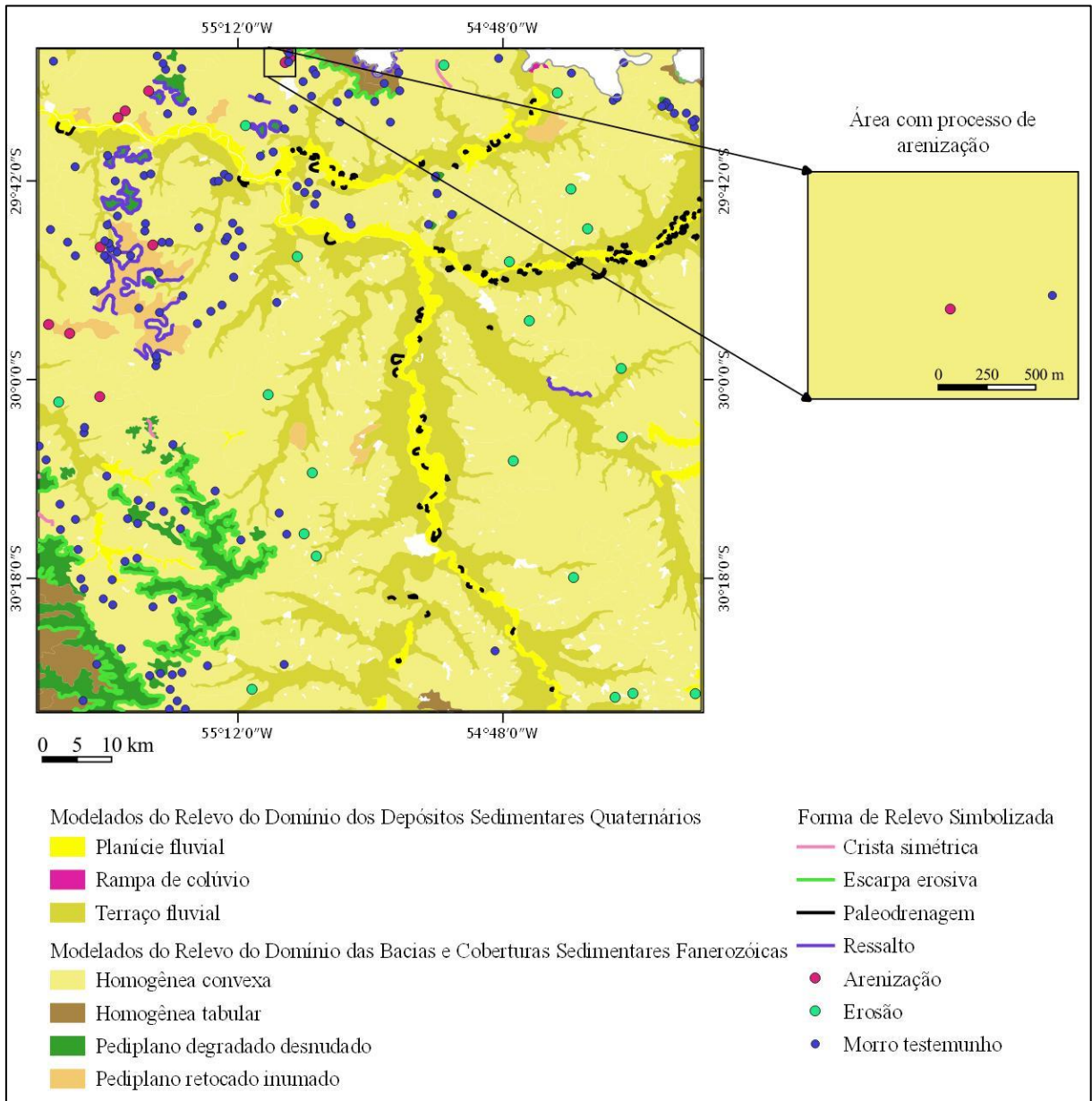
A arenização é um processo natural que ocorre em áreas onde o solo é inconsolidado ou pouco consolidado e suscetível à erosão hídrica e eólica (SUERTEGARAY, 1987; SURTEGARAY; VERDUM, 2008). O processo de arenização é responsável pela formação de areais, que correspondem a manchas de areia no terreno formadas a partir do retrabalhamento do solo arenoso pouco ou não consolidado por processos hídricos e eólicos (SUERTEGARAY, 1987).

Por ser um processo dinâmico e pela dimensão das feições e micro feições do relevo formadas pelo processo de arenização, as mesmas devem ser analisadas em escala grande (COSTA *et al.*, 2020). Para a análise da representação do relevo da

feição classificada como arenização em IBGE (2019c), foram utilizadas as curvas de nível nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000 extraídas do Modelo Digital de Superfície obtido por Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) Os resultados dessa análise foram publicados em artigo científico (COSTA *et al*, 2020) e estão descritos neste subcapítulo.

A Figura 4.71 mostra a localização da feição Arenização identificada no mapeamento geomorfológico (IBGE, 2019c) como um símbolo pontual. Essa feição está localizada no domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, na região geomorfológica Depressão do Rio Ibicuí – Rio Negro e no Modelado de dissecação homogênea convexa, na área rural do município de São Francisco de Assis. O areal é chamado regionalmente de Cerro da Esquina e ocorre no padrão de relevo descrito como de ocorrência de areais caracterizado por rampas em contato com escarpas de morros testemunhos (SUERTEGARAY; GUASSELLI; VERDUM, 2001; SUERTEGARAY, 2012). Na classificação do relevo de IBGE (2019c) o areal analisado é identificado junto à feição Morro Testemunho.

Figura 4.71 – Localização da feição arenização na área de estudo para a análise nas escalas maiores do que as do mapeamento sistemático.



Fonte: Elaboração própria. Dados obtidos de IBGE (2019c, 2019a).

As feições do relevo presentes no areal Cerro da Esquina são originadas por processos erosivos deposicionais (VERDUM; SOARES, 2010), resultantes da dinâmica da paisagem (RODRIGUES, 2018). Essas feições foram definidas a partir de revisão da literatura existente para a área do areal e pela análise visual do ortofotomosaico e do MDS em grande escala. As feições analisadas estão descritas na Tabela 4.1.

Soares e Verdum (2010) e Rodrigues (2018) apresentam uma setorização da área de ocorrência do areal, de acordo com a predominância de dinâmicas hídricas e eólicas. Para cada setor foram descritas as feições e micro feições de relevos predominantes.

Na região do areal Cerro da Esquina também ocorrem formas de relevo do tipo degraus de abatimento (FUJIMOTO, GONÇALVES; ZANCANARO 2010). Essas formas de relevo estão muitas vezes associada à presença de areais, apesar de não serem exclusivas dessas regiões (SUERTEGARAY, 2011). O degrau de abatimento estaria associado em uma primeira fase de formação dos areais, seguida da formação de ravinas e voçorocas e à formação do areal (SUERTEGARAY, 2011).

À jusante da área do areal é visível na paisagem uma grande voçoroca, resultante, segundo Guasselli e Evers (2012), de um processo de reativação de paleodrenagens / rompimento de valões.

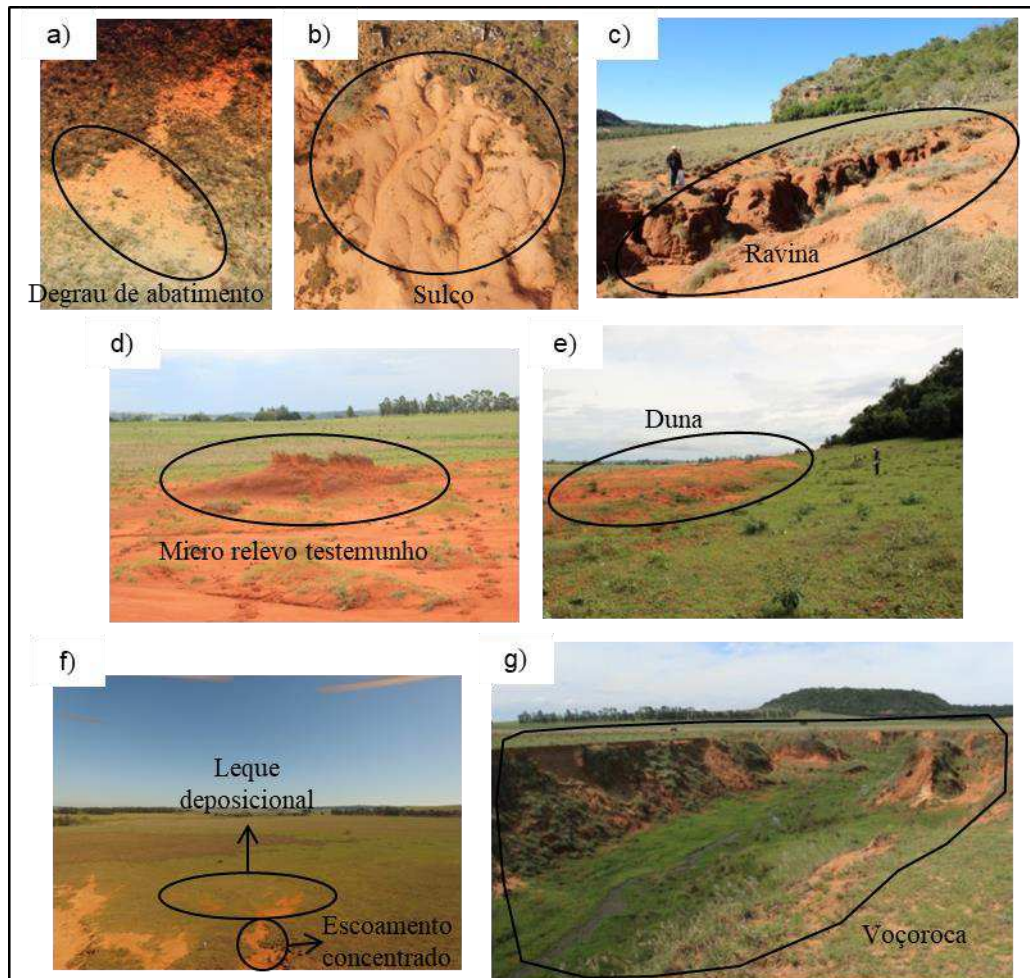
A Tabela 4.1 descreve as feições do relevo definidas para a representação cartográfica nas diferentes escalas e as referências utilizadas para a definição de cada feição do areal Cerro da Esquina. Essas feições estão representadas na Figura 4.72.

Tabela 4.1 – Feições de relevo descritas para a área do areal Cerro da Esquina e respectivas referências.

| Feição do Relevo | Referência |
|----------------------------|---|
| 1. Degrau de abatimento | Fujimoto, Gonçalves e Zancanaro (2010). |
| 2. Sulco | Verdum e Soares (2010). |
| 3. Ravina | Verdum e Soares (2010). |
| 4. Micro relevo testemunho | Verdum e Soares (2010). |
| 5. Duna | Verdum e Soares (2010). |
| 6. Leque deposicional | Verdum e Soares (2010). |
| 7. Escoamento concentrado | Verdum e Soares (2010). |
| 8. Voçoroca | Guasselli e Evers (2012). |

Fonte: adaptado de Costa *et al.* (2020).

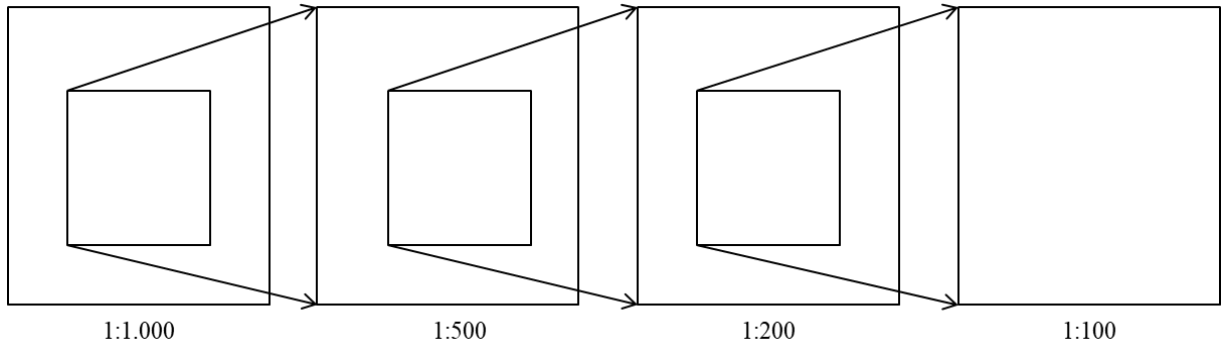
Figura 4.72 – Feições do relevo do areal Cerro da Esquina: a) Degrau de abatimento; b) Sulco; c) Ravina; d) Micro relevo testemunho; e) Duna; f) Leque deposicional e Escoamento concentrado; g) Voçoroca.



Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

A Figura 4.73 mostra o esquema utilizado para a representação cartográfica das feições nas escalas 1:1.000, 1:500, 1:200, 1:100. Cada retângulo no interior da área da representação da escala indica a área da representação cartográfica da escala subsequente. Nesse caso, o esquema representativo ilustra a representação da feição da menor escala (1:1.000) para a maior escala (1:100).

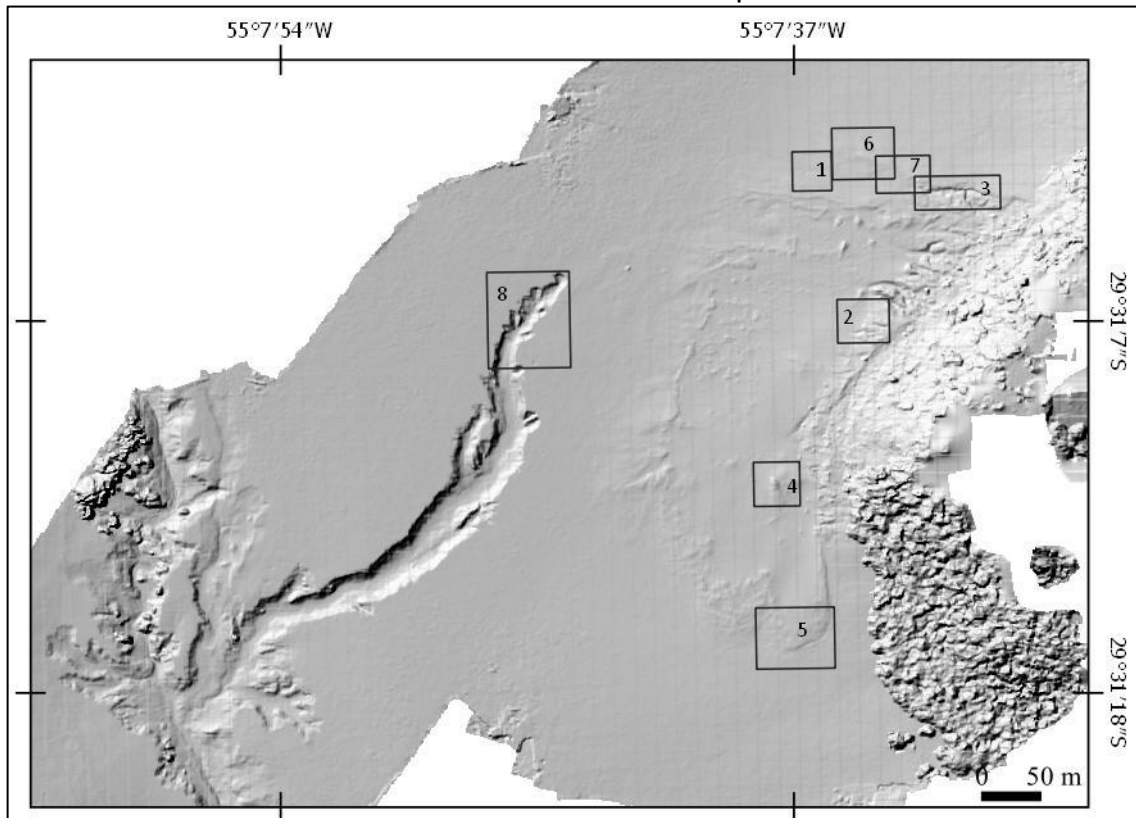
Figura 4.73 – Esquema ilustrativo da representação das curvas de nível em diferentes escalas.



Fonte: adaptado de Costa *et al.* (2020).

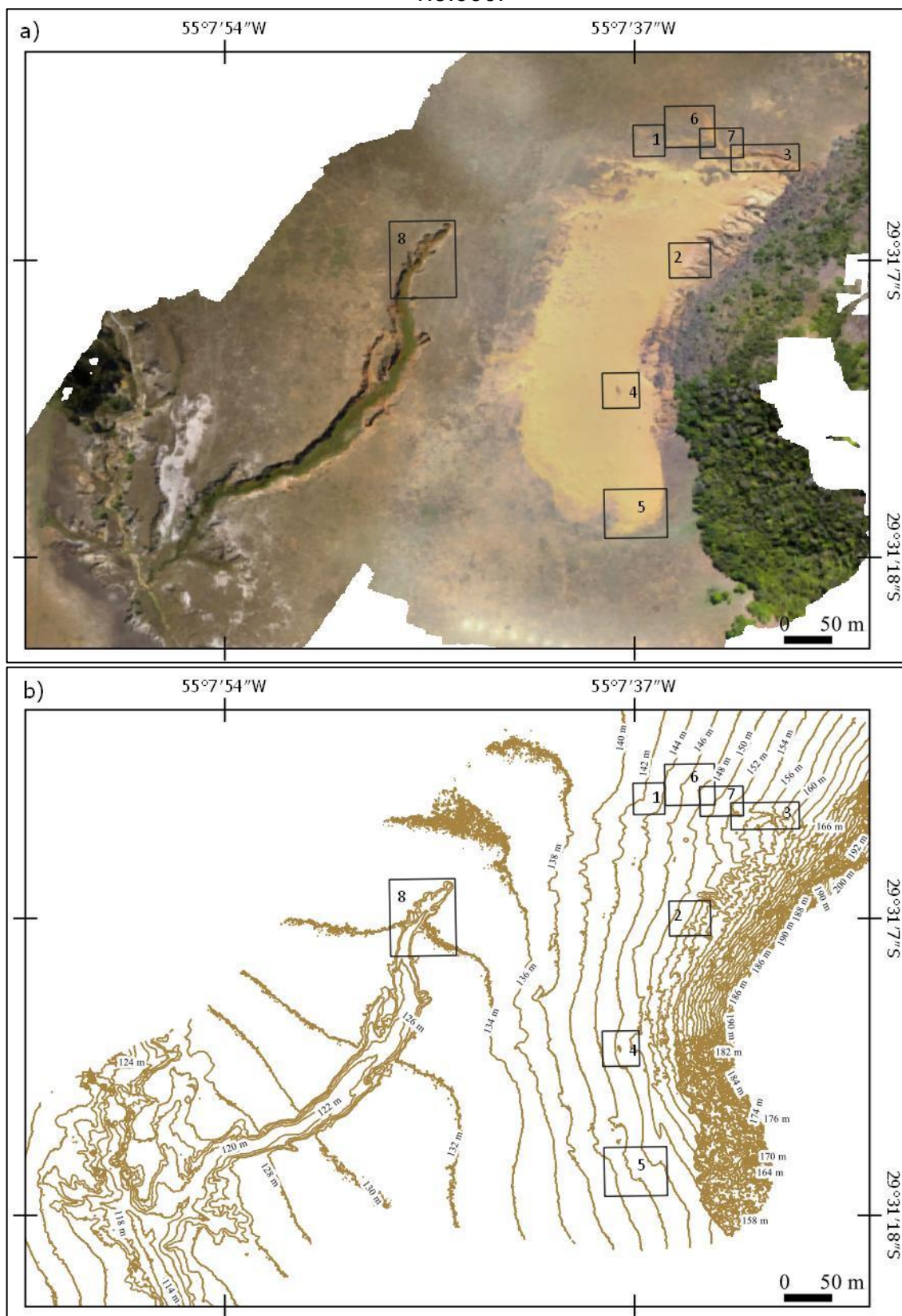
As Figuras 4.74, 4.75a e 4.75b mostram a localização das feições do relevo no MDS, no ortofotomosaico e a partir das curvas de nível na escala 1:5.000, respectivamente. A numeração das áreas selecionadas corresponde à numeração de cada feição do relevo descrita da tabela 2.3.1. As áreas selecionadas para a representação cartográfica das feições correspondem à área de representação de cada feição na escala 1:1.000.

Figura 4.74 – MDS na escala 1:5.000 com a localização espacial das feições do relevo no areal Cerro da Esquina.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

Figura 4.75 – Localização espacial das feições do relevo no areal Cerro da Esquina. a) Ortofotomosaico na escala 1:5.000. b) Curvas de nível na escala 1:5.000.



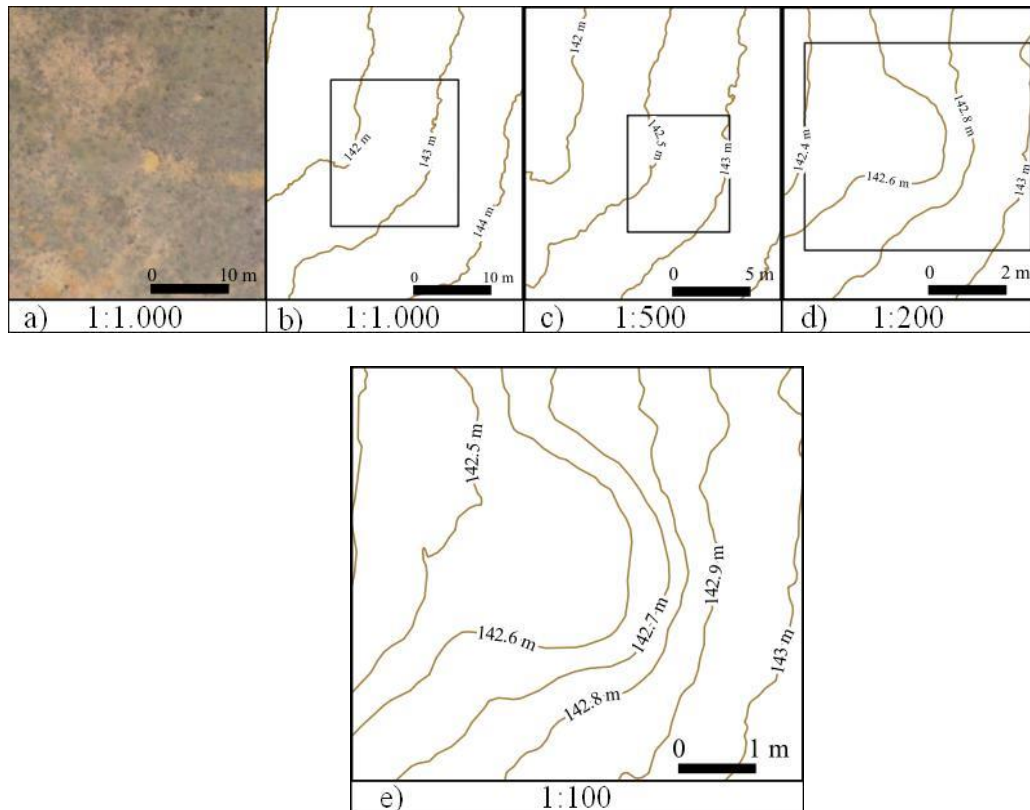
Fonte: Costa *et al.* (2020).

Os resultados e a descrição apresentados a seguir foram publicados em artigo científico (COSTA *et al.*, 2020), no Boletim de Ciências Geodésicas.

A Figura 4.76 mostra a representação cartográfica da feição Degrau de abatimento nas escalas 1:1.000, 1:500, 1:200 e 1:100, identificada com o número 1 na Tabela 4.1 e nas Figuras 4.74, 4.75a e 4.75b. Essa feição do relevo é caracterizada por pequenas depressões no terreno, chamadas de degraus, causadas devido à perda de óxidos no solo (FUJIMOTO, GONÇALVES; ZANCANARO, 2010). A feição é descrita por ter um formato alongado e semicircular, sendo encontrada nas cabeceiras de drenagem (UAGODA *et al.*, 2004; FUJIMOTO; GONÇALVES; ZANCANARO, 2010) e em áreas onde a erosão superficial não é relevante (FUJIMOTO; GONÇALVES; ZANCANARO, 2010).

A Figura 4.76a mostra a área da representação da feição na escala 1:1.000 no ortofotomosaico. As Figuras 4.76b, 4.76c, 4.76d, 4.76e mostram a representação cartográfica do relevo nas diferentes escalas. Pela análise das curvas de nível, é possível verificar que o formato alongado e semicircular da feição degrau de abatimento é representado pela escala 1:200 (Figura 4.76d), com 20 cm de equidistância entre as curvas de nível e consequente pela escala 1:100 (Figura 4.76e), com equidistância de 10 cm entre as curvas de nível. Nessas duas escalas é possível observar a ruptura do relevo a partir da declividade formada pelas curvas de nível, que forma o “degrau” no terreno. As curvas de nível nas escalas menores que 1:200, representadas nas Figuras 4.76c (1:500), 4.76b (1:1.000) e Figura 4.75b (1:5.000) não são capazes de representar as características geomorfológicas da feição. As curvas de nível com 50 cm de equidistância, representadas na escala 1:500 (Figura 4.76c) apenas indicam uma variação no terreno que sugere um formato semicircular, porém, sem detalhar as características geomorfológicas da feição. Nas escalas 1:1.000 (Figura 4.76b) e 1:5.000 (Figura 4.75b) não é possível identificar nem as características espaciais da feição e nem a sua localização espacial no terreno.

Figura 4.76 – Degrau de abatimento: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500; d) curvas de nível na escala 1:200; e) curvas de nível na escala 1:100.



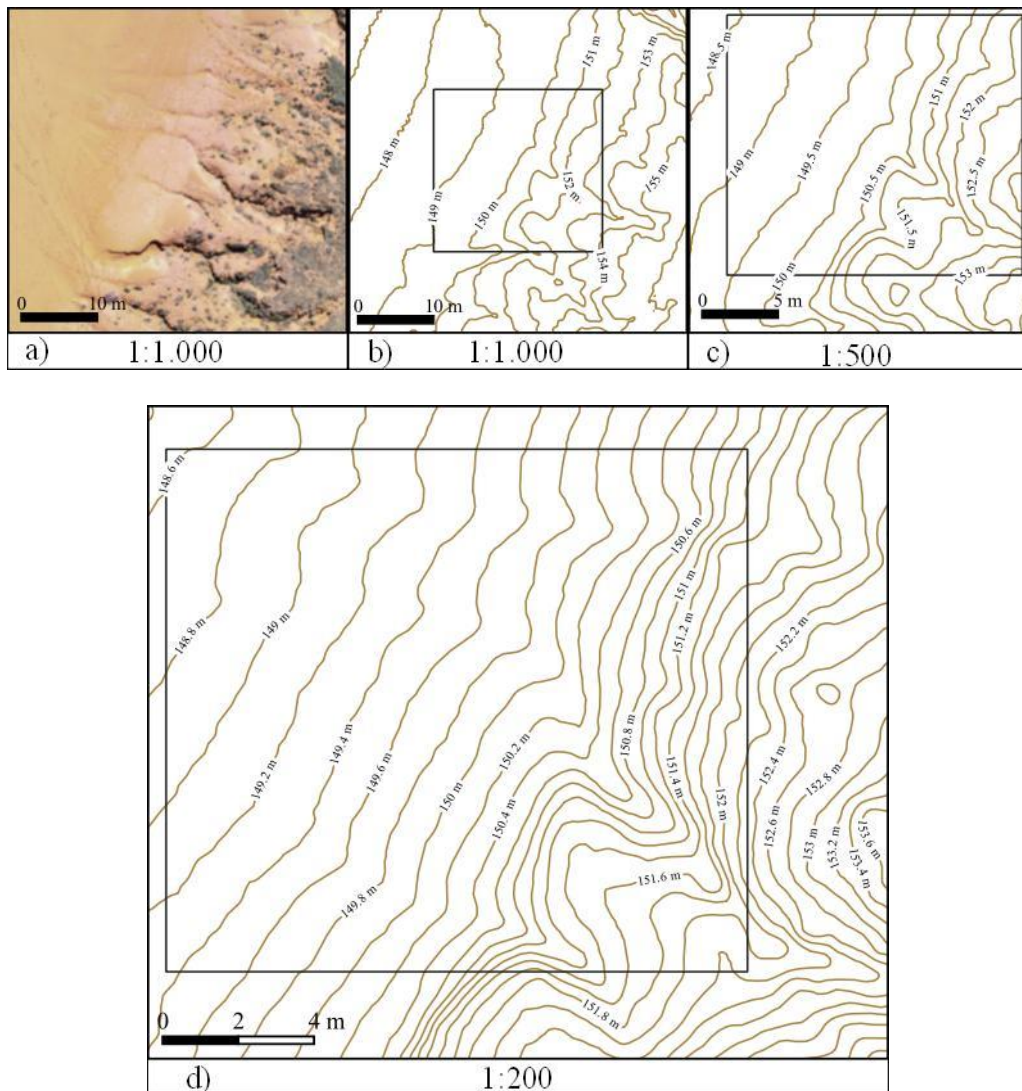
Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

As Figuras 4.77 e 4.78 mostram a representação cartográfica em diferentes escalas das feições descritas como sulcos. Os sulcos dessa área são pequenos canais formados por escoamento concentrado (VERDUM; SOARES, 2010) e que podem evoluir para formas de ravinas e voçorocas (SUERTEGARAY, 2011).

A Figura 4.77a mostra a área da representação dos sulcos no ortofotomosaico na escala 1:1.000. A área selecionada corresponde ao número 2 na Figura 4.75a. Os pequenos canais possuem suas características geomorfológicas melhor representadas nas escalas 1:200 (Figura 4.77d) e 1:100 (Figura 4.78). Na escala 1:100, além das pequenas incisões no relevo formadas pelos sulcos, também é possível identificar a direção do escoamento concentrado. Na escala 1:200 (Figura 4.77d), essas características do relevo ainda são percebidas, mas com menor nível de detalhamento. Na escala 1:500 (Figura 4.77c) as pequenas incisões no relevo formadas pelos sulcos são quase imperceptíveis. Nessa escala somente é possível

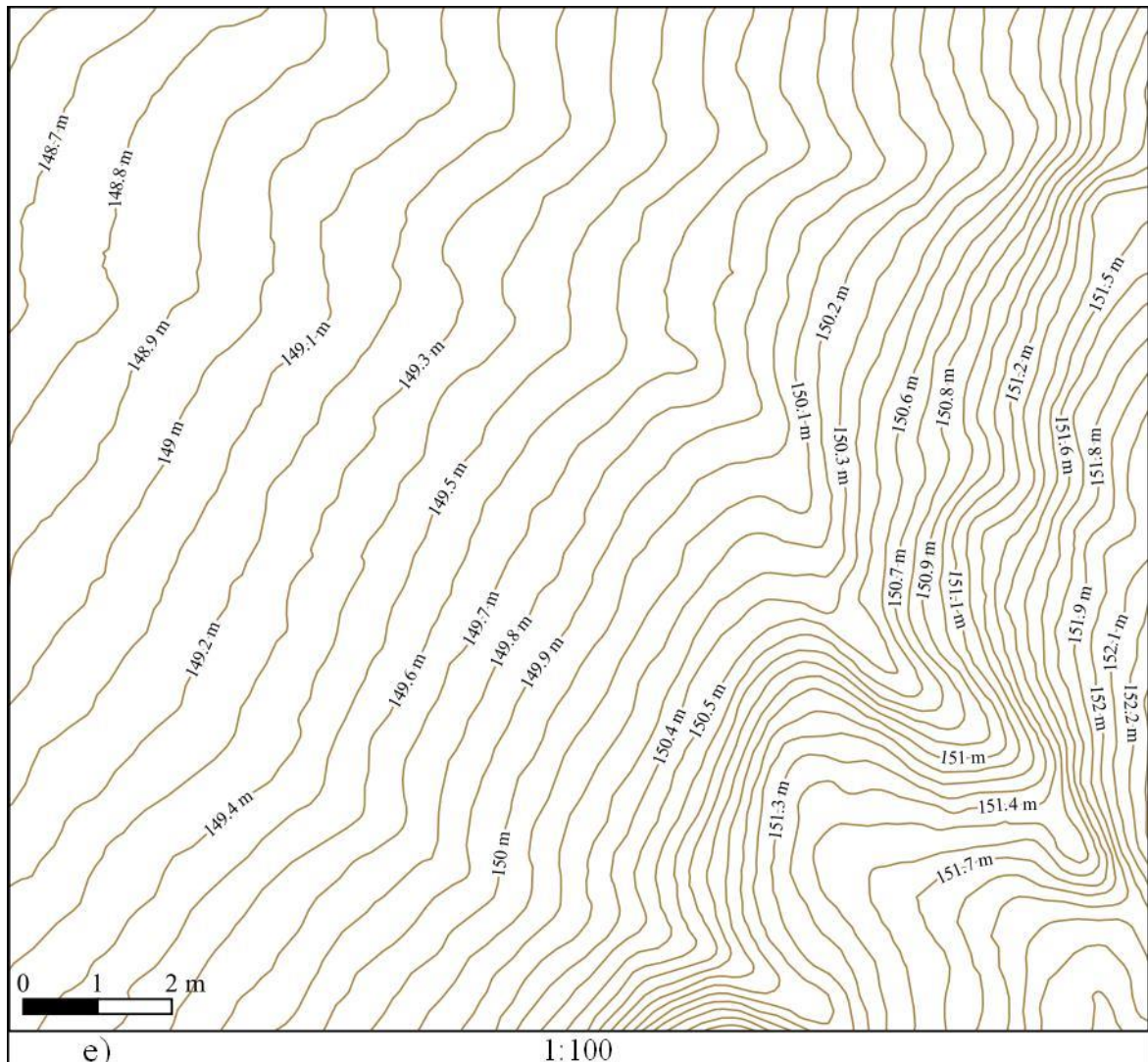
identificar os canais mais profundos e largos presentes no terreno, porém esses canais já indicam a formação de feições de relevo do tipo ravinas. Na escala 1:1.000 (Figura 4.77b), as curvas de nível com equidistância de 1 m não representam os sulcos, somente a localização espacial do canais mais profundos que indicam escoamento concentrado em ravinas. Na escala 1:5.000 (Figura 4.75b), as curvas de nível com equidistância de 2 m indicam apenas a localização espacial dos canais mais profundos de escoamento concentrado em ravina, sem representar as suas características geomorfológicas.

Figura 4.77 – Sulco: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500; d).curvas de nível na escala 1:200.



Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

Figura 4.78 – Sulco: curvas de nível na escala 1:100.



Fonte: Costa *et al.* (2010).

As Figuras 4.79 e 4.80 mostram a representação cartográfica das feições do relevo identificadas como ravinas. As ravinas são descritas como resultantes da segunda fase do processo de arenização (SUERTEGARAY, 2011). Essas formas de relevo se originam a partir da dinâmica hídrica por escoamento concentrado. A erosão resultante do escoamento concentrado é responsável por alargar pequenos canais (sulcos), formando as ravinas. Os sedimentos expostos pela erosão são transportados e depositados no terreno em episódios de chuvas torrenciais (SUERTEGARAY, 2011).

A Figura 4.79a mostra a área selecionada para a representação da ravina na escala 1:1.000, representada pelo número 3 no ortofotomosaico (Figura 4.75a). Pela análise das curvas de nível nas diferentes escalas, foi possível verificar que a ravina

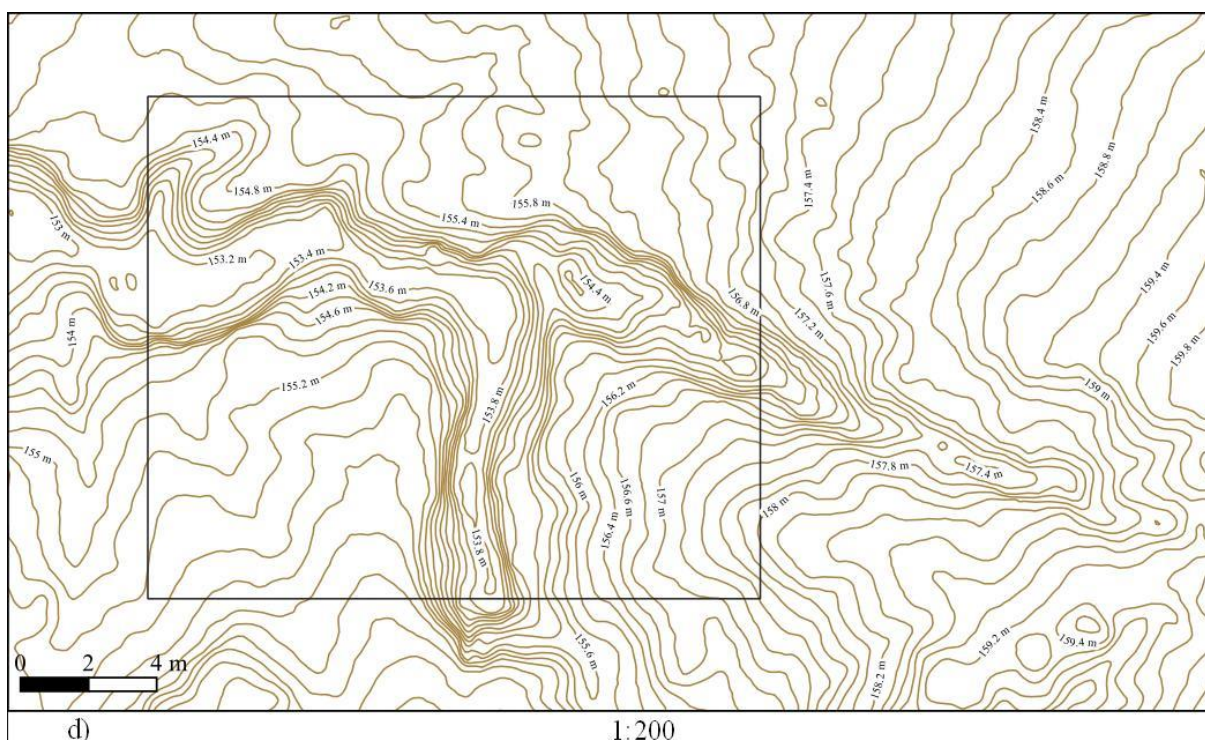
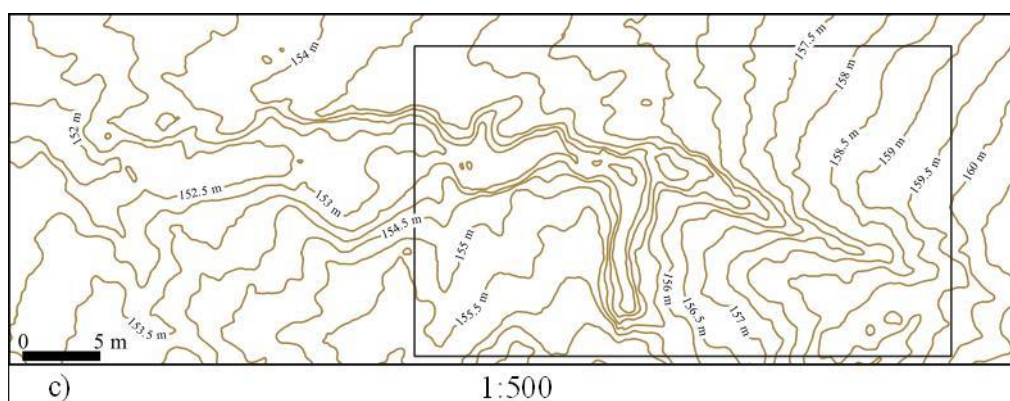
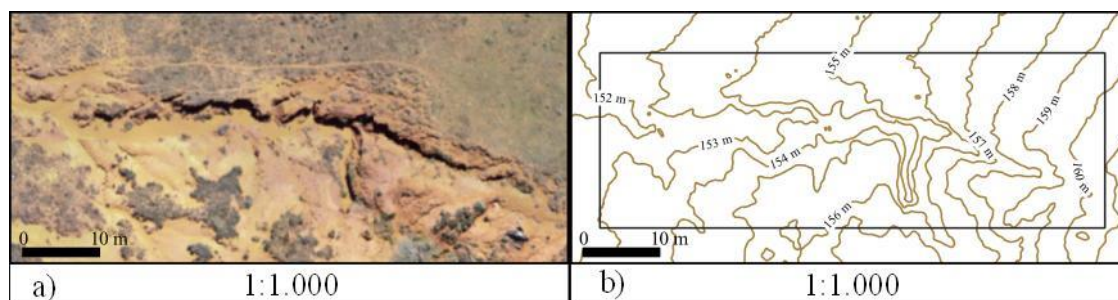
possui suas características geomorfológicas bem representadas pela escala 1:500 (Figura 4.79c) e maiores.

Na escala 1:100 (Figura 4.80), as curvas de nível representam a declividade das laterais da ravina e o canal de escoamento com alto nível de detalhamento. Nessa escala também é possível representar a direção do fluxo de sedimentos. Na escala 1:200 (Figura 4.79d), ainda é possível observar essas características geomorfológicas, mas com um detalhamento um pouco menor. Na escala 1:500 (Figura 4.79c) essas características ainda são representadas pelas curvas de nível com equidistância de 0,5 cm, mesmo que o nível de detalhamento seja menor do que as escalas maiores. Nesse sentido, a escala 1:500 e maiores podem ser utilizadas para analisar os processos erosivos na ravina com maior detalhamento.

Na escala 1:1.000 (Figura 4.79b), as curvas de nível permitem identificar espacialmente a ravina, pois é possível identificar, a partir da representação das curvas de nível, os canais mais profundos presentes no relevo, assim como a direção do escoamento de sedimentos. Essas características são verificadas a partir da representação do contorno e da declividade das curvas de nível, com equidistância de 1 m.

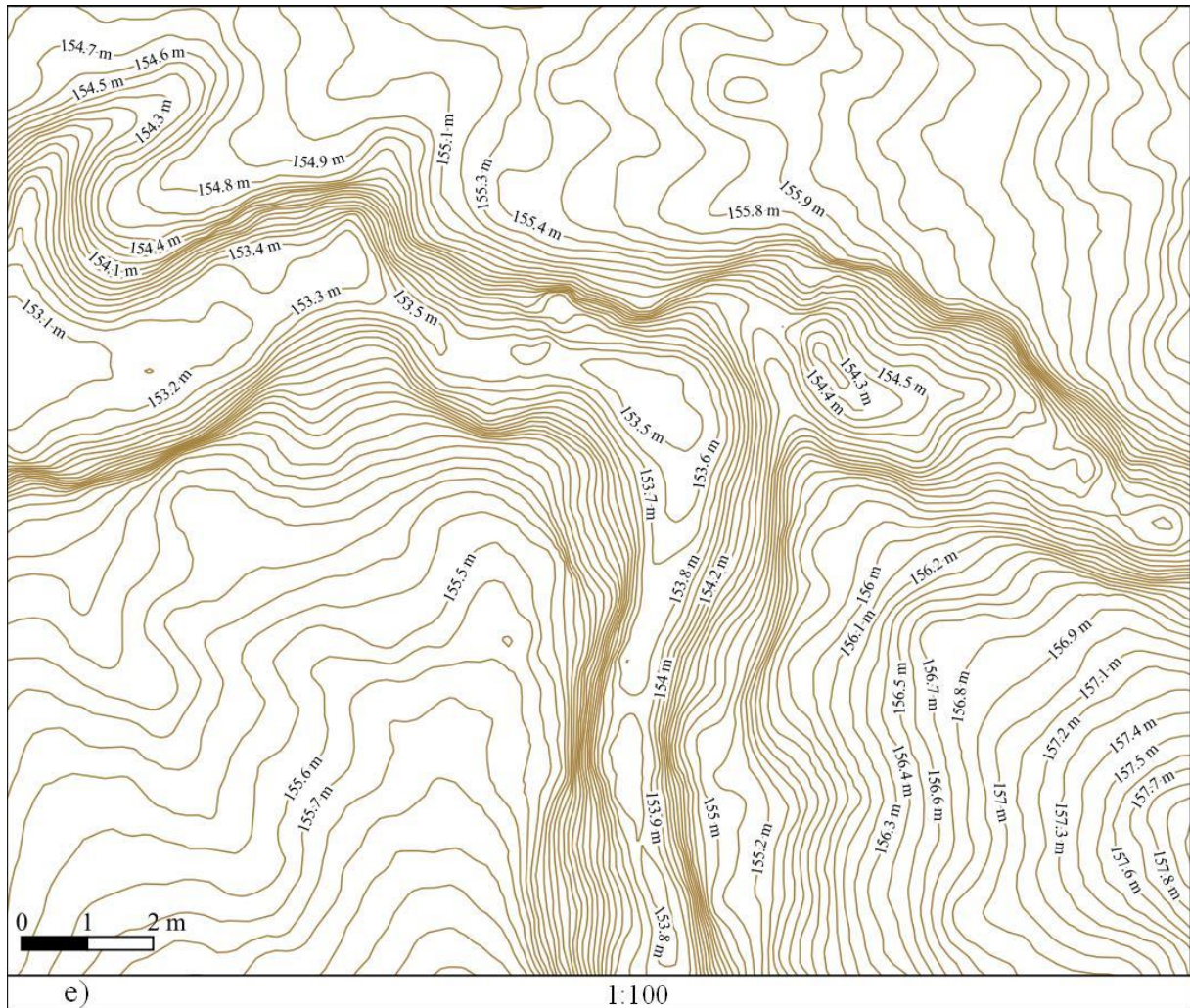
Na escala 1:5.000 (Figura 4.75b) as curvas de nível, permitem identificar apenas a localização espacial da ravina. As curvas de nível com 2 m de equidistância não representam as características geomorfológicas da ravina, apenas permitem identificar a direção do fluxo de sedimentos.

Figura 4.79 – Ravina: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500; d) curvas de nível na escala 1:200.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

Figura 4.80 – Ravina: curvas de nível na escala 1:100.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

A Figura 4.81 mostra a representação cartográfica da feição micro relevo testemunho em diferentes escalas. O micro relevo testemunho possui as mesmas características geomorfológicas descritas para o morro testemunho nas escalas do mapeamento sistemático, porém em pequeno tamanho no terreno. O micro relevo testemunho indica no terreno a elevação original que o relevo possuía antes do processo de erosão (VERDUM; SOARES, 2010; SUERTEGARAY *et al.*, 2008). Essa feição de relevo possui sedimentos e topo vegetado que a tornam mais resistente aos processos erosivos (SUERTEGARAY, 2008).

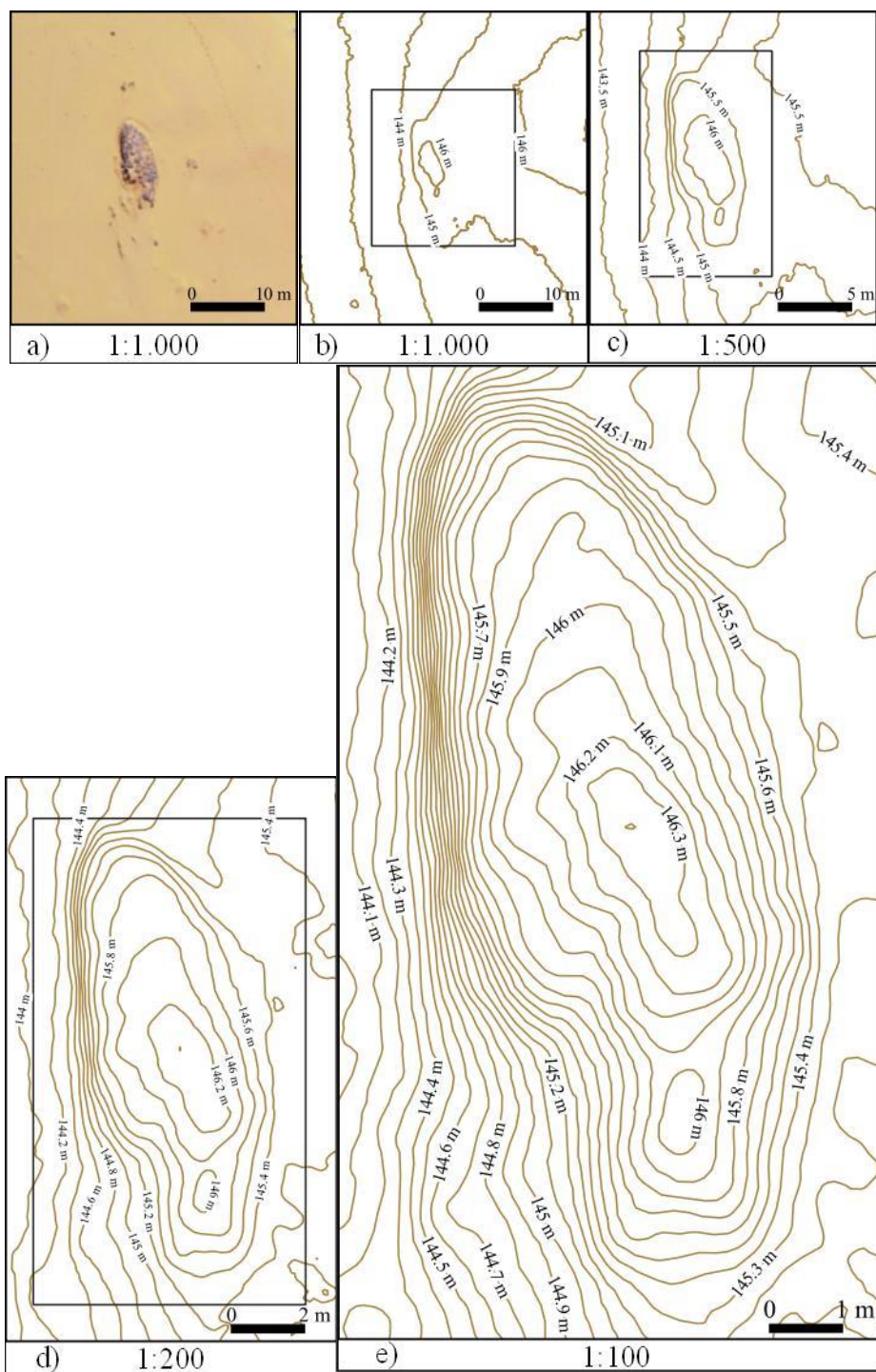
A Figura 4.81a mostra o micro relevo testemunho representado no ortofotomosaico, na área delimitada para a representação na escala 1:1.000 identificada com o número 4 (Figura 4.75a). Pela análise da representação

cartográfica da feição nas diferentes escalas, é possível perceber que as características geomorfológicas dessa feição do relevo são bem representadas pela escala 1:500 (Figura 4.81c) e maiores.

As curvas de nível na escala 1:100 (Figura 4.81e) permitem representam com detalhe o topo e a base dessa feição, assim como a alta declividade e o contorno que delimita o relevo. Na escala 1:200 (Figura 4.81d), essas características também são representadas pelas curvas de nível.

Na escala 1:500 (Figura 4.81c) o nível de detalhamento representado pelas curvas de nível é bem inferior do que o detalhamentos nas escalas maiores, porém, as características geomorfológicas da feição são representadas. As curvas de nível da escala 1:1.000 (Figura 4.81b) já não são capazes de representar as características geomorfológicas da feição. Nessa escala é possível apenas localizar a feição espacialmente devido ao contorno representado pela curva de nível. O mesmo ocorre para a escala 1:5.000 (Figura 4.75b), porém, nessa escala o micro relevo testemunho pode ser representado como um símbolo pontual.

Figura 4.81 – Micro relevo testemunho: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500; d) curvas de nível na escala 1:200; e) curvas de nível na escala 1:100.

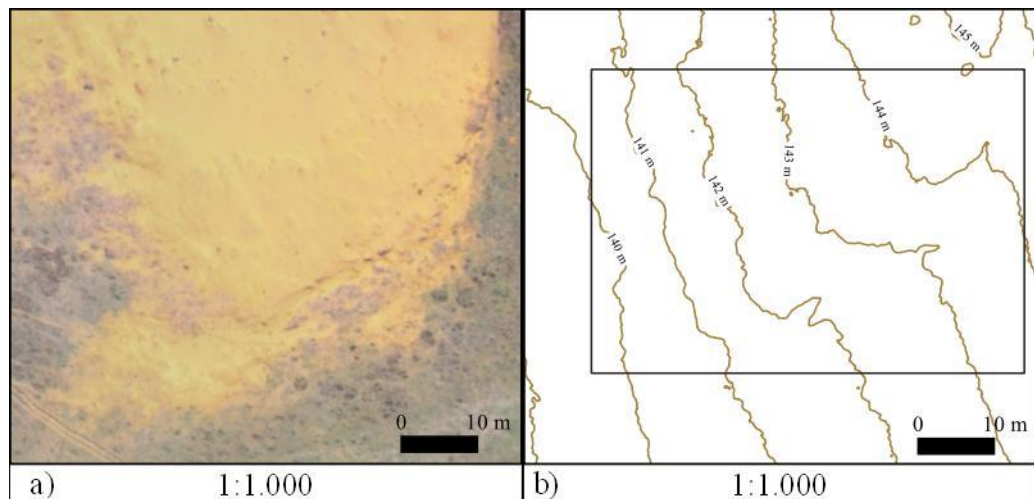


Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

As Figuras 4.82, 4.83 e 4.84 mostram a representação cartográfica da duna. A duna da área de estudo se formou pela grande acumulação de sedimentos devido à ação eólica no processo de arenização (VERDUM; SOARES, 2010).

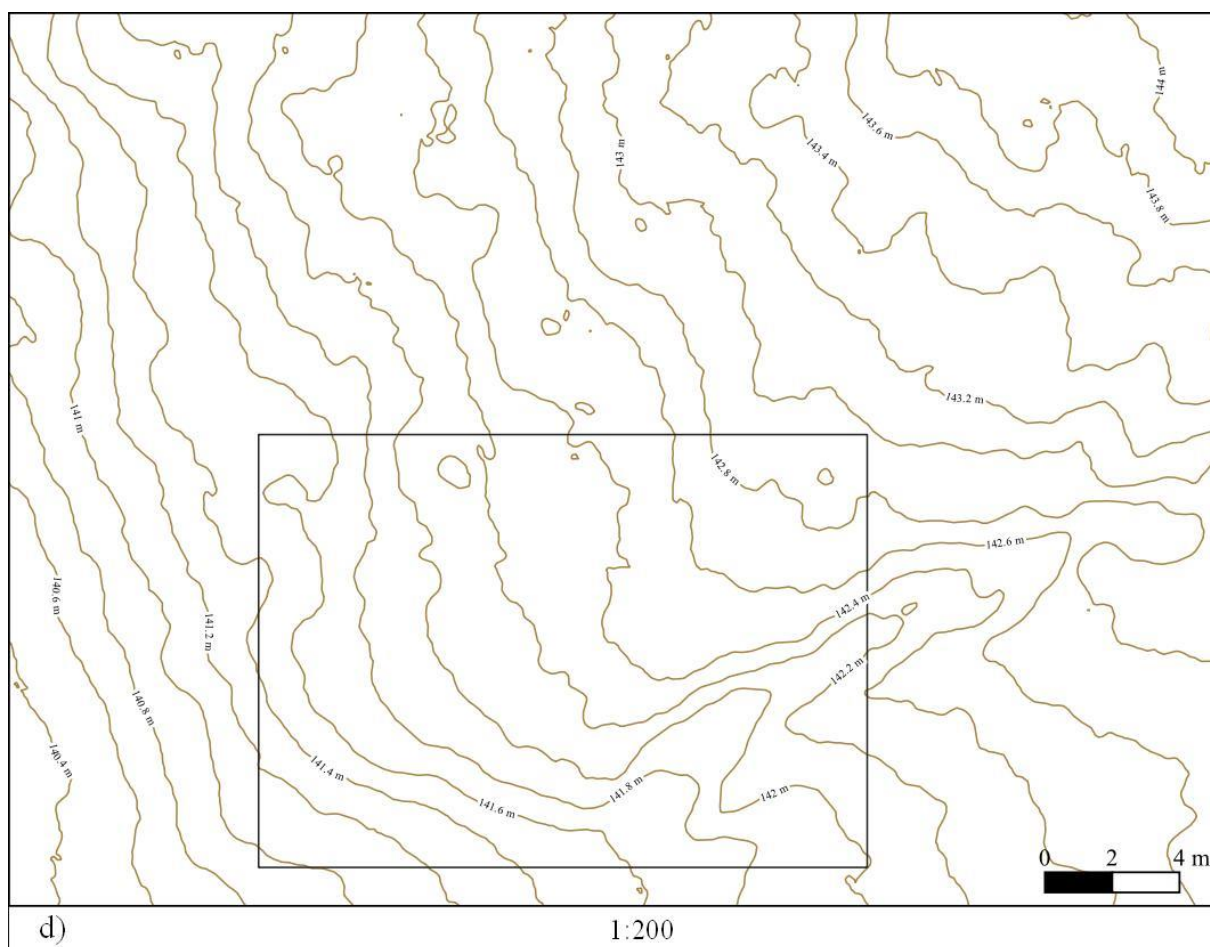
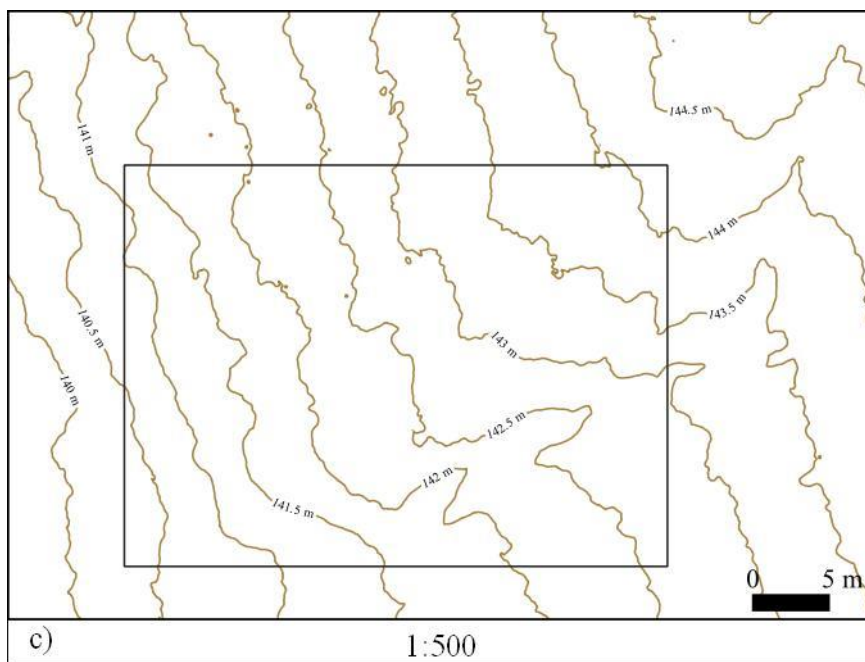
A Figura 4.82a mostra a representação da duna no ortofotomosaico na escala 1:1.000, que corresponde à numeração 5 na Figura 4.75a. Na escala 1:100 (Figura 4.84), as curvas de nível representam a duna a partir da representação da área do limite da feição, onde há o acúmulo de sedimentos. O limite é representado pela declividade e direção do fluxo de sedimentos. Na escala 1:200 (Figura 4.83d) essas características continuam representadas pelas curvas de nível. Na escala 1:500 (Figura 4.83c) há significativa perda de detalhamento na representação da feição pelas curvas de nível, mas ainda é possível identificar o limite da feição partir da declividade e a área onde há acúmulo de sedimentos, pelo contorno das curvas de nível. Nesse sentido, a representação da variação da encosta nas escalas 1:100, 1:200 e 1:500, permite limitar a extensão das dunas formadas pelo acúmulo de sedimentos arenosos. Na escala 1:1.000 (Figura 4.82b), as curvas de nível possuem um nível de detalhamento muito baixo para caracterizar a área com acúmulo de sedimento arenoso, mas ainda é possível identificar algumas características geomorfológicas como o limite da duna. Na escala 1:5.000 (Figura 4.75b), pode-se identificar apenas a região com acúmulo de areia, mas com baixo nível de detalhamento para delimitar a duna e o acúmulo de areia.

Figura 4.82 – Duna: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000.



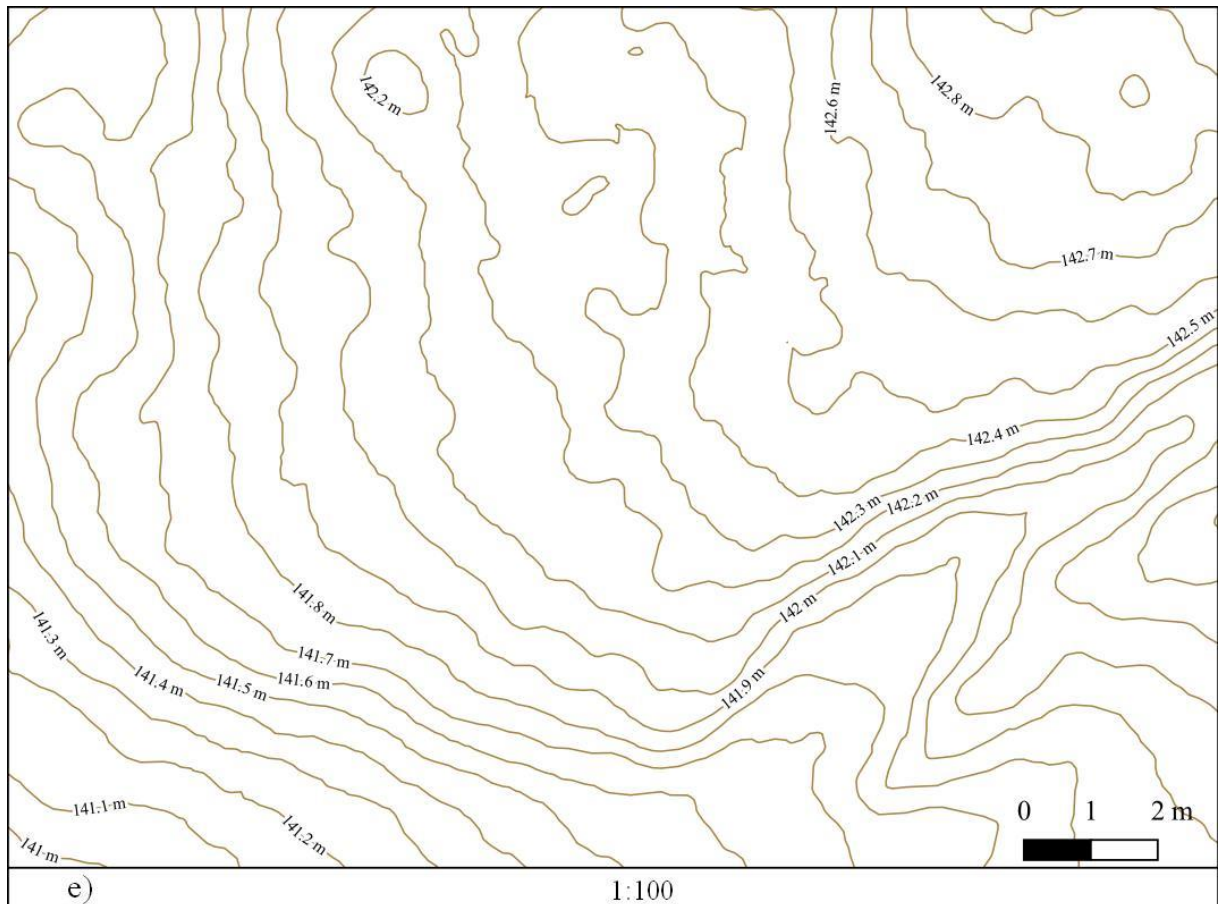
Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

Figura 4.83 – Duna: c) curvas de nível na escala 1:500; d) curvas de nível na escala 1:200.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

Figura 4.84 – Duna: curvas de nível na escala 1:100.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

As Figuras 4.85, 4.86 e 4.87 mostram a representação cartográfica do leque deposicional em diferentes escalas. O leque deposicional se forma no processo de arenização devido ao transporte de sedimentos por escoamento superficial em episódios de chuvas torrenciais (SUERTEGARAY, 2011). Essa feição ocorre na base de ravinas e voçorocas (SUERTEGARAY, 2011).

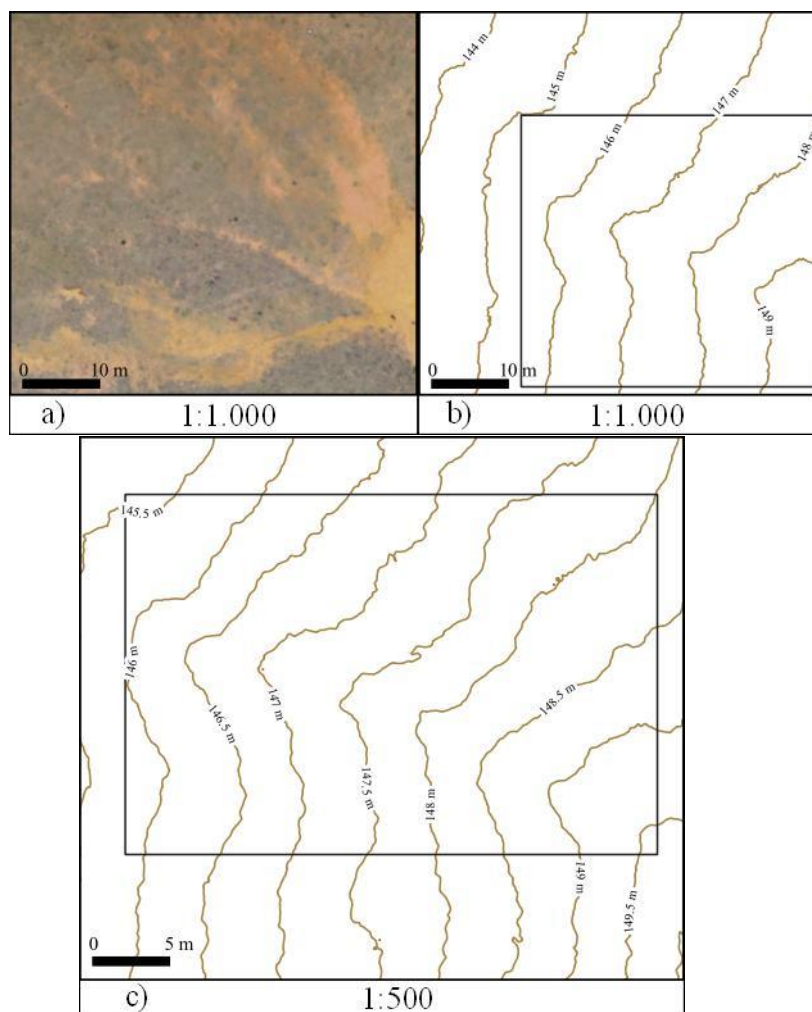
A Figura 4.85a mostra o leque deposicional, localizado com o número 6 no ortofotomosaico (Figura 4.75a), na escala 1:1.000. Na escala 1:100 (Figura 4.87), o formato do leque é representado pelo fluxo direcional do depósito de sedimentos com alto nível de detalhe.

Nas escalas 1:200 (Figura 4.86) e 1:500 (Figura 4.85c), as curvas de nível ainda representam o fluxo direcional do depósito de sedimentos em forma de leque. Na escala 1:1.000 (Figura 4.85b), as curvas de nível representam a área do depósito

de sedimentos, mas o formato do leque não é visível, apenas a direção principal do fluxo de deposição.

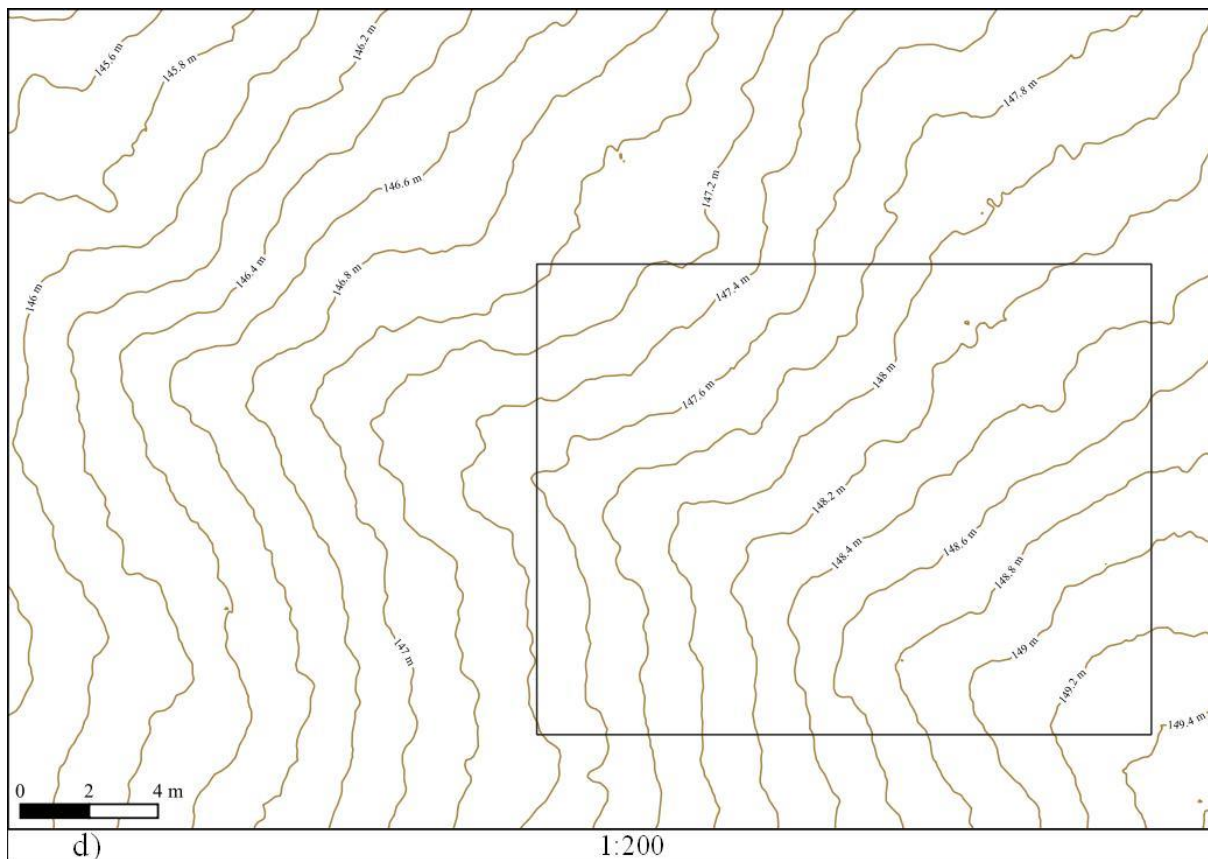
Na escala 1:5.000 (Figura 4.75b), as curvas de nível podem representar apenas a localização espacial pontual da região onde ocorre o fluxo e o depósito de sedimentos.

Figura 4.85 – Leque deposicional: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500.



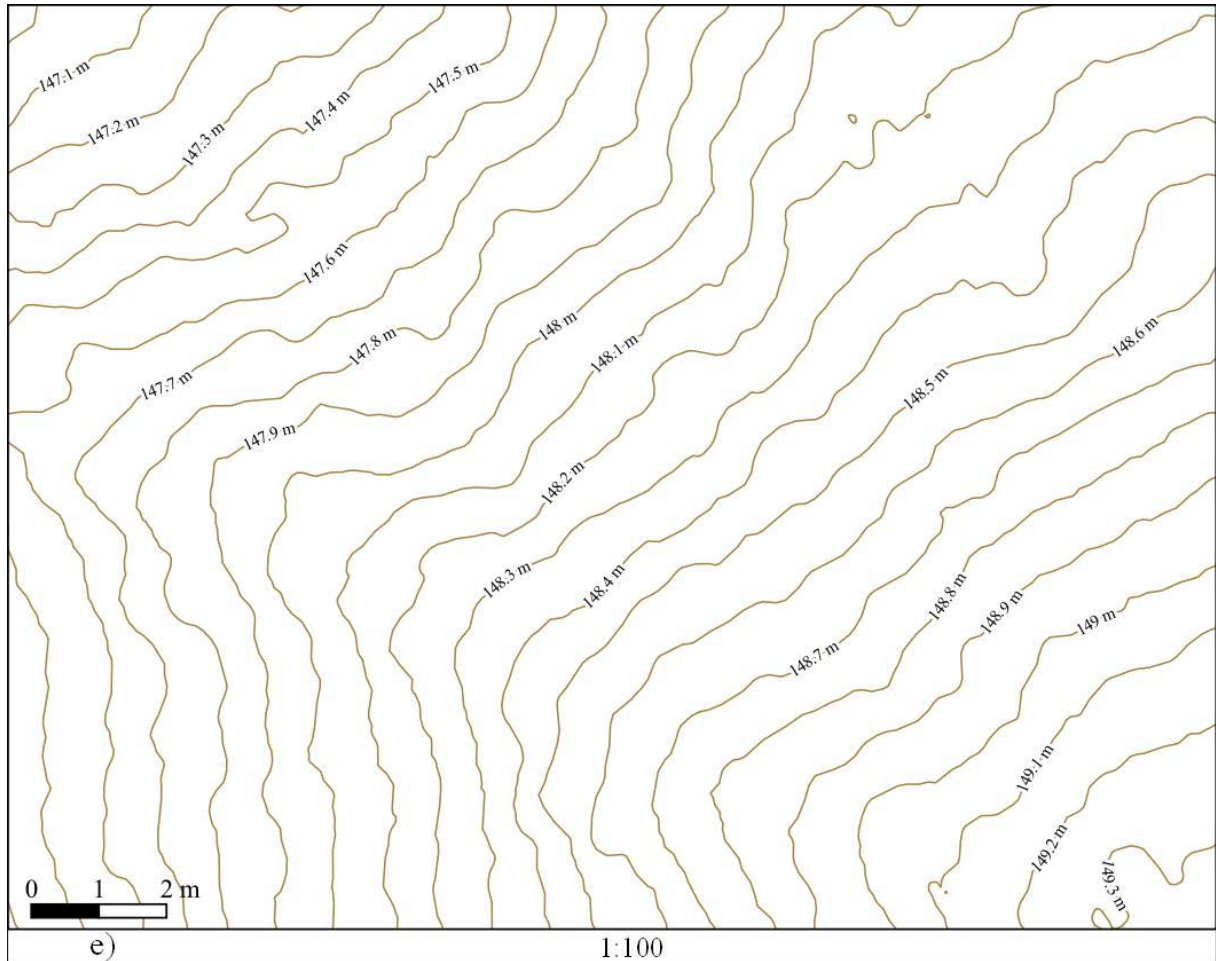
Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

Figura 4.86 – Leque deposicional: curvas de nível na escala 1:200.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

Figura 4.87 – Leque deposicional: curvas de nível na escala 1:100.



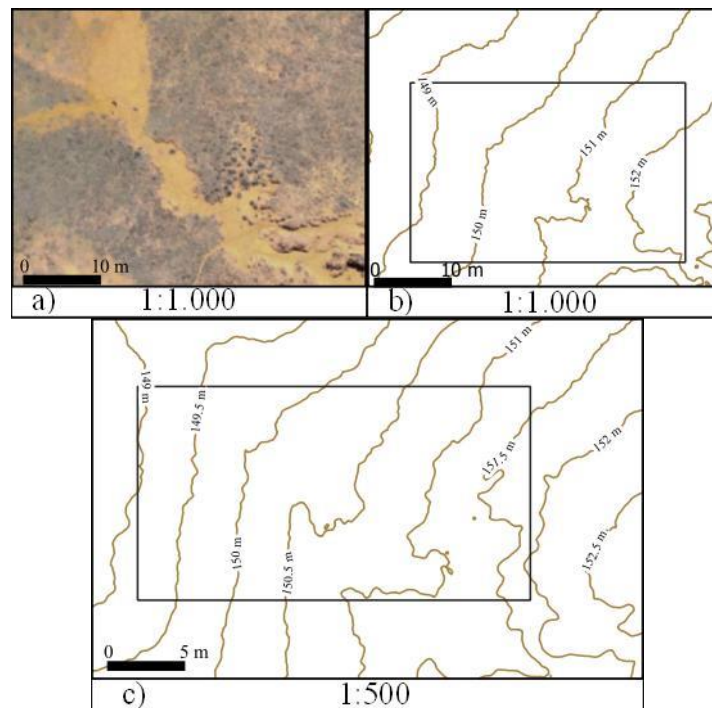
Fonte: Costa *et al.* (2020).

Segundo Suertegaray e Verdum (2008), o escoamento superficial por escoamento concentrado é responsável por expor, transportar e depositar os sedimentos arenosos no processo de arenização. O escoamento concentrado, representado nas Figuras 4.88 e 4.89, é caracterizado pelo transporte dos sedimentos, e ocorre como uma transição entre os processos de denudação e deposição, presentes na ravina e no leque deposicional, respectivamente.

A Figura 4.88a mostra o escoamento concentrado, representado pelo número 7 no ortofotomosaico (Figura 4.75a), na escala de 1:1.000. Na escala de 1:100 (Figura 4.89e), as curvas de nível representam as características geomorfológicas da feição com alto nível de detalhe. O escoamento concentrado é representado pelo canal principal do fluxo de sedimentos. Nas escalas 1:200 (Figura 4.89d) e 1:500 (Figura 4.88c), as curvas de nível representam as mesmas características geomorfológicas

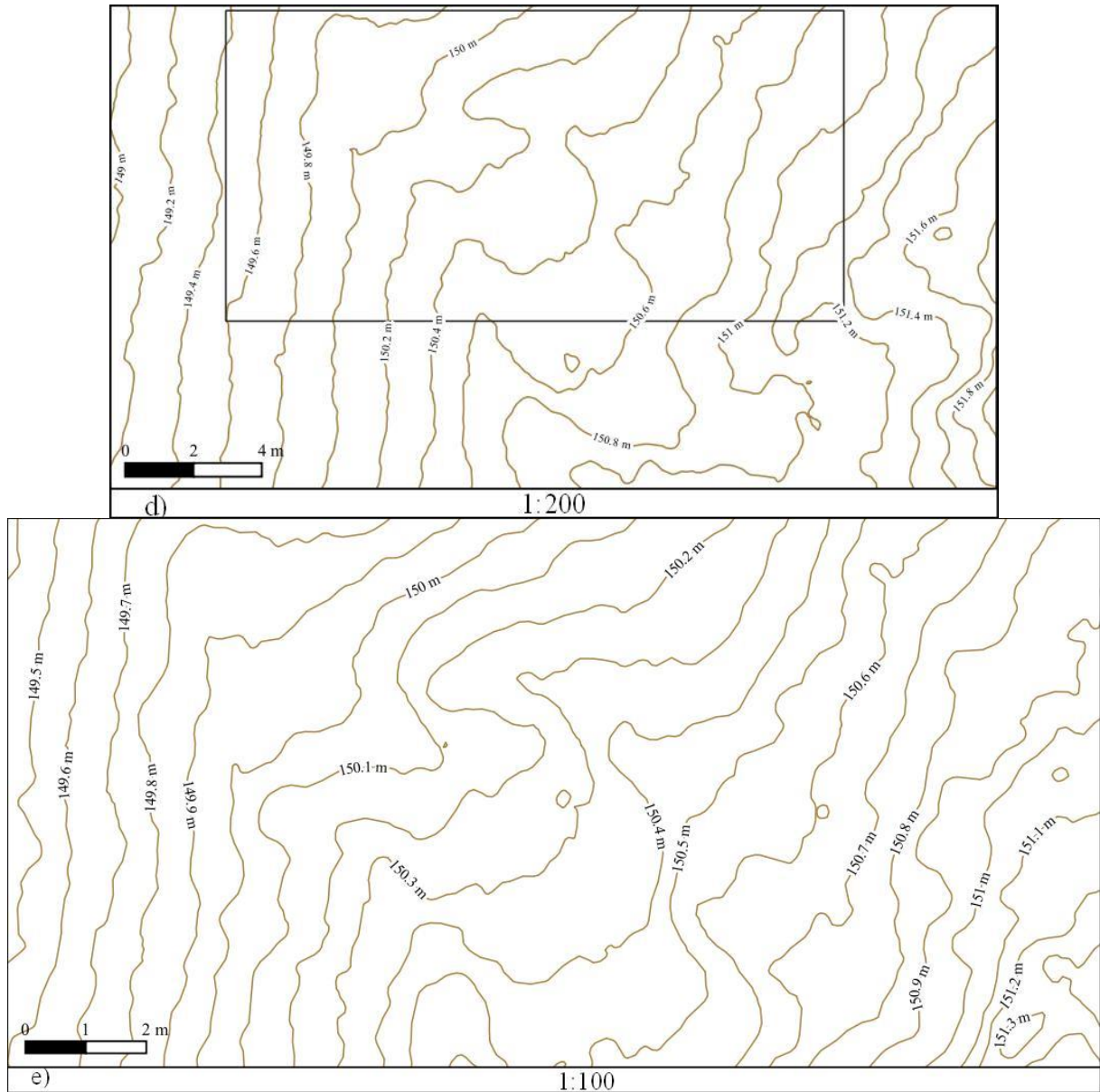
visualizadas na escala 1:100. O canal principal tem um nível de detalhe inferior na escala 1:500, mas as curvas de nível ainda o representam. A região de transição entre os processos denudacional e deposicional também está representada nesta escala. Na escala 1:1.000 (Figura 4.88b), as curvas de nível permitem identificar o fluxo concentrado e a região de transição entre os processos denudacional e deposicional. No entanto, menos curvas de nível representam o canal principal que caracteriza este relevo, o que significa um nível de detalhamento insuficiente para delimitar o canal. Na escala de 1:5.000 (Figura 4.75b), as curvas de nível representam apenas a localização espacial deste relevo, e os limites do canal não são representados. A região de transição entre os processos denudacional e deposicional é fornecida apenas por uma localização espacial pontual da feição.

Figura 4.88 – escoamento concentrado: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000; c) curvas de nível na escala 1:500.



Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

Figura 4.89 – Escoamento concentrado: d) curvas de nível na escala 1:200; e) curvas de nível na escala 1:100.



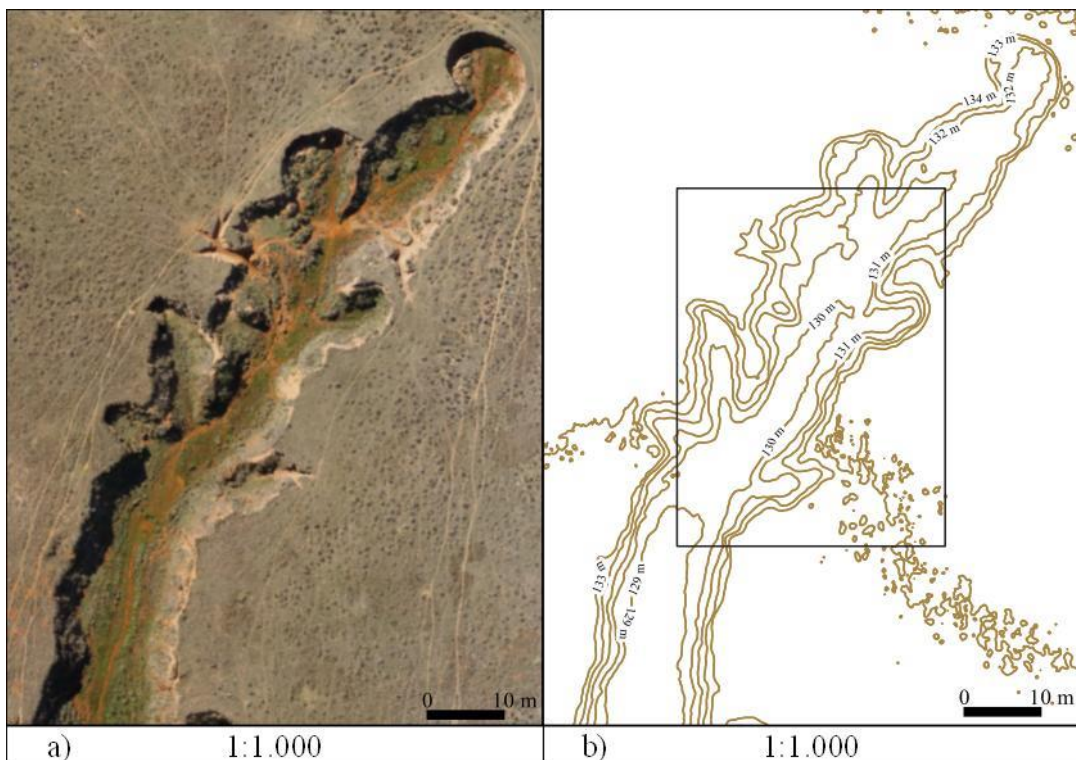
Fonte: Costa *et al.* (2020).

As Figuras 4.90 e 4.91 mostram a representação cartográfica da voçoroca. A voçoroca é descrita como uma forma de relevo que possui um processo avançado de erosão e alta declividade nas laterais (SUERTEGARAY *et al.* 2008; IBGE, 2009). A voçoroca cobre uma parte considerável da área do MDS. Esta feição do relevo é a única analisada neste estudo que está fora dos limites da área com areia exposta, localizada no compartimento de várzea. A voçoroca está associada às áreas onde ocorre o processo de arenização e a sua ocorrência nessa região está relacionada à

instabilidade da paisagem (SUERTEGARAY *et al.* 2008; GUASSELLI; EVERS, 2012).

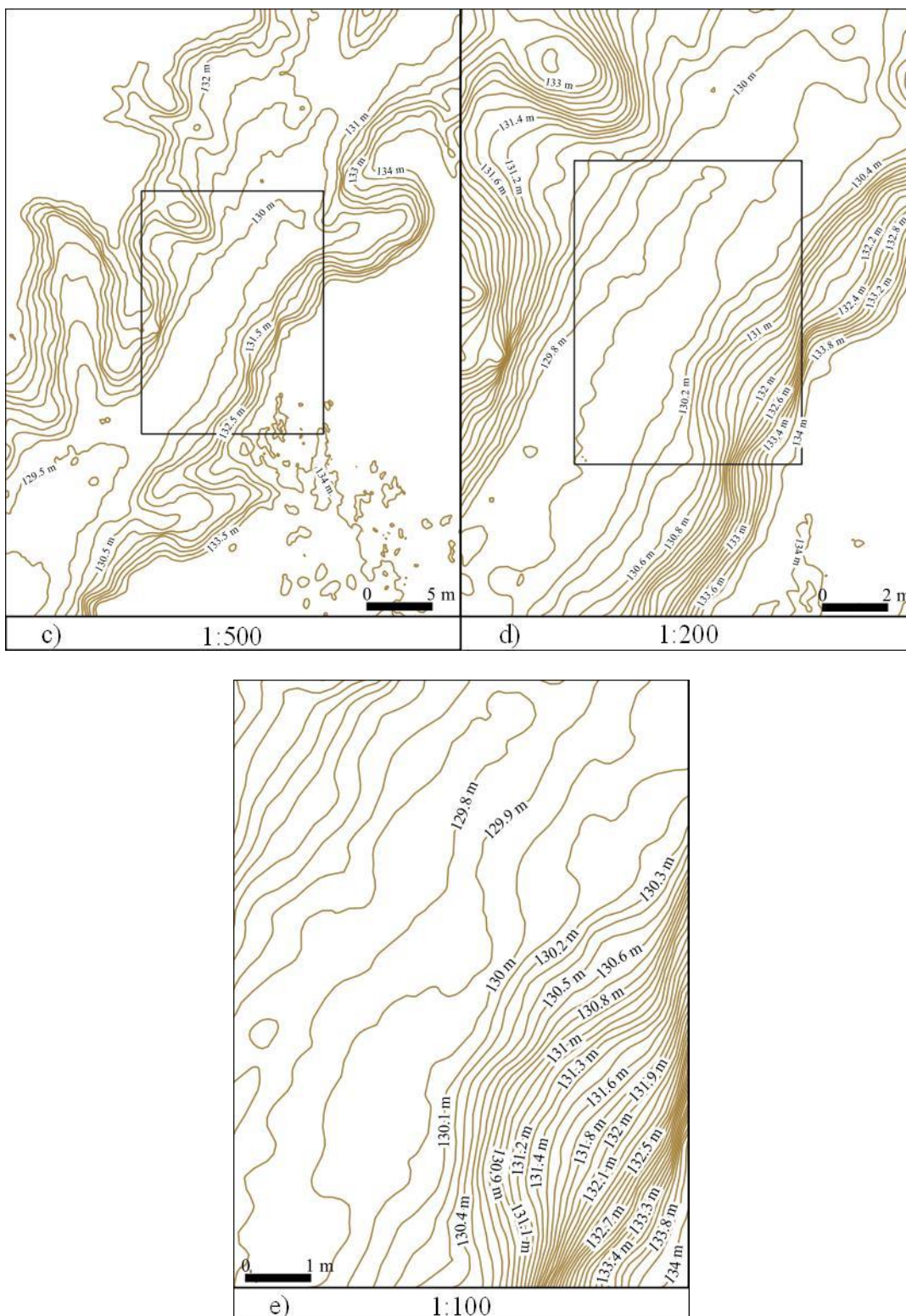
A Figura 4.90a mostra a voçoroca, representada pelo número 8 no ortofotomosaico (Figura 4.75a), na escala 1:1.000. Na escala 1:100 (Figura 4.91e), as curvas de nível representam características da voçoroca com um alto nível de detalhamento. As características são representadas pelas altas declividades nas laterais da voçoroca e a localização de canais, com a indicação do fluxo concentrado de sedimentos. Na escala 1:200 (Figura 4.91d), ainda é possível representar as mesmas características geomorfológicas visualizadas na escala 1:100. Embora as escalas 1:500 (Figura 4.91c) e 1:1.000 (Figura 4.90b) possuam um nível de detalhamento inferior em relação às escalas maiores, essas características continuam representadas. Na escala 1:5.000 (Figura 4.75b) ainda é possível identificar a alta declividade e a direção do escoamento concentrado nos canal formado na base da voçoroca.

Figura 4.90 – Voçoroca: a) ortofotomosaico na escala 1:1.000; b) curvas de nível na escala 1:1.000.



Fonte: Adaptado de Costa *et al.* (2020).

Figura 4.9 – Voçoroca: c) curvas de nível na escala 1:500; d) curvas de nível na escala 1:200; e) curvas de nível na escala 1:100.



Fonte: Costa *et al.* (2020).

5 CONCLUSÕES

A metodologia proposta para atingir os objetivos deste estudo possibilitou uma análise entre a representação cartográfica do relevo de acordo com os padrões de escalas definidas para o mapeamento topográfico e a representação das características geomorfológicas do relevo nessas escalas. Essa análise permitiu verificar quais escalas utilizadas no mapeamento topográfico são adequadas para a representação de diferentes formas de relevo descritas e mapeadas no bioma Pampa. A metodologia foi desenvolvida para um estudo de caso, a partir da definição de uma área no bioma Pampa selecionada para a análise da representação cartográfica das feições. Conforme verificado neste estudo a partir do desenvolvimento do método e obtenção dos resultados, as mesmas etapas metodológicas podem ser utilizadas para a análise em outras regiões.

A descrição das formas do relevo do bioma Pampa, obtida a partir da revisão da literatura, foi utilizada para a análise da representação cartográfica das feições geomorfológicas em diferentes escalas. Em relação à disponibilidade de dados de cartas topográficas, foi verificado que há uma grande lacuna de dados vetoriais nas escalas 1:25.000 e 1:100.000 para o bioma Pampa. A falta de dados em algumas escalas fez com que neste estudo fossem utilizadas outras fontes de dados cartográficos do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE).

O MDE fornecido pelo SRTM, com resolução espacial de 30 m, apresentou resultados adequados para a análise visual das curvas de nível nas escalas 1:25.000 e 1:100.000. O MDE do SRTM foi utilizado para a obtenção das curvas de nível nas escalas 1:25.000 e 1:100.000 para os locais da área do estudo de caso onde não havia a disponibilidade de dados cartográficos de cartas topográficas. O SRTM foi escolhido após análise visual e comparativa com as curvas de nível obtidas do MDE do ALOS - PALSAR, com resolução espacial de 12,5 m, nas escalas 1:25.000 e 1:100.000. A escolha pelo uso do MDE do SRTM se deu após a verificação de uma melhor correspondência altimétrica das curvas de nível do MDE do ALOS - PALSAR, quando comparadas com as cotas altimétricas das curvas de nível representadas em cartas topográficas. As maiores diferenças visuais de representação das feições do relevo entre as curvas de nível geradas pelo SRTM com as curvas de nível das cartas topográficas ocorreram nas áreas de planícies, apesar de que em relação às cotas altimétricas, os dados foram correspondentes na

maior parte das áreas analisadas. Também foi utilizado neste estudo um processo de generalização cartográfica para a obtenção de curvas de nível na escala 1:100.000, a partir da escala 1:25.000, para as áreas cobertas por essa escala.

Em relação às feições de relevo analisadas nas escalas do mapeamento sistemático, a maior parte foi representada a partir de suas características geomorfológicas nas escalas 1:50.000 ou 1:25.000. As feições dissecação homogênea tabular, pediplano degradado desnudado, pediplano retocado inumado, escarpa erosiva e morro testemunho tiveram as suas características geomorfológicas representadas pela escala 1:50.000 e 1:25.000, ou seja, a escala mínima para representar essas feições é 1:50.000. Já as feições dissecação homogênea convexa, rampa de colúvio, crista simétrica e ressalto, tiveram as suas características geomorfológicas representadas na escala 1:25.000, sendo essa a escala mínima para a representação cartográfica das características das mesmas. As feições do relevo paleodrenagem, terraço fluvial, planície fluvial e arenização não tiveram as suas características geomorfológicas representadas em nenhuma das escalas do mapeamento sistemático. Portanto, para representá-las, a escala do mapeamento deve ser maior que 1:25.000.

Neste estudo também foi possível determinar escalas mínimas para a representação de feições do relevo associadas ao processo de arenização. Para isso, foi utilizado um Modelo Digital de Superfície (MDS) de alta resolução espacial, que permitiu extrair curvas de nível nas escalas 1:100, 1:200, 1:500, 1:1.000 e 1:5.000. Foram analisadas nessas escalas as seguintes feições: degrau de abatimento, sulco, ravina, micro relevo testemunho, duna, leque deposicional, escoamento concentrado e voçoroca.

Os resultados da análise das feições nas escalas maiores do que as do mapeamento sistemático mostraram que as formas de relevo degrau de abatimento, sulco e duna tiveram as suas características geomorfológicas melhor representadas pelas curvas de nível da escala 1:200, sendo portanto, essa a escala mínima para a representação dessas feições. As feições micro relevo testemunho, leque deposicional e escoamento concentrado tiveram as suas características geomorfológicas bem representadas na escala 1:500 e maiores (1:200 e 1:100), sendo portanto a escala 1:500 a escala mínima para a representação cartográfica dessas feições. As características geomorfológicas da ravina foram bem

representadas pelas curvas de nível na escala 1:1.000 e maiores (1:500, 1:200, 1:100), sendo, portanto, a escala 1:1.000 a escala mínima para a representação cartográfica dessa feição. A voçoroca foi a única feição analisada nessas escalas que teve as suas características geomorfológicas representadas pelas curvas de nível na escala 1:5.000.

O principal resultado deste estudo foi o de demonstrar o nível de detalhamento necessário para representar diferentes feições do relevo em cartas topográficas. Esse nível de detalhamento foi demonstrado a partir das escalas mínimas para a representação cartográfica das características geomorfológicas das feições do relevo. Foi verificado que, dependendo das características geomorfológicas, são necessários diferentes níveis de detalhamento, e consequentemente, diferentes escalas para representar as feições do relevo. O estudo de caso foi importante para testar a metodologia proposta para esse tipo de análise. A metodologia foi desenvolvida a fim de contribuir para a verificação da adequabilidade das escalas do mapeamento sistemático para a representação de feições do relevo características das paisagens do bioma Pampa. Com a definição dessas feições e o conhecimento das características geomorfológicas das mesmas, é possível determinar escalas mínimas para que diferentes formas de relevo possam estar representadas no mapeamento topográfico.

Como objetivos de pesquisas futuras pretende-se analisar em escalas maiores, como a escala 1:10.000, as feições que não tiveram as suas características geomorfológicas representadas no mapeamento sistemático, como terraço fluvial, planície fluvial, paleodrenagem, assim como a feição voçoroca, já que a mesma não foi analisada nessa escala. Também analisar outras feições do relevo em diferentes regiões do bioma Pampa com o mesmo método utilizado neste estudo e ampliar as mesmas análises para outros elementos da paisagem, como hidrografia e vegetação. Com isso, espera-se, a partir deste estudo, contribuir para pesquisas futuras em mapeamento topográfico no Brasil.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa foi realizada com bolsa de estudo de doutorado fornecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Rio Grande do Sul. **Geomorfologia**. n. 11. São Paulo. 1969.
- ASF DAAC. **ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_high_res; Includes Material** © JAXA/METI 2007. 2015. Disponível em: < <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>>. Acesso por ASF DAAC em fevereiro de 2021. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA.
- ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. Síntese cronológica da cartografia no Brasil. **Portal da Cartografia**, v. 1, n. 1, p. 93-110, 2008.
- ARCHELA, R. S. Evolução histórica da cartografia no Brasil-instituições, formação profissional e técnicas cartográficas. **Revista brasileira de cartografia**, v. 3, n. 59, 2007.
- BERNARDINO, M. G. de A. O “Serviço da Carta”: uma análise institucional da Comissão da Carta Geral do Brasil (1903-1932). In 13º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, 2012. **Anais...**São Paulo: USP. 2012. p. 1-8. Disponível em <https://www.13snhct.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=656>. Acesso em novembro de 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 6.666 de 27 de novembro de 2008**. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n.232, p.57, 28 nov. 2008. Seção 1.
- _____. 1988. **Constituição Brasileira**. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em novembro de 2018.
- _____. **Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm>. Acesso em novembro de 2018.
- _____. **Decreto-lei nº 243 de 28 de fevereiro de 1967**. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm>. Acesso em novembro de 2018.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. **Principles of geographical information systems**. 3.ed. Oxford : Oxford University, 2015. 330 p.

CAMBOIM, S. P.; SLUTER, C. R.; MENDONÇA, A.; JORGE, M. T. E. C. Mapeamento sistemático: a base para as Infraestruturas Nacionais de Dados Espaciais. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação, 2008. **Anais...**Recife, 2008.

CASTRO, M.C. **Detecção da Ocorrência das Condições Geométricas no Processo de Generalização Cartográfica de Cartas Topográficas Urbanas com um Sistema Especialista**. 2014. Dissertação (mestrado e Ciência Geodésicas) - Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. 2018. **Comissão Nacional de Cartografia**. Disponível em <<https://www.concar.gov.br/>>. Acesso em novembro de 2018.

_____. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais – ET - EDGV**. 2007. Disponível em <<https://www.concar.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=365&type=file>>. Acesso em novembro de 2018.

_____. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais – ET – EDGV, Versão 3**. 2017. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=81:et-edgv&catid=60&Itemid=353&lang=pt>. Acesso em abril de 2021.

_____. **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil – Perfil MGB**. 2 ed. 2011. Disponível em: <https://www.concar.gov.br/pdf/111@Perfil_MGB_homologado_nov2009_v1.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

_____. **Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. 2010. Disponível em: <<https://www.inde.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em maio de 2020.

COSTA, B. S. C.; SLUTER, C. R.; IESCHECK, A. L.; RODRIGUES, E. L. S. Large-scale cartographic representation of relief features from sandyzation process. **Bulletin of Geodetic Sciences**. v.26, n.4: e2020019, 2020.

DSG - DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. **Banco de Dados Geográfico do Exército brasileiro – BDGEx**. 2021. Disponível em: <<https://bdgex.eb.mil.br/mediador/>>. Acesso em janeiro de 2021.

_____. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. 2018. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=82:et-edgv&catid=60&Itemid=354&lang=pt>. Acesso em abril de 2021.

_____. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre**. 1ª parte. 2 ed. 2016. Disponível em: <

https://bdgex.eb.mil.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=82:et-adgv&catid=60&Itemid=354&lang=pt>. Acesso em fevereiro de 2021.

_____. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T-34-700, 2ª parte**. 2 ed. 2000. Disponível em: < www.bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/76/3/T-34-700-2-Parte.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

_____. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T-34-700, 1ª parte**. 2 ed. 1998. Disponível em: < www.bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/76/2/T-34-700-1-Parte.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de cartografia**. 2. ed. Florianópolis : Editora da UFSC, 2002. 208 p.

FUJIMOTO, N. S. V. M. GONÇALVES, F. de S. ZANCANARO, C. Caracterização das formas de relevo em degraus de abatimento nos municípios de Manoel Viana e São Francisco de Assis, região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2. pp. 69-74. 2010.

GOUVEIA, A. L.; REIS, R. B.; XAVIER, L. A.; KRUMBIEGEL, M. Programa de Atualização Permanente da Base Cartográfica Contínua do Brasil, ao milionésimo (BCIM). In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. João Pessoa, **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2015, p. 3619-3626.

GOUVEIA, A. L.; NAGATOMI, R. C. M. E; SILVA, R. L. da. Migração da base cartográfica do Brasil, ao milionésimo, para os padrões da INDE. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012. Recife, **Anais...**UFPE, 2012, p. 1-6, 2012.

GUASSELLI, L. A. O mapeamento de areais a partir de sensoriamento remoto. In: D. M. A. SUERTEGARAY, L. A. P. da Silva, L. A. GUASSELLI, eds. 2012. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre. pp. 97-123. 2012.

GUASSELLI, L. A., EVERS, H.. Relação entre paleodrenagens/valões e a ocorrência de areais no sudoeste do RS. In: D. M. A. SUERTEGARAY, L. A. P. da Silva, L. A. GUASSELLI, eds. 2012. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre. pp. 227-243. 2012.

HOPFSTOCK, Von A. **A User-Oriented Map Design in the SDI Environment. Using the Example of a European Reference Map at Medium Scale**. 2010. 411p. Thesis (Doktoringenieur). Technische Universität Dresden, Dresden, 2010. Disponível em: <tud.qucosa.de/id/qucosa%3A25665> Acesso em: dezembro de 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2021. **Bases cartográficas contínuas na escala 1:25.000**. 2021. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/>. Acesso em abril de 2021.

_____. **Geomorfologia – 1:5.000.000**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=downloads>>. Acesso em março de 2020.

_____. **Biomass e Sistema Costeiro e Marinho do Brasil – 1:250.000**. 2019a. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html?=&t=downloads>>. Acesso em novembro de 2019.

_____. **Mapa de vegetação do Brasil – escala 1:250.000**. 2019b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em janeiro de 2020.

_____. **Mapa geomorfológico do Brasil– escala 1:250.000**. 2019c . Disponível em<https://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/>. Acesso em março de 2019.

_____. **Sistema geodésico brasileiro**. 2018a. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/default_sgb_int.shtm?c=1>. Acesso em janeiro de 2019.

_____. **Mapeamento Topográfico**. 2018b. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_topo_int.shtm?c=1>. Acesso em dezembro de 2018.

_____. **Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala 1:250.000 – BC250**. 2017. Disponível em <ftp://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/>. Acesso em dezembro de 2018.

_____. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 1ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1995. Disponível em < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281611>>. Acesso em outubro de 2019.

_____. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2009. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281612>> Acesso em 23 de janeiro de 2019.

_____. **Mapa de Unidades do Relevo do Brasil – 1:5.000.000**. 2 ed. 2006. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em março de 2020.

_____. **Mapa de Biomass do Brasil– 1:5.000.000**. 2004a. Disponível em < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS > Acesso em: out. de 2011.

_____. **Mapa de vegetação do Brasil – 1:5.000.000**. 2004b. Disponível em <<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/10872-vegetacao.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em agosto de 2019.

_____. **Mapas geomorfológicos do Rio Grande do Sul – 1:250.000**. 2003. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes->

ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=downloads>. Acesso em março de 2020.

_____. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130 p. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv8595_v1.pdf>. Acesso em maio de 2021.

_____. **Geografia do Brasil: Região Sul, volume 2**. 1990. IBGE, Rio de Janeiro, 1990. 408p.

_____. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento dos Recursos Naturais v. 33. Folha SH Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**. Rio de Janeiro. 1986.

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Portal SIG Brasil**. 2021. Disponível em <<https://www.inde.gov.br>>. Acesso em dezembro de 2021.

JAXA/EORC – JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY/ EARTH OBSERVATION RESEARCH and APPLICATION CENTER–. **ALOS Data Users Handbook. Revision C**. 2008. Disponível em <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/doc/fdata/ALOS_HB_RevC_EN.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em fevereiro de 2021.

KEATES, J. S. **Cartographic Design and Production**. 2 ed. Longman and John Wiley & Sons, Inc. 1989. 261p.

KEATES, J. S. **Cartographic Design and Production**. New York: Longman Inc., 1973. 240p.

KEATES, J. S. Symbols and Meaning in Topographic Maps: some limitations due to aspects of map design. In: **A Symposium on the Influence of the Map User on Map Design**. Queen's University. Ontario, Canada, 1970.

KENT, Alexander. Topographic Maps: Methodological Approaches for Analyzing Cartographic Style. **Journal of Map & Geography Libraries**, 5:131–156, 2009. DOI: 10.1080/15420350903001187.

NASA EOSDIS Land Processes (LP) DAAC. **NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second**. 2021. Disponível em: <<https://lpdaac.usgs.gov/news/nasa-shuttle-radar-topography-mission-srtm-version-30-srtm-plus-product-release/>>. Acesso em fevereiro de 2021. DOI: 10.5067/MEaSURES/SRTM/SRTMGL1.003.

NASA EOSDIS Land Processes (LP) DAAC. **The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Collection User Guide**. 2015. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/documents/179/SRTM_User_Guide_V3.pdf>. Acesso em maio de 2021.

_____. **Shuttle Radar Topography Mission – SRTM**. 2018. Disponível em: <<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em dezembro de 2018.

NOGUEIRA, Ruth, E. Cartografia: **Representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. 2 ed. Florianópolis: Ed da UFSC, 2008. 314 p.

OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 144 p.

ORLANDO, F. C., BIAS, E. S. Análise da qualidade dos dados SRTM ao longo de todo o território brasileiro. **Anuário do Instituto de Geociências**. v. 43, n. 2. 2020.

OS - Ordnance Survey. **Britain's Mapping Agency**. 2021. Disponível em <<https://www.ordnancesurvey.co.uk/>>. Acesso em março de 2021.

QGIS. **QGIS: um sistema de Informação Geográfica**. 2018. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em dezembro de 2018.

REIS, R. B.; XAVIER, L. A.; KRUBIEGEL, M.; BARBOSA, F. de O.; PEREIRA, P. B. de M.; AZEVEDO, J. B. de. Mapeamento da base contínua do Brasil na escala 1:250.000 com auxílio de sensores orbitais – Projeto BC250. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011. Curitiba, **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2011, p. 2452-2459.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of cartography**. 6 ed. New York : John Wiley, 1995. 674 p.

RODRIGUES, E. L. da S. 2018. **Estudo sobre a fisiologia da paisagem do areal Cerro da Esquina no município São Francisco de Assis, RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre, 2018.

SANTOS, P. R. A., GABOARDI, C. OLIVEIRA, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 58/01. 2006.

SANTOS, C. J. B. DOS; CASTIGLIONE., L. H. G. A atuação do IBGE na evolução da cartografia civil no Brasil. **Terra Brasilis (Nova Série)**. **Revista da Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica**, n. 3, p. 1-20, 2014.

SANTOS, M. SIRGAS 2000: O referencial geocêntrico do Brasil. In. **Ponto de Referência**. Ano 1, n. 1. IBGE, 2006. p. 5-6. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/pmrg/revista_ponto_de_referencia.pdf>. Acesso em janeiro de 2019.

SILVA, L. S. L.; CAMBOIM, S. P. Brazilian NSDI ten years later: current overview, new challenges and propositions for national topographic mapping. **Bulletin of Geodetic Sciences**. 26(4): e2020018, 2020.

SLUTER, C.R.; CAMBOIM, S.P.; IESCHECK, A.L.; PEREIRA, L.B.; CASTRO, M.C. e ARAÚJO, V.S. A proposal for topographic map symbols for large-scale maps of urban areas in Brazil. **The Cartographic Journal**. v. 55, n.4, p. 362-377, 2018.

SLUTER, C.R. 2013. **Território. Brasil em Números**. v.21. Rio de Janeiro, RJ. Editora do IBGE. 392p.

SUERTEGARAY, D. M. A. Arenização: análise morfogenética. In: D. M. A. SUERTEGARAY, L. A. P. da Silva, L. A. Guasselli, eds. 2012. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre. pp. 127-172. 2012a.

SUERTEGARAY, D. M. A. Areais e a arenização no contexto geográfico.. In: D. M. A. SUERTEGARAY, L. A. P. da Silva, L. A. Guasselli, eds. 2012. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre. pp. 41-83. 2012b.

SUERTEGARAY, D. M. A. Erosão nos campos sulinos: arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, pp. 61-74. 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A. ed. ROSSATO, M. S. BELLANCA, E. T. FACHINELLO, A. Cândido, L. A. Silva, C. R. da. **Terra: feições ilustradas**. 2008. 3rd ed. Porto Alegre: UFRGS. 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A., VERDUM, R. 2008. Desertification in the Tropics. In: K Del Claro *et al.*, eds. **International Commission on Tropical Biology and Natural Resources**. In: *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Oxford: UNESCO, EOLSS Publishers, UK. 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. GUASSELLI, L. A., VERDUM. R. eds. **Atlas da arenização: sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento. 2001.

SUERTEGARAY, D. M. A. **A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí, RS**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

UAGODA, R. SUERTEGARAY, D. FUJIMOTO, N. SALDANHA, D. Degraus de Abatimento: exercício científico acerca de sua gênese. In: *V Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Santa Maria, RS, 02-07 Agosto 2004.

USGS - United States Geological Survey. **National Map**. 2021. Disponível em < <https://www.usgs.gov/core-science-systems/national-geospatial-program/national-map>>. Acesso em março de 2021.

VERDUM, R. Descoberta permanente: das areias aos areais. In: D. M. A. SUERTEGARAY, L. A. P. da Silva, L. A. GUASSELLI, eds. 2012. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre. pp. 73-83. 2012.

VERDUM, R., SOARES, G. V. Dinâmica de processos erosivos/deposicionais e microformas de relevo no interior dos areais, sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 27, n.1. p. 262-272, 2010.

VIEL, J. A., ROSA, K. K., MENDES JUNIOR, C. W. Avaliação da Acurácia Vertical dos Modelos Digitais de Elevação SRTM, ALOS World 3D e ASTER GDEM: Um Estudo de Caso no Vale dos Vinhedos, RS – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 13, n.05. 2020.