



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DANIEL DIAS RODRIGUES

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO MAÇICO SERRA DA LUA, MUNICÍPIO DO
CANTÁ- RR.**

Boa Vista, RR

2015

DANIEL DIAS RODRIGUES

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO MAÇICO SERRA DA LUA, MUNICÍPIO DO
CANTÁ- RR.**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior

Co-orientador (a): Prof. Dra. Luiza Câmara Beserra Neta

Boa Vista, RR

2015

DANIEL DIAS RODRIGUES

**ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO MAÇICO SERRA DA LUA, MUNICÍPIO DO
CANTÁ- RR.**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior (UFRR)

Prof. Dr. Antônio Fábio Sabbá Guimarães Vieira (UFRR)

Prof. Dr. Cristovão da Silva Valério (UFRR)

Prof. Dr. Eduardo da Silva Pinheiro (UFAM)

A DEUS, que possibilitou a minha existência
e portanto a realização dessa dissertação.
Aos meus pais Adiran e Cleuza, aos meus irmãos Lucas e Anne, minha família como um todo
e a minha namorada Jomara. Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus autor e consumidor da minha fé, ao qual devo minha existência e as minhas vitórias.

Aos Professores Doutores Stélio Soares Tavares Junior (orientador) e Luiza Câmara Beserra Neta (co-orientadora) por esses 2 anos de aprendizado que vão ficar marcados pelo resto da minha vida, pela compreensão nos momentos difíceis, levando deles toda essa bagagem de conhecimentos e uma profunda admiração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia que disponibilizou toda a infraestrutura para a confecção dessa dissertação, nas pessoas dos coordenadores que foram citados acima e dos funcionários Otomar Castro e Pedro Carlos; por sempre estarem dispostos a me socorrer.

Aos docentes do mestrado, que sempre me incentivaram e nas contribuições nas disciplinas.

Aos companheiros de sensoriamento remoto Franzmiller e Silas por disporem seu tempo e conhecimento e ao GRUPARR (Grupo de Pesquisa da Paisagem de Roraima).

As amigas Valdete, Neila e Elizabete, pelos momentos únicos de aprendizado no mestrado, pelo companheirismo e o apoio incondicional.

Aos meus pais Adiran Dias Rodrigues e Cleuza Maria Rodrigues Dias que deram todo o amor, trabalhando incansavelmente para proporcionar a minha construção enquanto cidadão.

Aos meus irmãos Anne Dias Rodrigues e Lucas Dias Rodrigues pelo apoio e todos os momentos inesquecíveis que passamos juntos

A minha namorada Jomara Oliveira e Silva pelo amor e apoio incondicional. Sem ela não estaria realizando esse sonho.

A minha vó Odolina Dias com todo seu amor e apoio nos estudos.

A toda minha família que sempre me incentivou nessa jornada.

Ao centro de educação integrado Colmeia na pessoa da diretora Susanmara Valle pela compreensão e apoio nessa jornada.

Aos meus colegas professores que sempre me acompanharam e motivaram para concretização desse objetivo.

Em especial a minha querida tia Dalva Honorato, que foi minha fonte de inspiração e admiração, exemplo de educadora que deixou muitas saudades.

RESUMO

O Estado de Roraima apresenta uma heterogeneidade de feições geomorfológicas, que corroboram na constituição de uma paisagem singular na região amazônica. Notam-se, feições geomorfológicas constituídas por planaltos dissecados, ladeados por pediplanos intramontanos, assim como, relevos residuais que apontam nas extensas áreas planas. Essa notável variedade de unidades de relevo é reflexo da interação de fatores endógenos e exógenos atuantes nas eras geológicas dentro dos domínios litoestruturais. Dentro deste panorama, encontra-se a região da Serra da Lua, cujas feições geomorfológicas se destacam no cenário paisagístico regional, por constituir um planalto residual inserido na unidade denominada de Planaltos Residuais de Roraima, ladeado a uma morfologia colinosa pertencente a unidade do Planalto Dissecado Norte da Amazônia e áreas aplainadas do Pediplano Rio Branco – Rio Negro. Nota-se, portanto, a importância dos estudos geomorfológicos diante de toda essa dinâmica morfoestrutural das formas terrestres, principalmente diante do poder das alterações ocasionadas pela ação do homem na paisagem amazônica que tem sido motivo de preocupação no que diz respeito às transformações das paisagens naturais. O uso do geoprocessamento vem como aporte neste trabalho, pelo qual proporcionará o conhecimento da distribuição e comportamento da unidade geomorfológica. As geotecnologias proporcionam uma análise mais detalhadas dos objetos estudados. A geomorfologia aliada às geotecnologias surge como um poderoso campo de estudo, visto que proporciona um papel fundamental na análise da paisagem. Esta pesquisa objetivou a análise das feições morfoestruturais da Serra da Lua, com o auxílio de fotointerpretação em imagens de sensores remotos complementado com análises *in loco*, de forma a mapear e classificar as feições geomorfológicas que compõe esta paisagem. No qual pode-se identificar as formas de relevo associados aos patamares estruturais identificados em modelados de acumulação e dissecação classificados de acordo com a nomenclatura proposta do IBGE em: Patamar em Crista Estruturado (PCRE); Maciço Somital Convexa (MSC); Morros e colinas escalonados com vales abertos (MEVA) e Serranias em vales encaixados (SVE), caracterizados como modelados de dissecação. Os modelados de acumulação foram identificados na região sendo caracterizados como Superfícies aplainadas (SAP) e Superfícies Aluvionares (SA).

Palavras chave: Paisagem. Geomorfologia ; Morfoestruturas; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The State of Roraima presents heterogeneity of geomorphological features, which support the creation of a unique landscape in the Amazon region. Note the, geomorphological features consist of plateaus dissected, flanked by pediplanos intramountains as well as residual relief that point in the extensive flat areas. This remarkable variety of relief units reflects the interaction of endogenous and exogenous factors working in the geological ages within the lithostructural areas. Within this panorama, is located the region of Serra da Lua, whose geomorphological features stand out in the regional landscaped setting, for being the residual plateau inserted into the unit called the Residual Plateaus of Roraima, flanked a hilly morphology belonging to unit Plateau Dissected northern Amazon and flattened areas of pediplano Rio Branco - Rio Negro. Note, therefore, the importance of geomorphological studies before all this morphostructural dynamics of landforms, especially at the power of the changes caused by human activities in the Amazon landscape that has been of concern with respect to the transformations of natural landscapes. The use of geoprocessing comes as contribution in this work, for which will provide the knowledge of the distribution and behavior of the geomorphological unit. Geotechnologies provide a more detailed analysis of the studied objects. The geomorphology combined with the geotechnologies emerges as a powerful field of study as it provides a key role in landscape analysis. This study aimed to analyze the morphostructural features of the Serra da Lua, with the aid of photo-interpretation in remote sensing complemented by in loco analysis in order to map and classify the geomorphological features that make up this landscape. In which one can identify the landforms associated with structural levels identified in modeled accumulation and dissection classified according to the IBGE proposed nomenclature: Porch in Structured Crest (PCRE); Massive Somital Convex (MSC); Hills and hills staggered with open valleys (MEVA) and mountainous areas in enclosed valleys (EVS), characterized as modeled dissection. The modeled accumulation were identified in the region being characterized as planed surfaces (SAP) and Surface Alluvial (SA).

Keywords: Landscape. Geomorphology; Morfoestructures; Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidades taxonômicas propostas por Ross (1992).	23
Figura 2 - Mapa de localização do maciço Serra da Lua dentro do contexto de Roraima.	29
Figura 3 - As províncias geotectônicas da América do Sul.....	30
Figura 4 - Domínios litoestruturais do estado de Roraima.	31
Figura 5 - Mapa geológico apresentando as principais litologias e estruturas da região da Serra da Lua.....	33
Figura 6 - Mapa geomorfológico do Estado de Roraima modificado do IBGE.....	35
Figura 7 - Individualização das unidades morfoestruturais de relevo na porção central de Roraima.....	36
Figura 8 - A serra da Lua constituída por cristas e pontões dissecados e vertentes ravinadas.	37
Figura 9 - Formações vegetais na região da serra da Lua.	38
Figura 10 - Carta imagem SRTM/TOPODATA da rede de drenagem da Serra da Lua.....	40
Figura 11 - Plano de falha em rocha metamórfica.....	43
Figura 12 - Fluxograma etapa metodológica do processamento e fotointerpretação dos sensores remotos.....	47
Figura 13 - Imagens Cbers CCD (A) e Landsat 7 ETM+ (B)	49
Figura 14 - Linhas isomorfoestruturais, para representação das unidades morfoestruturais na Serra da Lua.	50
Figura 15 - Fluxograma etapa metodológica da análise morfoestrutural.	51
Figura 16 - Fluxograma da etapa metodológica do mapeamento geomorfológico.	53
Figura 17 - Mapa hipsométrico da região da Serra da Lua.	56
Figura 18 - Mapa de declividade da Serra do Lua.....	58
Figura 19 - Carta imagem SRTM/TOPODATA da rede de drenagem da Serra do Lua.....	60
Figura 20 - Modelos tridimensionais integrados com imagens ópticas.....	62

Figura 21 - Mapa dos lineamentos estruturais da Serra da Lua.....	64
Figura 22 - . Perfil topográfico representando a topografia.	65
Figura 23 - Mapa morfoestrutural da Serra da Lua.	67
Figura 24 – Esquema apresentando áreas de alto e baixo morfoestrutural na serra da Lua	69
Figura 25 - Mapa geomorfológico da serra da Lua apresentando os modelados que constituem as forma de relevo na serra e suas Adjacências.	71
Figura 26 - Modelo tridimensional representando a área de estudo com seus respectivos compartimentos geomorfológicos e falhas delimitadoras.....	72
Figura 27 - A serra da Lua constituída por cristas e pontões dissecados e vertentes ravinadas.	74
Figura 28 - (A) Área de ocorrência das rochas. (B e C) foliação com fortes mergulhos	75
Figura 29- Maciço somital convexo e rochas granítica que sustentam a morfologia.	77
Figura 30 - Superfície somital convexa com topo convexo com pontão.....	78
Figura 31 - Colinas com maior grau de denudação, implicando em vertentes mais suavizadas.	79
Figura 32 - Morros e colinas ao longo da paisagem com vales bem profundos, produto da rede de drenagem. Ao fundo cristas estruturadas.	81
Figura 33- Extensas superfícies de aplainamento ao longo da área de estudo sendo quebradas por serras ao fundo (Serra da Lua).....	83
Figura 34 - Lajedos aflorando na paisagem.....	84
Figura 35 - Rio cachorro que apresenta nascente no interior da Serra, instalado sobre planos de falha no seu percurso.....	85
Figura 36 - Perfil Topográfico da área de estudo contemplando as unidades de relevo classificadas na região.....	87

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 AS CONTRIBUIÇÕES DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NA ANÁLISE DA PAISAGEM.	18
2.2 ANÁLISE MORFOESTRUTURAL.....	21
2.3 AS GEOTECNOLOGIAS COMO APORTE NOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS.....	24
3. OBJETIVOS	27
3.1 GERAL	27
3.2 ESPECÍFICO	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	28
4.2 FISIOGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO	30
4.2.1 Geologia.....	30
4.2.2 Geomorfologia	34
4.2.3 Vegetação	37
4.2.4 Hidrografia e Clima	39
4.3 MATERIAIS UTILIZADOS	41
4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
4.4.1 Coleta de Dados em Campo.....	43
4.4.2 Processamento e Fotointerpretação de Imagens de Sensores Remotos.....	44
4.4.3 Interpretação Morfoestrutural	47
4.4.4 Mapeamento geomorfológico	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 FOTOINTERPRETAÇÃO ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE DADOS EM IMAGENS DE SENSORES REMOTOS.....	54
5.1.1 Dados Altimétricos e de Declividade	54
5.1.2 Análise da drenagem.....	59
5.1.3 Produtos Integrados Tridimensionais	61
5.2 NATUREZA MORFOESTRUTURAL DO MACIÇO SERRA DA LUA.....	63
5.2.1 Mapeamento Morfoestrutural.....	63
5.3 MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	69

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
7. REFERÊNCIAS	90

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Roraima apresenta uma heterogeneidade de feições geomorfológicas, que corroboram na constituição de uma paisagem singular na região amazônica. Notam-se, feições geomorfológicas constituídas por planaltos dissecados, ladeados por pediplanos intramontanos, assim como, relevos residuais que apontam nas extensas áreas planas. Essa notável variedade de unidades de relevo é reflexo da interação de fatores endógenos e exógenos atuantes nas eras geológicas dentro dos domínios litoestruturais (REIS *et al*, 2003).

Dentro deste panorama, encontra-se a região da Serra da Lua, cujas feições geomorfológicas se destacam no cenário paisagístico regional, por constituir um planalto residual inserido na unidade denominada de Planaltos Residuais de Roraima, ladeado a uma morfologia colinosa pertencente a unidade do Planalto Dissecado Norte da Amazônia e áreas aplainadas do Pediplano Rio Branco – Rio Negro (FRANCO *et al*, 1975).

A Serra da Lua caracteriza-se por apresentar um modelado embasado em erosão diferencial, controlada estruturalmente, constituídas por rochas de suítes magmáticas e metamórficas, evidenciado na paisagem em forma de serras e maciços montanhosos isolados, apresentando vertentes com alto grau de ravinamento. Constituem-se por cristas e pontões alinhados em direção preferencial NE-SW elaborada no Cinturão de Cisalhamento Guiana Central (CPRM,1999), com variação de altitude de 400 a 800 metros. Estes planaltos residuais são divisores topográficos dos afluentes do alto e do baixo rio Branco (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975); (COSTA, 1999); (BESERRA NETA; TAVARES JÚNIOR, 2008).

Apresentam-se ainda em forma de *inselbergs* que constituem relevos residuais isolados ou agrupados elaborados em rochas vulcânicas ácidas e granitos de tendência mais alcalina de idade Pré-cambriana. A presença de feições residuais quebra a monotonia da extensa planície de aplainamento e se destacam de forma muito nítida na paisagem. Estes alcançam altitude superior a 450 metros, topos convexos e encostas íngremes (BESERRA NETA; TAVARES JÚNIOR, 2008).

Do ponto de vista geológico, as formas de relevo que compõe a Serra da Lua estão estruturadas em unidades do domínio litoestrutural Guiana Central (ALMEIDA *et al*, 2008). Conforme Fraga e Reis (2002), destacam-se unidades litológicas que variam desde paleo- até mesoproterozóicas, limitadas na sua maioria por coberturas sedimentares cenozóicas ou obliterados por intrusões de granitoides e ao sul marcados pelo sistema de falhamentos do Itã.

A Serra da Lua é formada por um conjunto de metassedimentos e ortognaisses, no qual os metassedimentos são formados por paragnaisses, gnaisses kinzigíticos e calciossilicáticos e metacherts que compõe o grupo Cauarane, enquanto os ortognaisses são constituídos por biotita/hornblenda gnaisses, leucognaisses, augen gnaisses e granulitos, que compõem a suíte metamórfica do Rio Urubu (CPRM, 2009).

Nota-se, portanto, a importância dos estudos geomorfológicos diante de toda essa dinâmica morfoestrutural das formas terrestres, principalmente diante do poder das alterações ocasionadas pela ação do homem na paisagem amazônica que tem sido motivo de preocupação no que diz respeito às transformações das paisagens naturais. A aceleração do uso e ocupação das paisagens naturais, principalmente pela modernização das técnicas, tem levado a degradação ambiental, produto da utilização inadequada dos recursos naturais, problemas esses explícitos na região amazônica (BECKER, 2001).

O estado de Roraima entra nesse contexto, pois, apresenta uma diversidade de paisagens, principalmente no que diz respeito a sua compartimentação geomorfológica que vem por formar vários modelados dentro da região Amazônica.

As sucessões de vários fatores geológicos e geomorfológicos vieram por formar esse mosaico de paisagens, para tanto o entendimento dessa dinâmica é fundamental para servir de base para estudos, que vem por promover o uso e ocupação de maneira sustentáveis, como próprio conhecimento evolutivo da região.

Com os avanços dos estudos, as pesquisas passaram a ter o auxílio de modernas técnicas para mapeamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), conjuntamente com as imagens de sensores remotos. A utilização dos instrumentos de geoprocessamento e sensoriamento remoto servem de aporte para a confecção de mapas temáticos com maior fidelidade aos fenômenos intencionalmente representados, a exemplo dos estudos do modelado do relevo.

O uso do geoprocessamento vem como aporte neste trabalho, pelo qual proporcionará o conhecimento da distribuição e comportamento da unidade geomorfológica. Como aborda Florenzano (2008) as geotecnologias proporcionam uma análise mais detalhadas dos objetos estudados. A geomorfologia aliada às geotecnologias surge como um poderoso campo de estudo, visto que proporciona um papel fundamental na análise da paisagem.

Esta pesquisa objetivou mapear e classificar as feições geomorfológicas da região da Serra da Lua por meio da análise das feições morfoestruturais, com o auxílio de fotointerpretação em imagens de sensores remotos complementado com análises *in loco*. Os levantamentos geomorfológicos no Estado de Roraima estão embasados apenas em dados

altimétricos, com escalas totalmente generalistas, a exemplo do que foram os programas de levantamentos geológicos que se deram na década de 70 e 80, destacando o RADAM. Levantamentos geomorfológicos em nível regional no Estado ainda são muito escassos no que tange a consideração do arranjo estrutural e tectônico visto que, os avanços nos estudos geológicos permitem a utilização do arranjo estrutural como componente na classificação no modelado regional.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Partindo do pressuposto que os estudos geomorfológicos perpassam pela análise da paisagem, as definições sobre paisagem são relevantes e necessárias. Portanto, dentro do contexto de análise da morfologia do maciço Serra da Lua, procura-se realizar uma breve discursão da evolução deste conceito no que tange as visões e interpretações em diferentes épocas e espaços, focando a aplicabilidade do conceito de paisagem no auxílio desta pesquisa.

Conjuntamente com as visões que dizem respeito ao conceito de paisagem, a pesquisa trará bases teóricas para análise geomorfológica, através do conceito de morfoestruturas no entendimento da evolução do relevo na região da Serra da Lua e análise dos compartimentos morfoestruturais por meio das geotecnologias.

2.1 AS CONTRIBUIÇÕES DA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA NA ANÁLISE DA PAISAGEM.

A análise da paisagem é cerne dentro dos estudos geográficos, visto que é considerada como matéria prima da ciência geográfica (MOREIRA, 2002). O conceito configura-se como uma unidade presente no espaço que abarca a ação de fatores econômicos, físicos, sociais e ambientais que geram a dinamicidade do espaço geográfico (SCHIER, 2003).

Conforme Bertrand (1971), a evolução deste termo polissêmico faz com que a paisagem não seja uma simples soma de elementos geográficos tolos, pelo contrário é uma unidade espacial, produto de uma interação de elementos físicos e antrópicos reagindo em consonância, constituindo na paisagem um conjunto com suas particularidades.

[...] uma porção de espaço caracterizada por um tipo de combinação dinâmica, portanto instável, de elementos geográficos diferenciados - físicos, biológicos e antrópicos - que ao atuar dialeticamente entre si, fazem da paisagem um conjunto geográfico indissociável, que evolui em bloco, tanto sob os efeitos das interações entre os elementos que o constituem, como sob o efeito da dinâmica própria de cada um dos seus elementos considerados separadamente (BERTRAND, 1968, 1970, 1978).

Dentro desse contexto que o estudo da paisagem na atualidade, apresenta uma perspectiva ambiental e estética, variando de acordo com o perfil cultural das populações no processo de percepção e construção. A dialética entre a paisagem e a ação das populações são fundamentais no seu processo de formação (SCHIER, 2003).

Corrêa e Rosendahl (1998) e Castro (2004) corroboram no que diz respeito à visão integradora da paisagem geográfica, de forma a ser vista como conjunto inter-relacionado de formas naturais e culturais em uma determinada área analisada e o contexto temporal é condicionante na sua dinâmica, pois paisagem cultural ou geográfica resultam da ação cultural ao longo do tempo. Como também a paisagem pode ser transformada por eventos recentes, como incêndios, terremotos, maremotos e tornados, portanto as súbitas transformações ao longo da paisagem também são parte integrante na sua composição (RICKLEFS, 2011).

De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010), a paisagem é constituída de um conjunto inter-relacionado de modelos expressos de forma natural e antroponatural, de forma a considerá-la como um sistema constituído e reprodutor de recursos, distribuídos de forma a interagirem com o homem.

No que tange essa análise integralista do meio ambiente a visão geossistêmica surge como aporte nessa abordagem onde os elementos assumem uma inter-relação, compondo sistemas ambientais. A perspectiva geossistêmica com fins de estudos da paisagem vem ganhando espaço no que diz respeito ao entendimento da dinâmica dos processos que ocorrem no espaço. Como afirma Ferreira (2010), que essa abordagem orienta as pesquisas científicas acerca da mutabilidade do meio físico, tendo importante colaboração para o entendimento das relações entre o homem e a natureza.

A paisagem dentro desse modelo geossistêmico é resultado da conjunção de fatores distintos, como a história geológica, a morfogênese do relevo, o clima em seu movimento, a dinâmica biológica e a participação da ação humana em sua evolução histórica (BEROUTCHACHVILLI; BERTRAND, 1978; FERREIRA, 1997).

Conforme Rodriguez (2010) os geossistemas constituem um sistema material integral, sendo formado por esferas integradas, por meio de um intenso fluxo de energia, substâncias e informações ou mais ainda como um sistema complexo concebido de maneira integral e espacialmente múltiplo constituído por uma variedade de tamanhos e complexidades.

Portanto, a mutabilidade da paisagem ao longo das eras geológicas foi provocada por forças naturais, como também produto da ação antrópica, transformada em curto espaço de tempo (SILVA NETO, 2013). Se tratando de uma reconfiguração paisagística no futuro, entender os processos atuais e pretéritos vem como aporte para se prever e planejar melhor a paisagem.

A representação dessas paisagens parte de uma cartografia geográfica, mas não atentando somente a temas, sendo preciso referir-se a materialidade desse espaço, pois o ambiente é o cerne desses processos. A cartografia ao se deparar a realidade vigente, deve-se

articular as varias formas de apreensão espacial dos ramos científicos, portanto se adequando ao objeto de cada ciência, dentro de uma escala tempo-espaço (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001).

A paisagem concebida ao abarcamento da vista se faz em visão horizontal ou oblíqua. De acordo com a posição do observador, morfologia e a biodiversidade ocorre uma variação na percepção paisagística, encobrendo pontos à medida que a escala muda em direção ao horizonte.

Os observadores tem propensão a buscar locais elevados, com objetivo de maximizar o raio de visão. Buscando uma visada mais perpendicular aumenta-se a amplitude da visão, porém se diminui a riqueza de detalhes. Ao se levar a visão a essa perspectiva vertical, a paisagem adquirir uma percepção de fotografia aérea.

Ainda que a verticalização da visão gere perdas em relação aos detalhes da paisagem, essa perspectiva ótica contribui para uma concepção holística. Esse modo de percepção da paisagem que colaborou para a representação em mapas, portanto um caráter científico (LACOSTE, 1977; WIEBER, 1984; PINCHEMEL, 1987).

A descrição das formas de relevo relutou bastante, aguardando até a década de cinquenta do século XIX para alteração da perspectiva horizontalizada que compõe a superfície terrestre, a uma inclinação verticalizada em profundidade que cobre as rugosidades da litosfera (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001).

A partir do século XVIII, com as concepções de Darwin que a natureza foi dotada de história, deixando de lado a apreensão estática da paisagem, de forma a considerar a dinamicidade da natureza, a relação dialética entre os sujeitos. Logo a relação entre cartografia e paisagem se processa em forma de síntese, visto que a natureza se comporta de maneira geossistêmica, no qual dialogam nesse ambiente morfologia, funcionamento e comportamento (BEROUTCHACHVILLI; BERTRAND, 1978; FERREIRA, 1997).

A cartografia deve considerar a apreensão da paisagem em diferentes escalas, considerando a magnitude de manifestação dos fenômenos, como também os arranjos formados pela interação de objetos distintos num patamar tempo-espaço (LACOSTE, 1976). A análise da paisagem dentro da cartografia parte das indagações feitas ao espaço, sendo dirigidos tanto a meio natural quanto antrópico (MOREIRA, 1986; MORAES, 1990).

Dentro dessa perspectiva, a construção desse saber deve considerar os constituintes litológicos e geomorfológicos nos seus aspectos estruturais e esculturais na modelagem da paisagem que conforme Ross (1995) deve-se levar em conta na cartografia que se pretende realizar.

2.2 ANÁLISE MORFOESTRUTURAL

A geomorfologia empreende análises no modelado com objetivo da descrição e classificação da paisagem, partindo do pressuposto que essas formas são resultantes da ação integrada de fatores endógenos e exógenos, que agem de maneira concomitante contribuindo para as morfologias atuais (BIGARELLA, 1975; PENCK, 1953; ROSS, 1991).

De acordo com Ross (1992, p. 17):

a superfície terrestre, que se compõe por formas de relevo de diferentes tamanhos ou táxons, de diferentes idades e processos genéticos distintos, é portanto dinâmica, ainda que os olhos humanos não consigam captar isso. A dinamicidade das formas de relevo apresenta velocidades diferenciadas, mostrando-se ora mais estável, ora mais instável. Tal comportamento depende às vezes de fatores naturais e outras de interferências dos homens.

A crosta terrestre se apresenta de maneira diferenciada em relação ao seu grau de resistência aos processos erosivos. A composição litológica apresenta variedade entre as regiões. Portanto, o comportamento das rochas nas mais diversas paisagens irá depender da resistência destas face aos processos intempéricos, bem como a dinâmica dos movimentos epirogenéticos que determinam as grandes feições morfológicas (BÜDEL, 1948).

A análise da dinâmica interna da crosta terrestre como agente ativo na composição da paisagem começou a entrar na pauta dos estudos que envolvem o modelado. Para tal, os estudos geomorfológicos entraram no conceito morfoestrutural e a introdução do termo de morfoestruturas (HOWARD, 1967; DEMEK *et al.* 2007).

A década de 40 conforme Corrêa *et al.* (2010), encabeçado pelos russos e europeus representou o marco na introdução desse termo que passou a designar como morfoestrutura a estruturação do modelado a partir da ação tectônica. Essa abordagem representou um marco visto que apesar dos estudos do modelado empreendidos por Davis e Penck contenham informações relevantes sobre a ação tectônica no modelado, o contexto das morfoestruturas e a grande força responsável (tectônica) não foram tão aprofundados no que diz respeito a uma análise mais minuciosa (CORRÊA, 2010).

A escola russa teve papel fundamental no desenvolvimento desses estudos, destacando os geomorfólogos I. P. Guerassimov e J. A. Mescerjakov, sendo percussores das análises morfoestruturais e morfoesculturas de forma a entender a gênese e dinâmica da paisagem. Conforme estes autores, o relevo é condicionado à ação de forças endógenas e exógenas que são responsáveis pela sua evolução.

Guerassimov (1946) aborda o status apresentado pelas morfoestruturas no que tange a magnitude dessas morfologias em relação às áreas ocupadas na superfície terrestre bem como esse modelado que está condicionado pela ação tectônica que gera a dinâmica desta base da paisagem, sendo todo esse processo produto da ação de fatores endógenos e exógenos.

Já Mescerjakov (1968), as considera como unidades estruturais que constituem a base do modelado atual, produto de ação tectônica de forma que a variedade do modelado e reflexo dos movimentos morfogenéticos na superfície terrestre. De forma a morfoestruturas constituírem uma ação pretérita decorrente do tectonismo bem como uma ação mais atual oriunda das oscilações climáticas ao longo dos anos responsáveis por esculpir o modelado atual.

Esses agentes externos que agem no modelamento do relevo adentram no contexto das morfoesculturas que são resultado das ações climáticas regionais. A variabilidade paisagística está intrinsicamente ligada a fatores exógenos, onde as diversas formas de relevo conjuntamente com o clima, pedologia e formações vegetais criam regiões morfoesculturais (MESCERJAKOV, 1968).

De acordo com Ross (1992), o modelado em geral tem em sua base de sustentação uma morfoestrutura, portanto, os estudos com a abordagem morfoestrutural surgem como um importante elemento para o entendimento dinâmica do relevo na paisagem. Conforme Ollier (1988) as morfoestruturas constituem a base rochosa que sustenta o modelado, associadas a dobras, falhas e fraturas.

Conforme Corrêa (2010) as morfoestruturas se caracterizam por uma hierarquização de formas das mais variadas grandezas (mega-morfoestruturas à micro-morfoestruturas) correspondendo as maiores formas de relevo definida pela relação forma x estrutura.

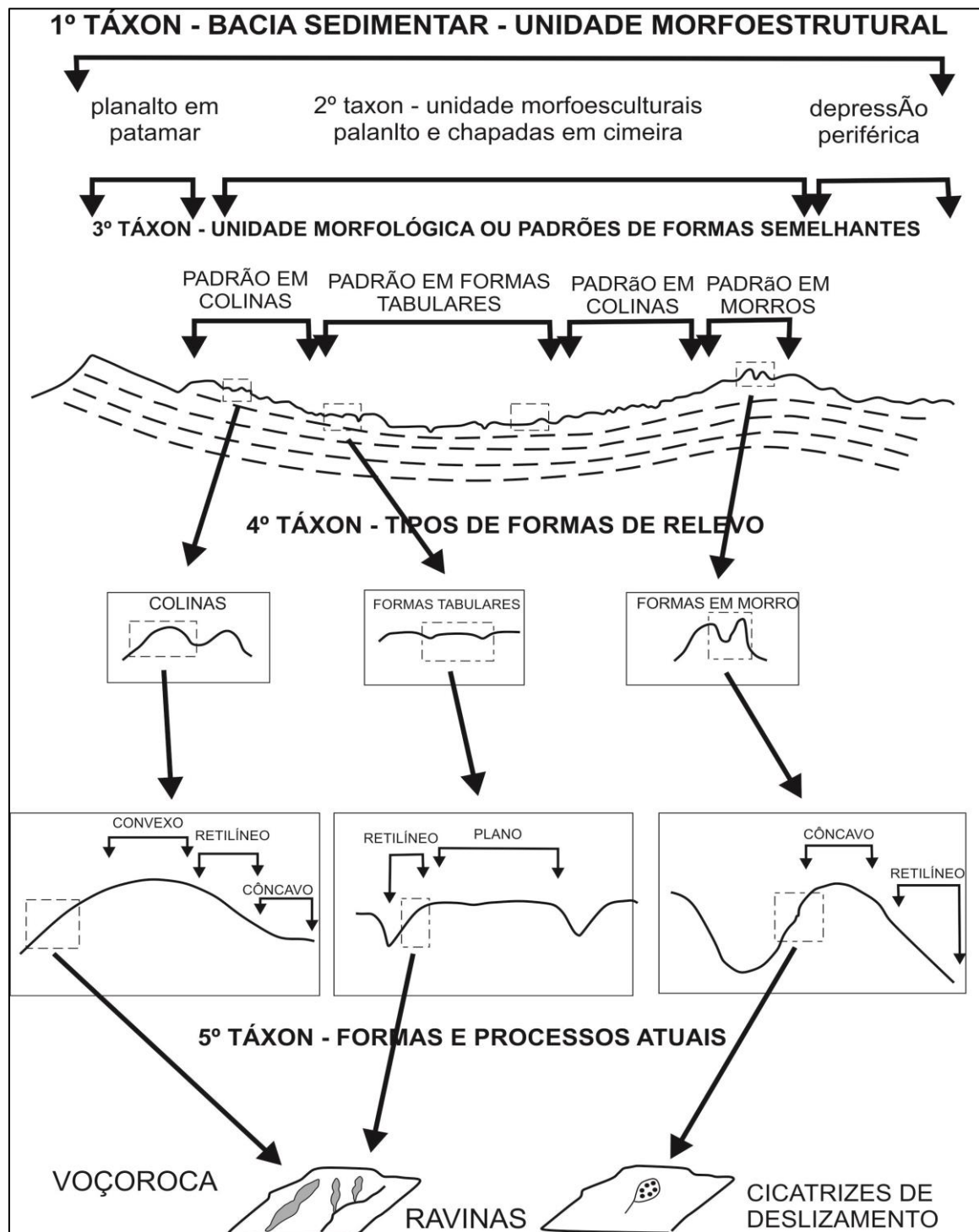
Essa dinâmica no relevo é visível na paisagem em forma de planícies, planaltos, montanhas entre outros, que ao longo do tempo sofreram a ação de vários constituintes a exemplo da ação climática que conforme Ross (1992) esculpe o modelado de acordo com sua resistência litológica.

No que tange os estudos tectônicos, a consideração da ação tectônica é muito mais contundente a partir do momento que o produto desse fenômeno é visto dentro de uma escala regional ou continental e não como os geomorfólogos trabalhavam considerando escalas grandes (KIRKBY, 1997).

Dentro desse contexto que propostas para a classificação do relevo surgiram, baseadas nesse contexto morfoestrutural. A cartografia geomorfológica surge com Demek (1967) através de seu trabalho intitulado “Generização de Mapas Geomorfológicos”, onde de acordo

com autor a principal problemática da cartografia geomorfológica é o da classificação e organização das formas de relevo. Para tanto como base de classificação se inseriu o conceitos de táxons, na classificação do relevo segundo Ross (1992), conforme observado na figura 1.

Figura 1 - Unidades taxonômicas propostas por Ross (1992), considerando a ação de fatores endógenos na sua modelagem.



Fonte: Oliveira; Rodrigues (2007)

A proposta de Ross (1992) revela um modelo de classificação no que tange o aspecto fisionômico tendo por características a gênese e a idade do modelado de forma a considerar os fatores endógenos e exógenos na sua mutabilidade. De fato esses estudos através de mapas geomorfológicos proporcionam uma melhor compreensão dos processos físicos que ocorrem no espaço e subsidia diversos tipos de tratamento de acordo com o objetivo almejado (TRICART, 1965).

Os mapeamentos temáticos são fundamentais para o planejamento físico-ambiental, cujo o local dos fatos proporciona uma tentativa de uma melhor representação das formas de relevo, que leva a uma compreensão da dinâmica desses processos. Os mapeamentos geomorfológicos assumem uma perspectiva integradora da cartografia e geomorfologia de forma a gerarem grandes contribuições para o planejamento e gestão territorial (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2007).

2.3 AS GEOTECNOLOGIAS COMO APORTE NOS ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS

O uso das geotecnologias como aporte para suprir as necessidades de conhecimento da distribuição e comportamento das unidades geomorfológicas, bem como fornecer subsídios para planejamento e gestão territorial é notório. Nos dias de hoje os estudos ambientais são vitais, quer construindo bases digitais ou georreferenciando mapas temáticos, os produtos prognósticos e diagnósticos aprofundam substancialmente as tentativas de uso e ocupação territorial de uma maneira racional.

A geomorfologia recebeu um grande método nas suas análises, visto que as tecnologias vieram para subsidiar e servir de base primária, paralelamente aos sistemas de informação geográfica, da cartografia digital e das imagens produtos de sensores remotos. Nessa mesma perspectiva, Argento (2001) diz que a utilização do geoprocessamento, cartografia digital, softwares, hardwares, sensoriamento remoto e o emprego do sistema de informações geográficas, são fundamentais na produção de mapas geomorfológicos.

O geoprocessamento se destaca como a técnica que emprega um arcabouço matemático e computacional, para o processamento dos dados geográficos (ROSA, 2005) ganhando importância nas ciências cartográficas no que tange análises ambientais e de impactos decorrentes da ação antrópica. O geoprocessamento dispõe de técnicas computacionais denominadas de SIG's, que servem de aporte para pesquisas com maior

fidelidade ao entendimento dos fenômenos, com a capacidade de executar integrações de diversos dados totalmente especializados.

Este suporte (tecnológico-metodológico) proporcionado pelo geoprocessamento é o que o classifica como um poderoso instrumento para a criação de um arcabouço teórico, frente a essa visão geossistêmica do espaço geográfico, que para Silva (2000) constitui uma metodologia eficaz no que tange as investigações ambientais e geomorfológicas, proporcionando o aprofundamento nos estudos e consequentemente uma melhor explicação dos processos atuantes na natureza.

Fitz (2008) aborda que as geotecnologias se caracterizam como os novos modelos tecnológicos ligados a geociências e afins, no qual proporcionam melhoria nos processos de pesquisas, gestão, planejamento e manejo da estrutura espaço geográfico. De acordo com as evoluções tecnológicas, as análises e os estudos geomorfológicos ganharam mais profundidade, frutos do sensoriamento remoto. A observação das cenas orbitais possibilitou uma melhor compreensão do planeta terra e consequentemente da gênese e dinâmica do modelado geral.

Os estudos que tangem essa nova abordagem tem como consequência, o maior aporte no que diz respeito à qualidade do material a ser estudado, proporcionando o melhor detalhamento das unidades de relevo em diferentes escalas espaciais.

Para Nogueira *et al.* (2008, p. 157), os:

materiais de Sensoriamento remoto são de extrema importância para a realização de mapeamentos geomorfológicos, independente se a escala de análise é em nível regional ou local. As imagens de satélite, fotos aéreas e dados de radar são essenciais na elaboração de cartas geomorfológicas, tendo em vista que representam a realidade da paisagem física como ela é. Através destes materiais é possível identificar feições geomorfológicas em diversas escalas de generalização a escalas de grandes detalhes.

Vários trabalhos com mapeamentos geomorfológicos tiveram por base a utilização do geoprocessamento, conjunto com produtos de sensoriamento remoto, mais precisamente dados numéricos de terreno, cartografia das feições geomorfológicas em diferentes escalas, como ambientes com litologia, clima e fitogeografia diferenciadas que são fundamentais na dinamicidade (BARBALHO, 2001; CARVALHO e LATRUBESSE, 2004; BATISTA e SOUZA FILHO, 2005; BOULHOSA e SOUZA FILHO, 2005; TEIXEIRA e SOUZA FILHO, 2005; LOBÃO e VALE, 2006; SANTOS *et al.*, 2006; OLIVEIRA e RODRIGUES, 2007; RIBEIRO FILHO *et al.*, 2007; STEINER, 2007; CARVALHO e BAYER, 2008).

A utilização dos novos sensores remotos proporcionam imagens com uma melhor resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal, subsidiando ao geomorfólogo empreender análises mais eficazes dos fenômenos geomorfológicos (FLORENZANO, 2008). A variedade de dados fornece uma visão tridimensional do espaço e com as ferramentas do SIG, a geração de maneira automática as morfometrias que são fundamentais nas análises geomorfológicas (VALERIANO, 2008).

O entendimento da dinamicidade do planeta através de representações digitais frutos dos ambientes SIG's, coloca os estudos geomorfológicos num patamar superior frente à evolução do conhecimento científico e como tal um papel de destaque conjuntamente com as demais ciências na evolução da humanidade.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Gerar um mapa geomorfológico na região da Serra da Lua por meio da análise de morfoestruturas com aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, visando a compartimentação e classificação do relevo conforme nomenclatura IBGE.

3.2 ESPECÍFICO

- Gerar produtos a partir da integração de dados geoprocessados e técnicas fotointerpretativas.
- Elaborar o mapa de morfoestruturas a partir da análise integrada dos dados fotointerpretados e de campo;

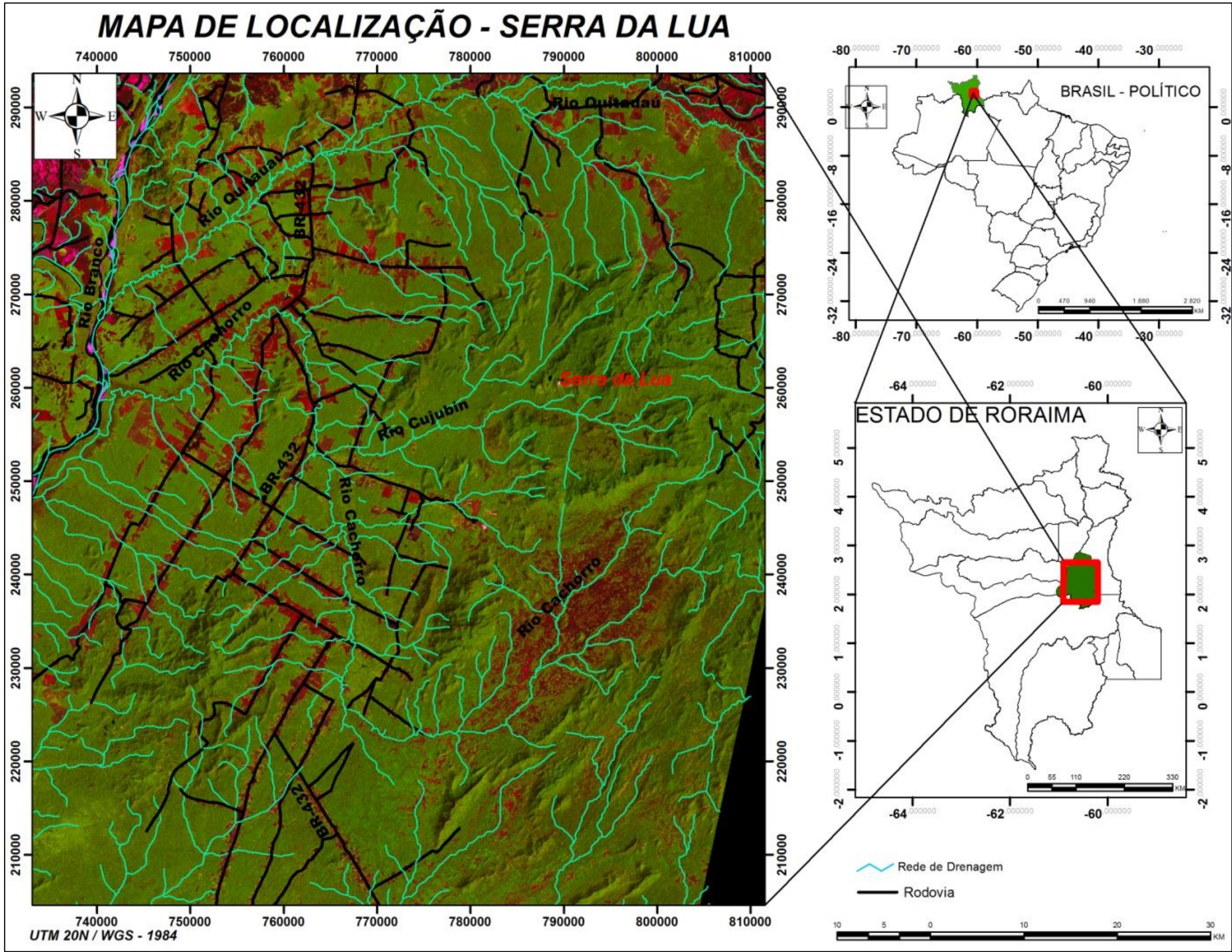
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, será comentada a localização e a fisiografia da área estudada e logo após, o arcabouço bibliográfico e metodológico que foi utilizado na execução da pesquisa com o intuito de facilitar a compreensão dos resultados.

4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A serra da Lua está localizada na porção centro-leste do estado de Roraima, mais precisamente, na região Leste do município de Cantá. O acesso a área de estudo é feito pelas rodovias BR-432 e RR-207 totalizando um percurso cerca de 80 km, a partir da cidade de Boa Vista, capital do estado, conforme observado na figura 2.

Figura 2 - Mapa de localização do maciço Serra da Lua dentro do contexto de Roraima, com destaque para sua rede de drenagem principal e suas vias de acesso.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

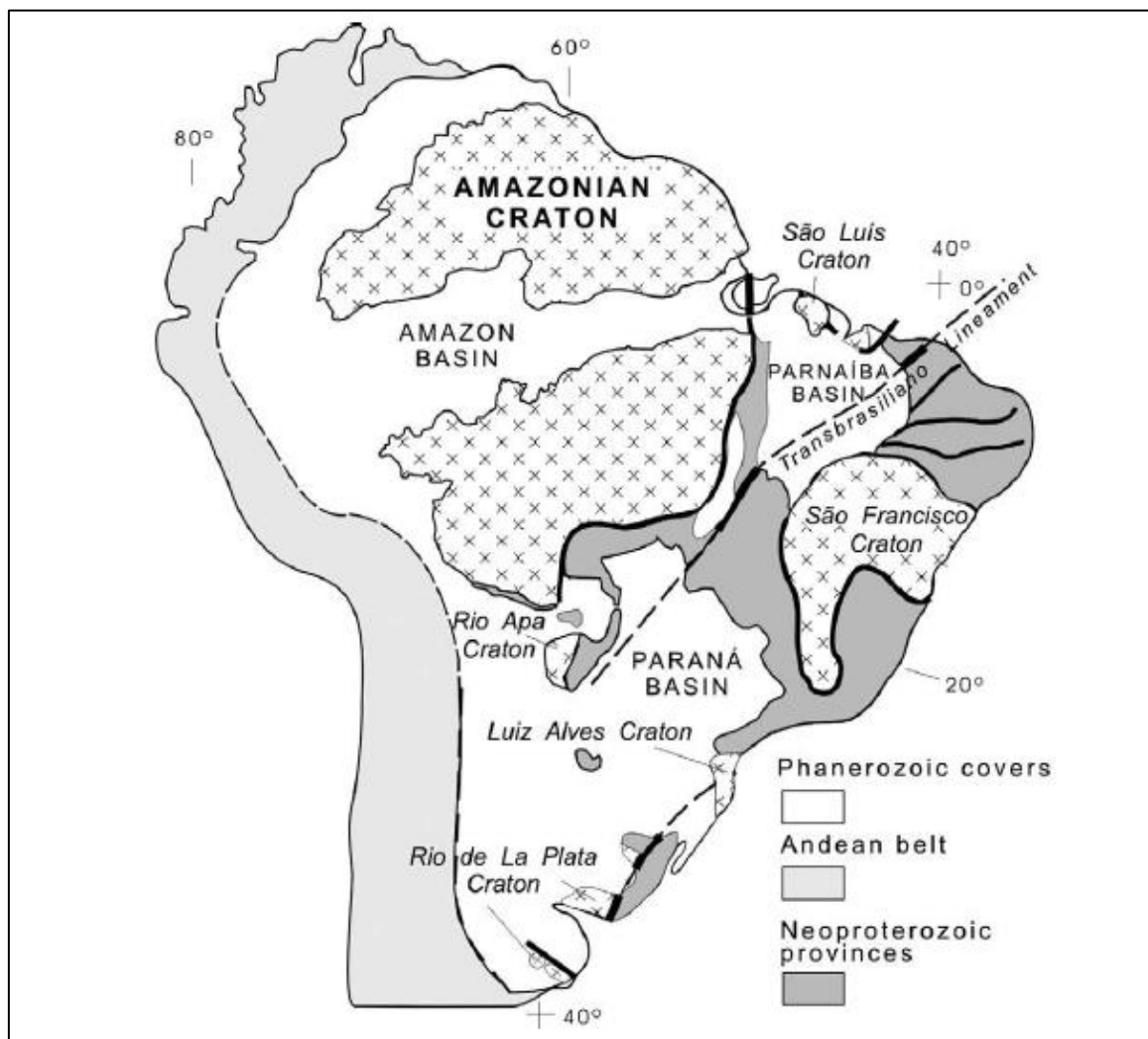
4.2 FISIOGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO

A seguir serão abordados os aspectos fisiográficos da paisagem que compõe a região da Serra da Lua tais como geologia, geomorfologia, vegetação, hidrografia e clima.

4.2.1 Geologia

O estado de Roraima faz parte da porção mais setentrional do Cráton Amazônico, conforme Amaral (1984) denominada de Escudo das Guianas. Inserido na Plataforma Sul-Americana (ALMEIDA; HASUI, 1984), o Cráton Amazônico representa uma das mais expressivas áreas no mundo de idade do Arqueano/Proterozóico

Figura 3 - As províncias geotectônicas da América do Sul, com destaque para o Cráton Amazônico.



Fonte: Cordani et al (2009)

Em território roraimense aflora uma vasta variedade de tipos litológicos que abrangem quase todo o espectro cronogeológico, desde unidades paleoproterozóicas até a época holocênica. Diante dessa diversidade fez-se necessário conforme Reis *et al.* (2003), através de dados geológicos de campo, cartas geológicas e produtos aerogeofísicos e de sensoriamento remoto subdividir a região do Estado de Roraima em domínios litoestruturais: Surumu, Guiana Central, Parima e Uatumã-Anauá, conforme observado na figura 4.

Figura 4 - Domínios litoestruturais do estado de Roraima descritos por Reis e Fraga (2000), Reis *et al.* (2003) e CPRM (2006).



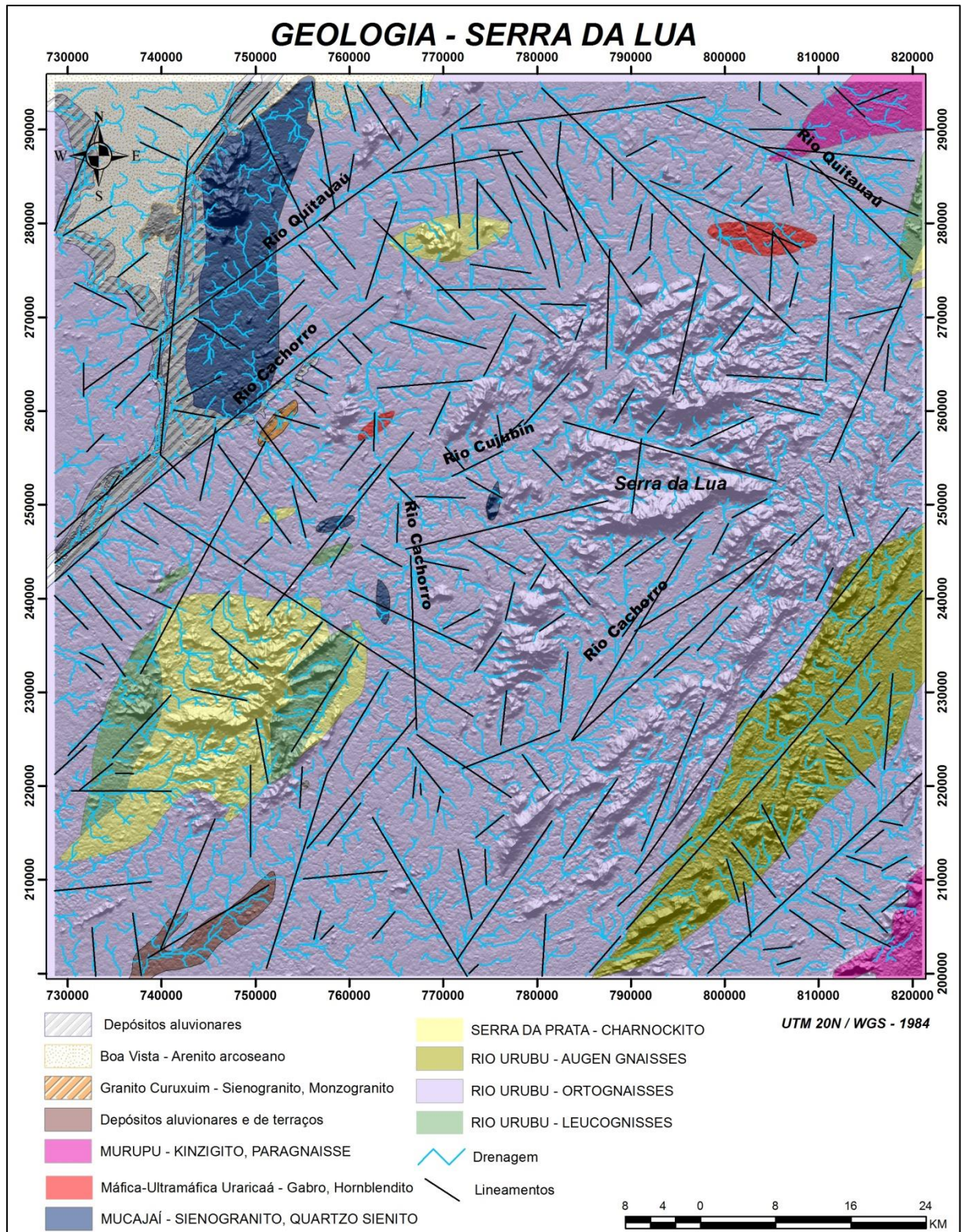
Fonte: Almeida; Macambira; Valente (2008).

A região da Serra da Lua se insere dentro do domínio Guiana Central, abrangendo a porção centro-leste do estado, marcada por lineamentos de direção NE-SW, facilmente visualizados por imagens de sensores, que compreendem o cinturão de cisalhamento Guiana Central (COSTA, *et al.* 1991). Conforme Fraga (2002) evidencia-se unidades litológicas que compreendem do paleo- até mesoproterozóicas, limitando-se em sua maioria por sedimentos cenozoicos ou intrusões de granitoides e marcada ao sul por falhas tectônicas (falha do Itã).

De acordo com Fraga e Reis (1995), o domínio Guiana Central caracteriza-se por apresentar rochas relacionadas ao proterozóico inferior, apresentando uma sequência supracrustal integrada por paragneisses, alternando em bandas quartzo feldspáticas e biotíticas, com anfíbolitos, rochas calcissilicáticas e actinolita xistos subordinados. De forma a esta sequência, ser associada ao Grupo Cauarane com idade de $2,235 \pm 19$ Ma (U/Pb, Gaudette *et al.* 1995) apresenta-se sob a forma de xenólitos, mas predominando os ortogneisses no arcabouço do cinturão encaixantes a outras unidades proterozóicas mapeadas (FRAGA; REIS, 1995). Difere-se entre os ortogneisses uma relação sódica, restringindo-se a certas áreas na forma de hornblenda-biotita gnaisses predominantemente graníticos e hornblenda-biotita-gnaisses tonalíticos.

A Serra da Lua é formada por rochas ortoderivadas agrupadas na Suíte Metamórfica Rio Urubu (FIGURA 5). Conforme CPRM (2009) a Suíte Metamórfica Rio Urubu é formada por ortogneisses que subdividem-se em quatro grupos. Sendo o primeiro, constituído por biotita/hornblenda gnaisses, segundo formado por leucogneisses, o terceiro apresentando augen gnaisses e o ultimo constituído por granulitos. A idade radiométrica estabelecida, data este domínio aproximadamente com 1.937 ± 5 Ma e 1.935 ± 5 Ma, estabelecido pelo método Pb-Pb por Fraga (2002) e as de 1.938 ± 8 Ma e 1.942 ± 10 Ma (granulitos da serra Baraúna) pelo metodologia U-Pb SHRIMP por Santos J.O.S., citadas por Reis *et al.* (2003).

Figura 5 - Mapa geológico apresentando as principais litologias e estruturas da região da Serra da Lua



Fonte: Adaptado de CPRM (2010).

Destacam-se várias ocorrências de rochas máficas e ultramáficas representadas por olivina gabros, hornblenditos e piroxenitos, organizam-se de forma bem distribuída por todo o domínio na forma de corpos alongados influenciados pela estruturação do domínio Guiana CPRM (2004). Faixas de milonitos orientados a NE-SW obliteram as composições ígneas mesoproterozóicas e feições deformacionais paleoproterozóicas na fácies anfibolito e granulito (FRAGA; REIS, 1996).

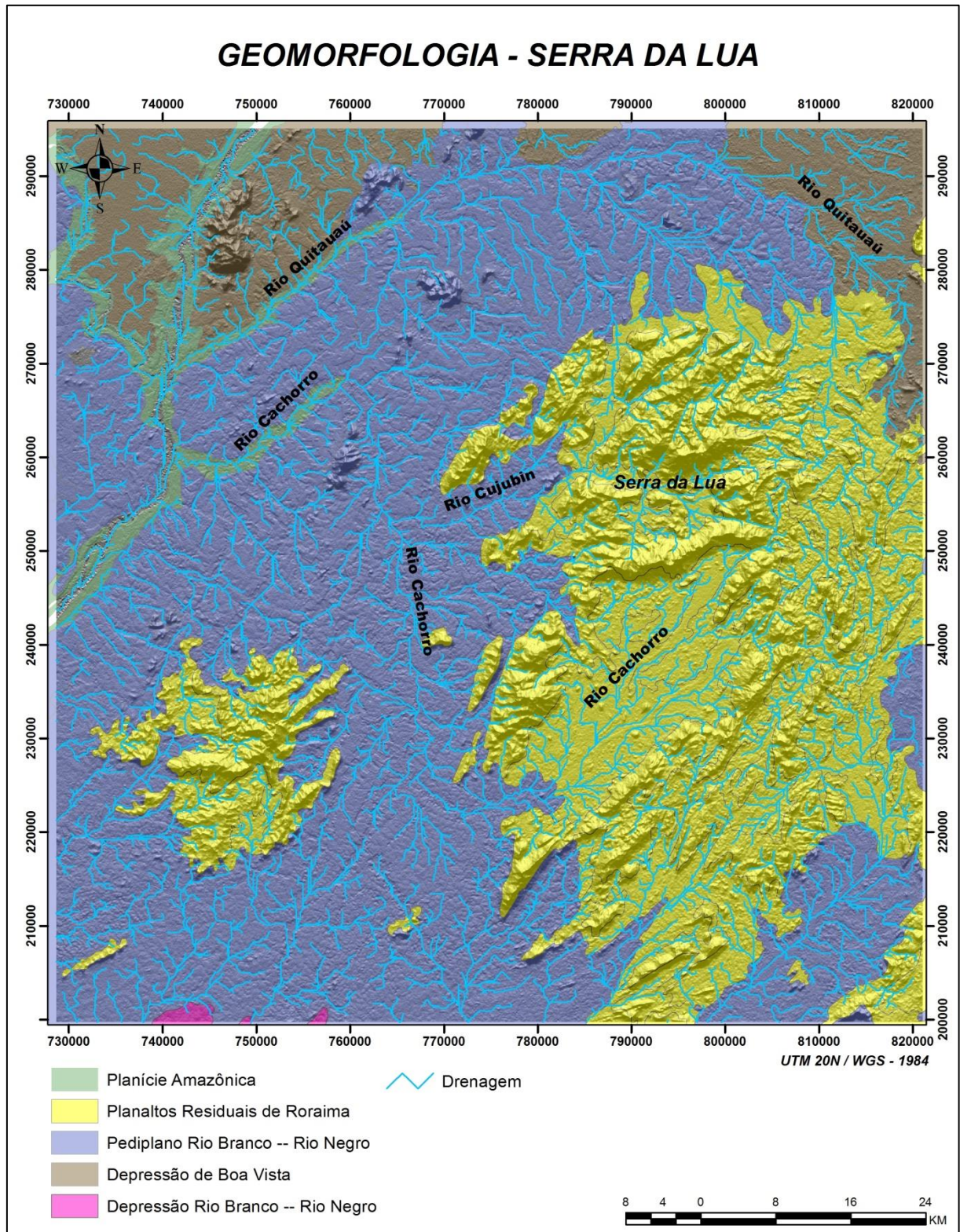
As estruturas são associadas a um evento deformacional, caracterizado como um cisalhamento de transição rúptil – dúctil, em baixas condições de temperatura e pressão, na fácies xisto verde (REIS, 2003). Conforme Barron (1966) correspondendo ao evento K'Mudku e Metamórfico Nickeriano (PRIEM *et al.*, 1971), correspondentes ao Escudo das Guianas e cujas idades Rb-Sr, K-Ar e U-Pb apresentam valores na faixa de 1,45 Ga a 1,10 Ga (SANTOS *et al.*, 2006).

O Episódio K'Mudku no que diz respeito a sua ação no Estado de Roraima, apresentou menção durante as décadas de setenta e oitenta por diversos autores (BONFIM *et al.* 1974; MELO *et al.* 1978), limitando a sua ação a eventos cataclásticos. Ocorre também, indícios de uma ação compressiva pós-transamazônico no Escudo das Guianas que são apontadas Costa *et al.* (1991) indicando um processo de inversão da porção sul da bacia do supergrupo Roraima, seqüência sedimentar mesoproterozóica. Caracteriza-se pela implantação de áreas de cisalhamento dúctil direcionadas a E-W, sob a forma de rampas frontais, submetidas à temperatura e pressão da fácies xisto verde, associadas ao K'Mudku (FRAGA *et al.* 1994). Posteriormente, ocorreram reativações até o mesozoico, na época da instalação do Hemigraben do Tacutu, condicionadas pelas anisotropias do cinturão, durante uma inversão negativa (COSTA *et al.*, 1991).

4.2.2 Geomorfologia

Na porção oriental do estado de Roraima na margem esquerda do rio Branco, encontram-se os Planaltos Residuais que fazem parte do domínio da Guiana Central (REIS, 2003), explicitado por três unidades estruturais principais: a serra da Balata, a nordeste de Caracarai; a serra da Lua, no interflúvio dos rios Barauana, Urubu e Quitauau; e a serra Grande, ao sul de Boa Vista na margem esquerda do rio Branco. As formações se configuram como dissecções através de cristas e pontões, na orientação NE – SW (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975). De acordo com a figura 6 pode se observar uma pequena porção desta unidade geomorfológica destacando a área de estudo.

Figura 6 - Mapa geomorfológico do Estado de Roraima modificado do IBGE, focando a região da Serra da Lua. Nota-se que de acordo com o IBGE a serra da lua se enquadra dentro da unidade de relevo dos Planaltos Residuais de Roraima.

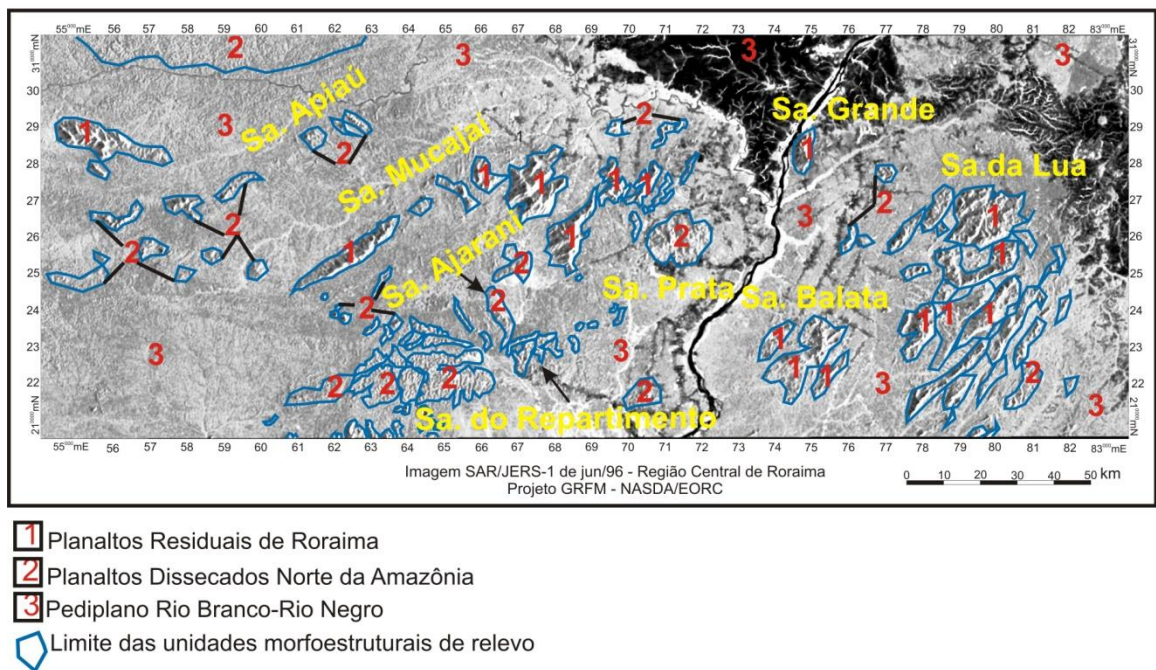


Fonte: adaptado de IBGE, 2005.

Os Planaltos Residuais de Roraima constituem uma unidade de relevo dissecado em cristas e colinas com vertentes ravinadas, colinas e vales encaixados, com altitudes entre 400 e 800m, assemelhando-se com o Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco, mas, por constituir um mosaico aplainado se caracteriza numa unidade a parte.

A figura 7 retrata a fisionomia da região dos planaltos dissecados de Roraima, onde se encontram uma série de inselbergs, bem como o *restberg* do agrupamento da serra da lua, onde se relacionam altimétrica e fisiograficamente como também seguem a mesma orientação.

Figura 7 - Individualização das unidades morfoestruturais de relevo na porção central de Roraima (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975).



Fonte: Beserra Neta; Tavares Júnior (2008)

A serra da Lua apresenta-se nesta unidade como um *restberg* em dois níveis de dissecção. O de altimetria maior com aproximadamente de 600m, formado por cristas convexas bem ravinadas e o segundo nível mais desgastado caracterizado por colinas. (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975) e SUDAM (1977). Morfologia observada na figura 8.

Figura 8 - A serra da Lua constituída por cristas e pontões dissecados e vertentes ravinadas.



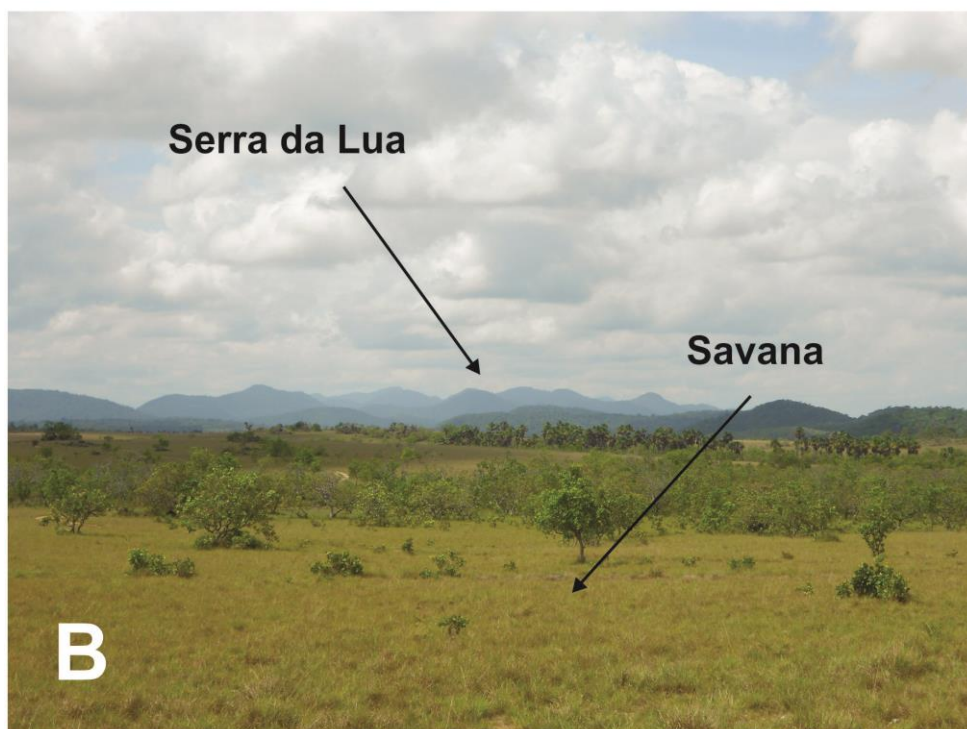
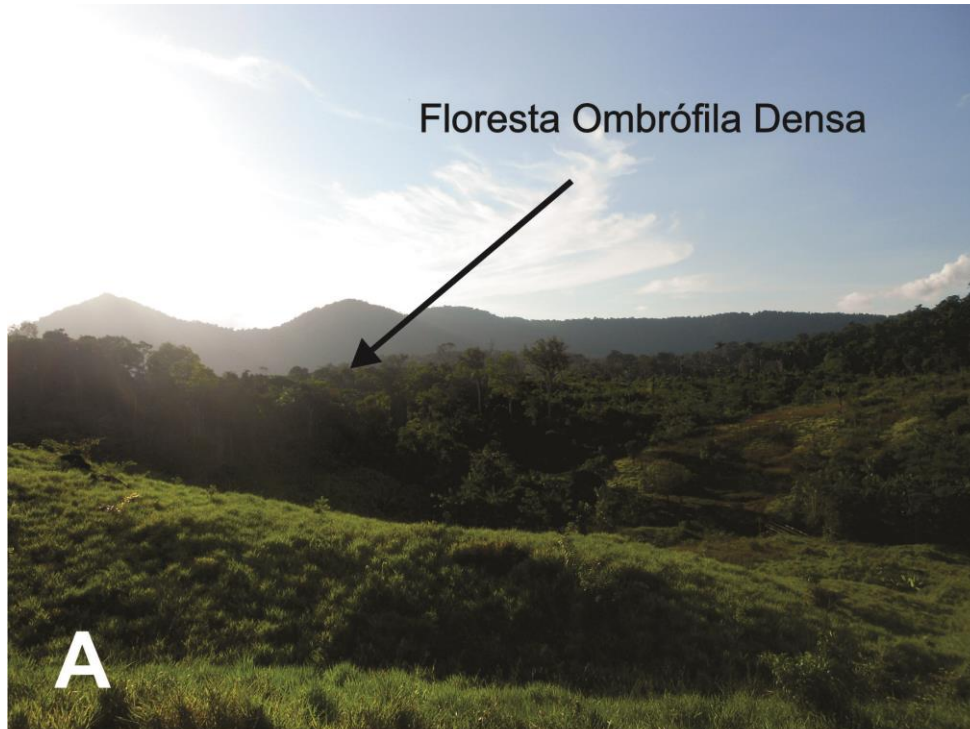
Fonte: Beserra Neta; Tavares Júnior (2008). Fotos: J. A. V. Costa.

Este relevo residual é composto por rochas pré-cambrianas, constituindo-se em sua grande maioria de granodioritos que estão em intenso processo de desgaste por não resistirem a climas úmidos, mas ocorrem a presença de granitos, gnaisses que vem por caracterizar solos predominantemente, Podzólico Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo e em menor proporção, solos litólico. (COSTA et al. 2005).

4.2.3 Vegetação

A vegetação caracteriza-se pela ocorrência de Floresta Ombrófila Densa, como também alternando com formações savanísticas. A figura 9 retrata esse quadro vegetacional, onde na porção ao norte da serra, se destaca as formações vegetais compostas por gramíneas intercaladas com formações arbustivas características da savana estépica aberta e savana estépica arbórea (B). Nas áreas de vales encaixados, bem como nos topos e vertentes ocorre a presença de uma floresta ombrófila densa (A), formando matas de galeria, devido à alta concentração de umidade das drenagens que cortam a serra (SILVA, 1997; IBGE, 2012).

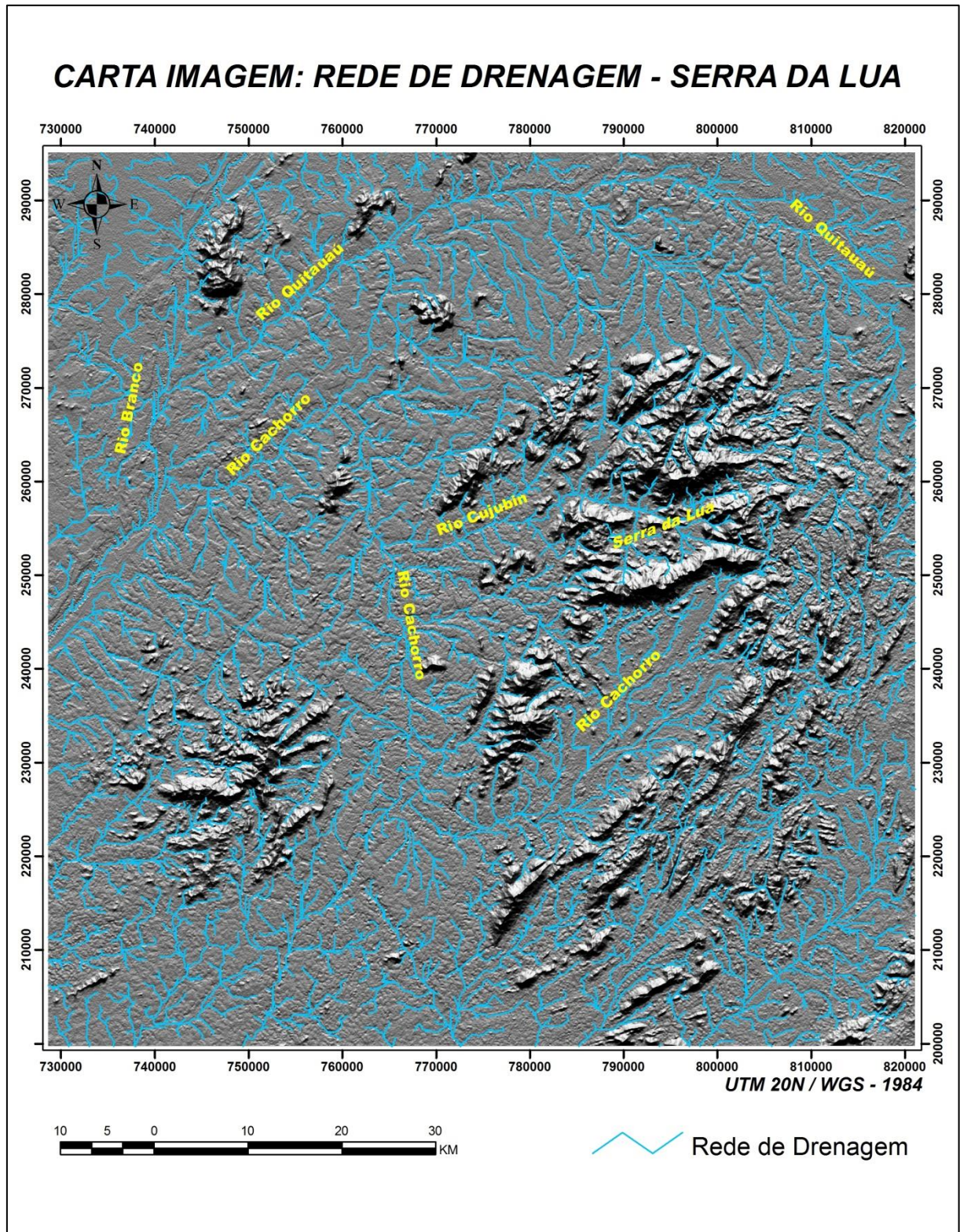
Figura 9 - Formações vegetais na região da serra da Lua, onde na imagem (A) pode-se notar no vale a presença de Floresta Ombrófila Densa devido ao alto grau de umidade e na imagem (B) a presença das savanas contornando o perímetro da serra.



4.2.4 Hidrografia e Clima

A hidrografia na serra caracteriza-se pela adaptação ao arranjo estrutural. As drenagens que cortam a serra apresentam-se encaixados em linhas de fraqueza crustal (falhas e fraturas) de direção preferencial NE-SW. Estas drenagens pertencem à bacia hidrográfica do rio Branco, destacando os rios Cachorro e Quitauaú que nascem nos elevados da região da Serra da Lua (FIGURA 10).

Figura 10 - Carta imagem SRTM/TOPODATA da rede de drenagem da Serra da Lua indicando as principais drenagens que são umas das responsáveis pela dinâmica paisagística na área estudada.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A região de estudo está inserida na faixa climática tropical AW, que predomina no nordeste do estado de Roraima, tendo uma alternância entre um período seco que dura aproximadamente 4 meses se estendendo nos meses de dezembro a março e um período úmido de aproximadamente 8 meses que se estende de abril a novembro (BARBOSA, 1997).

4.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Inicialmente a pesquisa apresentou como base, a aquisição de dados que perpassa pelo levantamento bibliográfico, aquisição de imagens de sensores remotos, ópticos e SAR, dados de elevação (TOPODATA) (VALERIANO, 2004) e os dados geomorfológicos e geológicos coletados em campo. As informações foram sistematizadas a fim de fornecer subsídios para o estudo.

O material bibliográfico foi oriundo de periódicos científicos bem como capítulos de livros que abordam a temática estudada, servindo de aporte para a construção do referencial teórico e a sistematização da metodologia da pesquisa.

Conjuntamente ao acervo bibliográfico, foram adquiridas um banco de imagens orbitais que engloba:

O Modelo de Elevação Digital – *MDE*, que consistem de dados altimétricos da Missão Topográfica do Radar Shuttle – *SRTM* (Shuttler Radar Topography Mission), realizada pela NASA em parceria com agências espaciais da Alemanha e Itália no ano de 2000 (RABUS et. al, 2003), e tratados com resolução espacial de 30 metros, obtidos pelo Base de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA/INPE (VALERIANO, 2008), na escala de 1:250.000.

Imagens ópticas dos satélites LANDSAT-7 sensor ETM+ nas bandas 5, 4 e 3, órbita/ponto 232/58 e 232/59, e, CBERS 2B sensor CCD, nas bandas 4, 3 e 2, órbita/ponto 174/97, 174/98, 175/97 e 175/98. Estas imagens foram fornecidas, sem custo, através da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DGI/INPE e no U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey.

Tabela 1 – Principais atributos dos sensores remotos utilizados.

Plataforma	Sensor	Data de Aquisição	Resolução Espacial
LANDSAT-7	ETM+	04/04/2003	30 x 30 m
LANDSAT-7	ETM+	04/04/2003	30 x 30 m
CBERS 2B	CCD	17/03/2008	20 x 20 m
CBERS 2B	CCD	20/03/2008	20 x 20 m

Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015

A aquisição dos pontos de controle das feições de relevo e geológicas se deu através do dispositivo de posicionamento global (GPS) de marca Garmin, modelo GPSMap 92CSx. A aferição da altimetria, bem como a declividade das estruturas de relevo foi executada com apoio da Bússola de geólogo Brunton. Os equipamentos foram emprestados pelo Instituto de Geociências – IGeo/UFRR.

A manipulação das imagens de sensores foi executada através softwares que tangem as etapas de processamento e sistematização do banco de dados em ambiente de informação geográfico (SIG's), através dos aplicativos PCI Geomatics, versão 10.2, SPRING, versão 5.2 e ArcGis Desktop, versão 10. A utilização desses softwares se deu no laboratório de informática do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo.

4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise geomorfológica contempla uma gama de procedimentos que congregam as atividades bibliográficas de laboratório e de campo. Florenzano, 2008 já detinha atenção à massificação dessas técnicas que foram aprimoradas com a incorporação das geotecnologias, principalmente no que tange a imagens de sensores remotos em ambiente de informações geográficas.

Conjunto ao acervo bibliográfico e as atividades de campo, o processamento de imagens de sensores remotos vem com a intenção de facilitar a extração de informações, de forma a melhorar a observação das feições estruturais afim de fornecer subsídios para a sua interpretação. O processamento digital de imagens proporciona a visualização das unidades de relevo nos vários comprimentos do espectro integrada a vários elementos geográficos de forma a proporcionar a compartimentação do relevo.

4.4.1 Coleta de Dados em Campo

As atividades no campo foram desenvolvidas em campanhas ao longo do ano de 2013 e 2014. As atividades consistiram na coleta de informações geológicas e geomorfológicas que serviram de base para as análises fotointerpretativas obtidas em laboratório.

Na etapa de campo foram adquiridos os dados morfométricos através das medidas de altitude, declividade, medidas de direção e mergulho de camadas, orientação das feições geológicas impressas em falhas e fraturas dos compartimentos geomorfológicos identificados na área e morfológicos através da descrição do modelado quanto ao topo e vertentes, aquisição de 17 pontos de controles (coordenadas UTM) com erro de três metros afim de auxiliar na elaboração dos mapas temáticos.

Figura 11 - Plano de falha em rocha metamórfica, no qual foi coletado a direção e a inclinação do mergulho na região do campo.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2014.

4.4.2 Processamento e Fotointerpretação de Imagens de Sensores Remotos

As técnicas de processamento digital de imagens orbitais têm como função corrigir, restaurar, realçar e individualizar feições de interesse presentes nas imagens coletadas da superfície terrestre (SCHOWENGERDT, 1983; LILLESAND; KIEFER, 1994).

O Arcabouço metodológico para a análise das informações pertinentes ao processo de compartimentação geomorfológica da região do maciço Serra da Lua se deu inicialmente por meio de técnicas de fotointerpretação de imagens de sensores remotos óptico, como também o modelo digital de elevação (MDE).

O pré-processamento nas imagens LANDSAT e CBERS ocorreu com a criação do banco de imagens. Segundo HANSEN (1989), o banco de dados (BD) é uma estrutura que guarda registros de forma integrada ou partilhada, e permite que itens de dados individuais sejam usados por diferentes programas e faz a combinação de diversos conjuntos de dados. Um sistema de BD é um programa computacional normalmente de grande complexidade e que permite ao usuário mudanças de dados, atualizações, correções de erros, etc. O BD opera com dados: numéricos, alfanuméricos, datas entre outros.

Essas imagens por processo de agrupamento das bandas e atribuídas posteriormente à falsa cor em ambiente SPRING. Posteriormente passaram por operações de processamento destinadas a atenuar os efeitos da interferência dos constituintes atmosféricos e de redução das distorções geométricas.

A altitude interfere diretamente no caminho da radiação até o sensor. Na troposfera ocorre um gradiente de interferência provocada por aerossóis ou densidade óptica. Cada pixel assume um atributo numérico que representa o nível de cinza, variando de preto ao branco chamado de número digital.

A técnica aplicada na correção das distorções atmosféricas em imagens de sensores ópticos envolve um alvo escuro para calibração (CHAVEZ, 1988). A aplicabilidade do nível de cinza observados alvos escuros gerados pela conjugação de componentes gasoso e aerossóis.

De acordo com o offset (ND a ser subtraído) em cada banda, estabelecidos através dos histogramas das imagens de forma a apresentarem valores nulos. Subtraindo, portanto os valores médios obtidos por cada banda em relação aos níveis de cinza, tendo como produto imagens com as distorções atmosféricas reduzidas.

A correção geométrica vem com finalidade corrigir os erros de varredura dos satélites inerentes a terra, como também efeitos panorâmicos (RODRÍGUEZ, 2000). A correção é feita

através de modelos matemáticos no qual é feito uma correlação entre a localização do pixel dentro de um sistema de coordenadas geográficas (MATHER, 1987; RICHARDS, 1993).

A correção geométrica é caracterizada como a mudança de estrutura de uma imagem de forma que ela assuma propriedades espaciais de escala e projeção. Esse método estabelece uma relação de cálculo entre dois sistemas de coordenadas através do estabelecimento de pontos de controle (CRÓSTA, 1992).

Esta técnica se baseia na introdução de um modelo matemático polinomial, a partir de cálculos de pontos de controle coletados. O método de georreferenciamento perpassa pela coleta de pontos espaçados equitativamente por toda a cena de imagens georreferenciadas Landsat 7, com coordenadas UTM, Datum mundial WGS 1984.

Os polinômios podem ser de primeira, segunda ou terceira ordem sendo, portanto, estabelecida a ordem de acordo com o número dos pontos de controle. Logo, quanto maior o número de pontos de controle, maior será o grau de polinômio de ajuste (RICHARDS, 1993). Conforme Mather (1987) o ajuste do polinômio é executado através da técnica de mínimos quadrados, ou seja, o ajustamento dos pontos de controle no mapa.

Aplicado o polinômio, os pixels apresentarão valores de localização em relação às coordenadas geográficas dos pontos de controle existentes. Posteriormente se reamostra através da interpolação de forma a definir dos novos valores dos números digitais da imagem corrigida. A interpolação pode ser por *vizinho mais próximo*, *bilinear* e *convolução cúbica* dependendo de qual estudo se pretende executar com a imagem corrigida (CRÓSTA, 1992).

A técnica de realce se aplica as imagens brutas, onde os valores de níveis de cinza se concentram apenas em porção da variável tonal do sensor. O pouco contraste da imagem dificulta a individualização dos alvos nas imagens de sensores.

A individualização tem grande relevância na interpretação das imagens, melhorando a o aspecto visível das imagens, maximizando as características de interesse dos objetos de estudo pretendidos. O processamento do contraste vem com intuito de corrigir os defeitos do sensor, má iluminação ou ainda características da cena imageada pelo (INPE, 2000). As vantagens desse método perpassam pela não alteração do padrão de resposta do histograma original, apenas expandindo suas extremidades (CRÓSTA, 1992).

O processo de manipulação do contraste é executado através de várias operações como: *Mínimo e o Máximo*, *Linear*, *Raiz Quadrada*, *Quadrado*, *Logaritmo*, *Negativa* e *Equalizações* (INPE, 2000). Esse método é aplicado em ambiente de informações geográficas na plataforma SPRING 5.2.

Em conjunto com as imagens de sensores remotos, foi utilizado o MNT (modelo numérico de terreno), que consiste em uma função que permite o cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linhas de visada entre outros. Conforme Moreira (2001) esse material digital é relevante, envolvendo varias aplicações, pois proporciona a determinação de mapas de contorno (isolinhas), de declividade e de aspecto, em visualização 3D, cálculo de volumes e também análises de perfis.

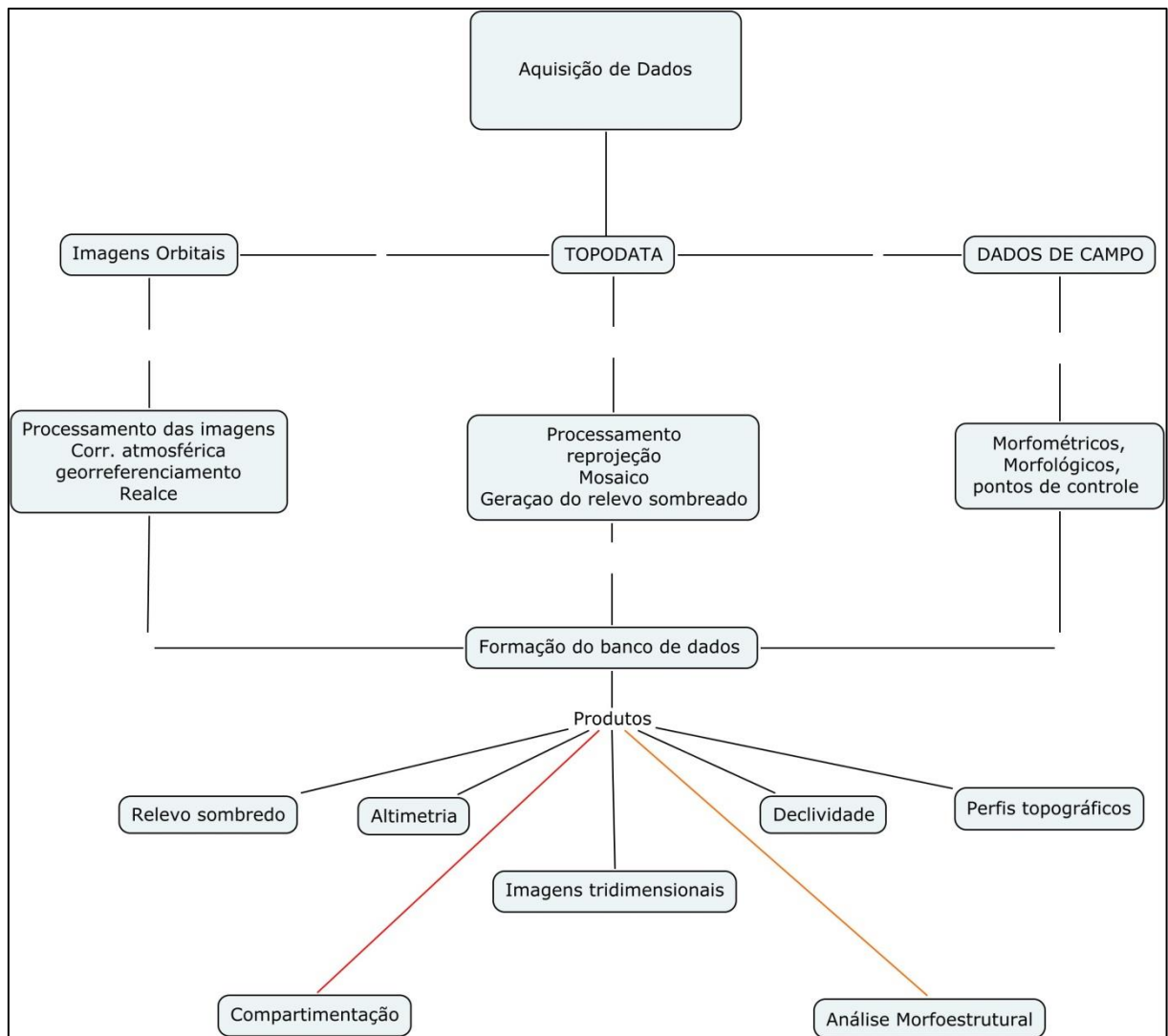
O processamento das imagens MNT envolveu a manipulação em ambiente de sistema de informações geográficas, na plataforma ArcGis. As imagens de Radar (SRTM/TOPODATA), o tratamento consistiu no realce e reprojeção das imagens e criação do mosaico para a cobertura completa da área de estudo, bem como a geração do relevo sombreado. Através da ferramenta *Spatial Analyst*, os dados pertinentes a pesquisa foram extraídos e como produtos o mapa altimétrico, mapa de declividade e imagens de texturas (sombreada).

Através das imagens sombreadas pode-se representar as rugosidades do relevo, devido aos diferentes ângulos de visada e iluminação. O MDE também proporcionou a extração dos perfis topográficos e a compartimentação do relevo. A manipulação tridimensional é atributo das imagens MDE, sendo integrada as imagens CBERS e LANDSAT para uma melhor visualização da estruturação do modelado.

Os procedimentos de manipulação de imagens em sensores ópticos, foram executados usando os aplicativos SPRING, versão 5.2, ArcGis, versão 10 e PCI Geomatics, versão 4.2, realizados no laboratório de informática do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGGEO/UFRR .

As imagens já manipuladas foram integradas a dados coletados em campo, gerando um banco de informações que serviu de aporte para a confecção produtos em forma de mapas e cartas. As etapas de manipulação das imagens podem ser visualizadas na figura 12.

Figura 12 - Fluxograma etapa metodológica do processamento e fotointerpretação dos sensores remotos.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015

4.4.3 Interpretação Morfoestrutural

A designação morfoestrutura se aplica a feições que são expressão de estruturas geológicas formadas pela dinâmica tectônica. Sua morfologia é decorrente de fatores endógenos e exógenos (BATES; JACKSON, 1987). Conforme Gontijo (1999), a aplicabilidade do termo se faz quando a morfologia do relevo se processa sob condições tectônicas passivas, portanto não necessariamente associadas à neotectônica.

Mattos *et al.* (1982), define morfoestrutura como uma construção no relevo entendido e identificado a partir de padrões de análise e interpretação nas redes de drenagem e relevo,

apontadas por irregularidades que fogem o padrão geral de distribuição dos constituintes de relevo e drenagem.

O mapeamento do maciço Serra da Lua dentro de uma perspectiva morfoestrutural, buscou a partir de padrões de drenagem (assimetria e tropia) e dos lineamentos estruturais, traçar as flexuras do terreno consequentes de processos geológicos. Portanto, análise morfoestrutural parte do pressuposto que o relevo e a drenagem tendem a desenvolver padrões específicos, produto de fatores litológicos e estruturais (SOARES et al., 1982). O progresso desses modelos exclusivos impressos no relevo e na drenagem dá a entender que foram consequências de estruturas geológicas profundas que são inidentificáveis através de técnicas de sensoriamento remoto.

Esta metodologia tem como base os estudos de Madrucci, Veneziani e Paradella (2002); Araújo, Yamamoto e Madrucci (2003). Assim, parte do princípio da análise dos elementos de drenagem e do relevo e sua dinâmica com a paisagem, onde as morfoestruturas (altos e baixos estruturais) apontam como impressões irregulares na paisagem, partícipe da tendência regional, representando deformações nos maciços rochosos.

Ao traçar os padrões drenagem se permite a visualização das conformações estruturais da região, no qual pode-se estabelecer o alto e baixo estrutural. Posteriormente, extraiu-se as feições lineares de drenagem e em seguida ocorreu a análise das feições lineares de relevo (positivas) e de drenagem (negativas). Na sobreposição dos lineamentos interpretados com as anomalias de drenagem e impressões de camadas se define o limite entre os altos e baixos blocos.

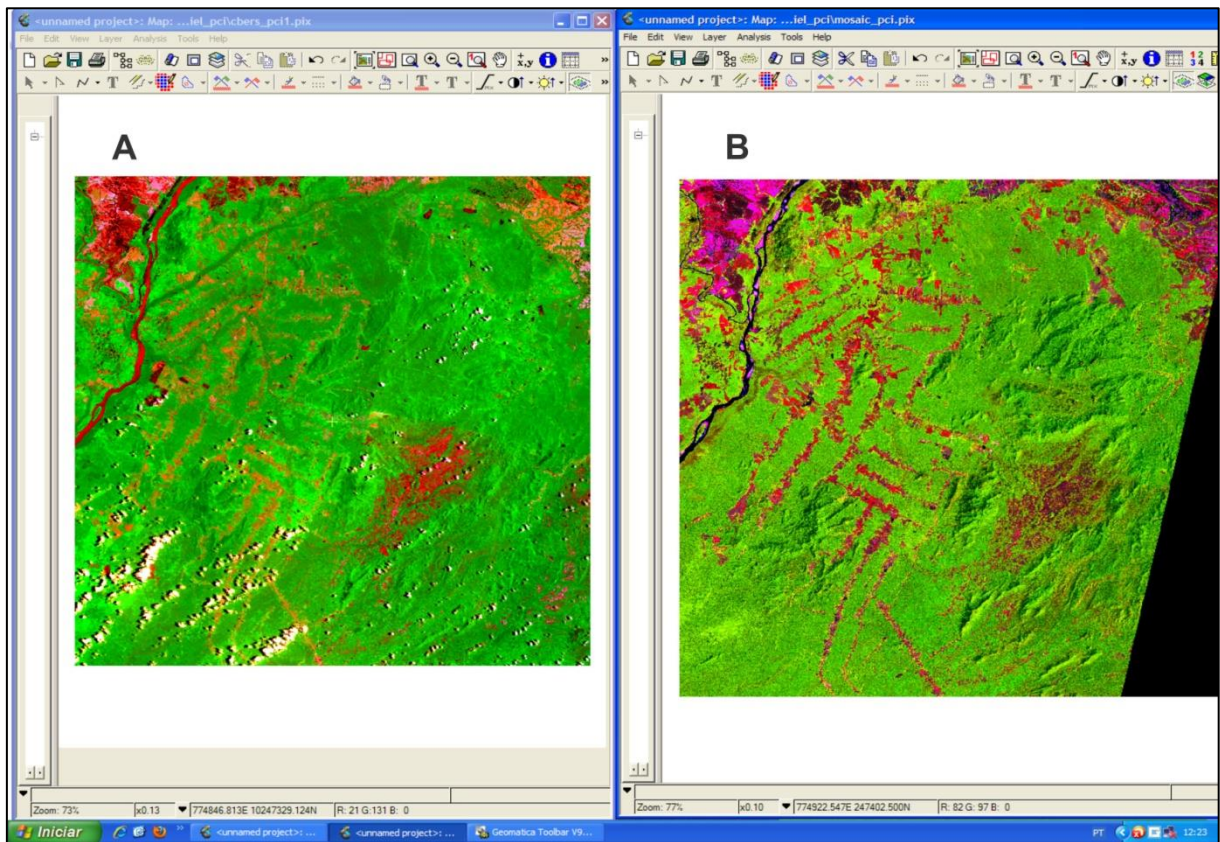
Com os produtos das feições lineares de drenagem e relevo, extraíram-se os lineamentos estruturais, que dizem respeito ao padrão das estruturas tais como zonas de contato geológico. O padrão dos lineamentos influenciou diretamente na produção das linhas isomorfoestruturais, seja ao trincar ou deslocar a anomalia, ao fechar ou limitar a área da anomalia, ou mesmo, ao inverter o mergulho regional ou local.

Nesta fase, o produto dos lineamentos estruturais é incorporado á delimitação das unidades morfoestruturais, traçando-se as isomorfoestruturas. O produto está nas linhas não cotadas que representam as flexuras do terreno, baseados nos padrões de drenagem e lineamentos.

As linhas estão dispostas em formas de malha, no qual foram cotadas considerando o mergulho das camadas, que foram obtidas através da técnica de estereoscopia. Segundo Marchetti ; Garcia (1986), estereoscopia consiste na ciência e na arte que permite a percepção de profundidade, ou seja, na visualização em três dimensões.

Para a aplicação da estereoscopia em fotointerpretação, foi utilizado um par de imagens orbitais de diferentes satélites (Landsat 7 ETM+ - CBERS 2B CCD), chamado de par estereoscópico ou estereopar, onde uma mesma área está presente nas duas imagens (Figura 13), sendo que vistas a partir de ângulos diferenciados. A sobreposição permitiu uma melhor visualização e consequentemente a identificação dos mergulhos da camada na região estudada.

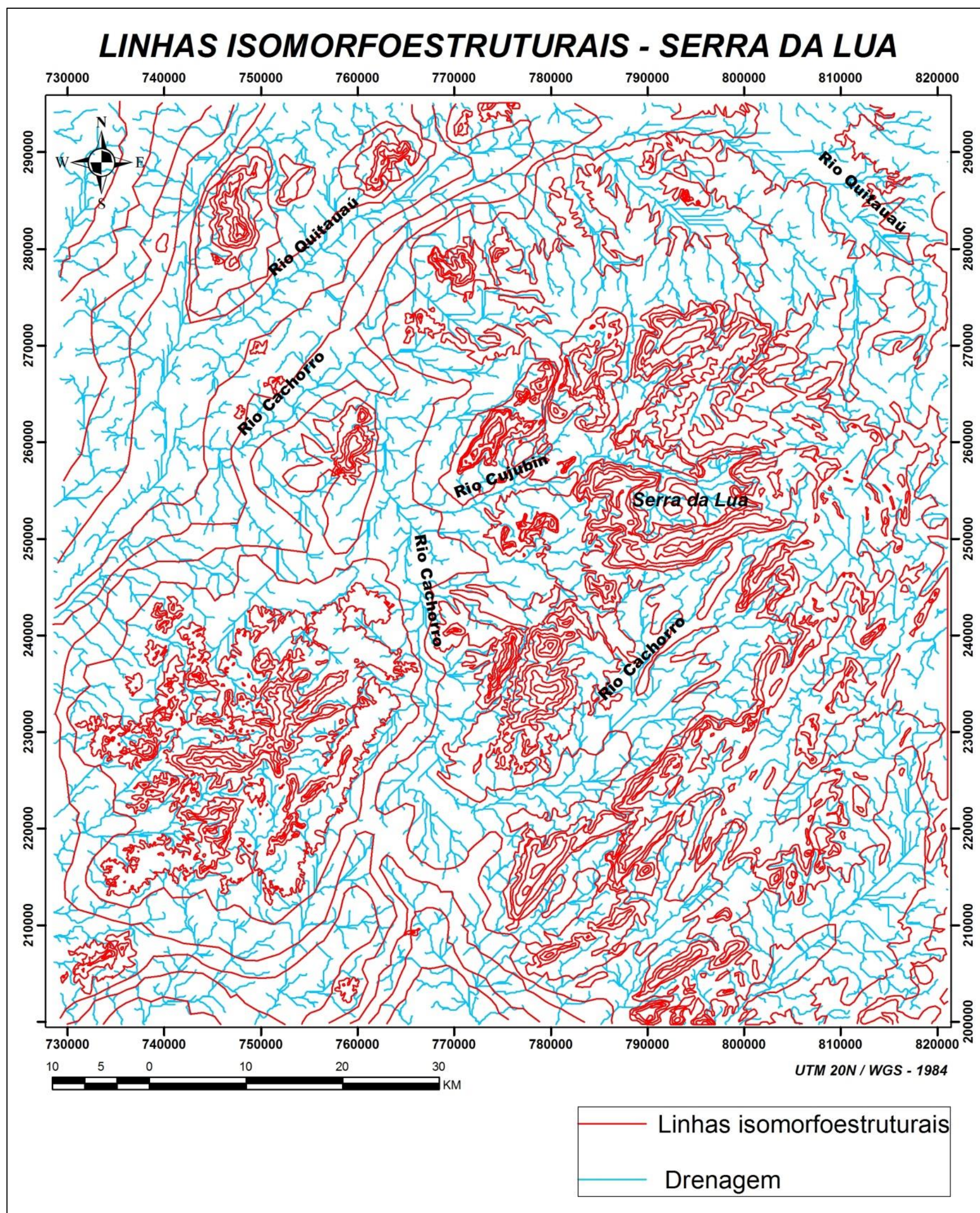
Figura 13 - Imagens Cbers CCD (A) e Landsat 7 ETM+ (B), sendo empregada a técnica da estereoscopia.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A partir da orientação dos mergulhos puderam-se determinar os valores das isolinhas, determinando as regiões onde elas cresceriam. As cotas variaram de zero, região no qual foi considerada como baixo estrutural e setenta, considerada como alto estrutural. Estas linhas foram interpoladas gerando um MNT que permitiu visualizar a conformação estrutural da área e indicar as regiões de alto e baixo morfoestrutural. A figura 14 retrata as isolinhas morfoestruturais que foram traçadas na área de estudo.

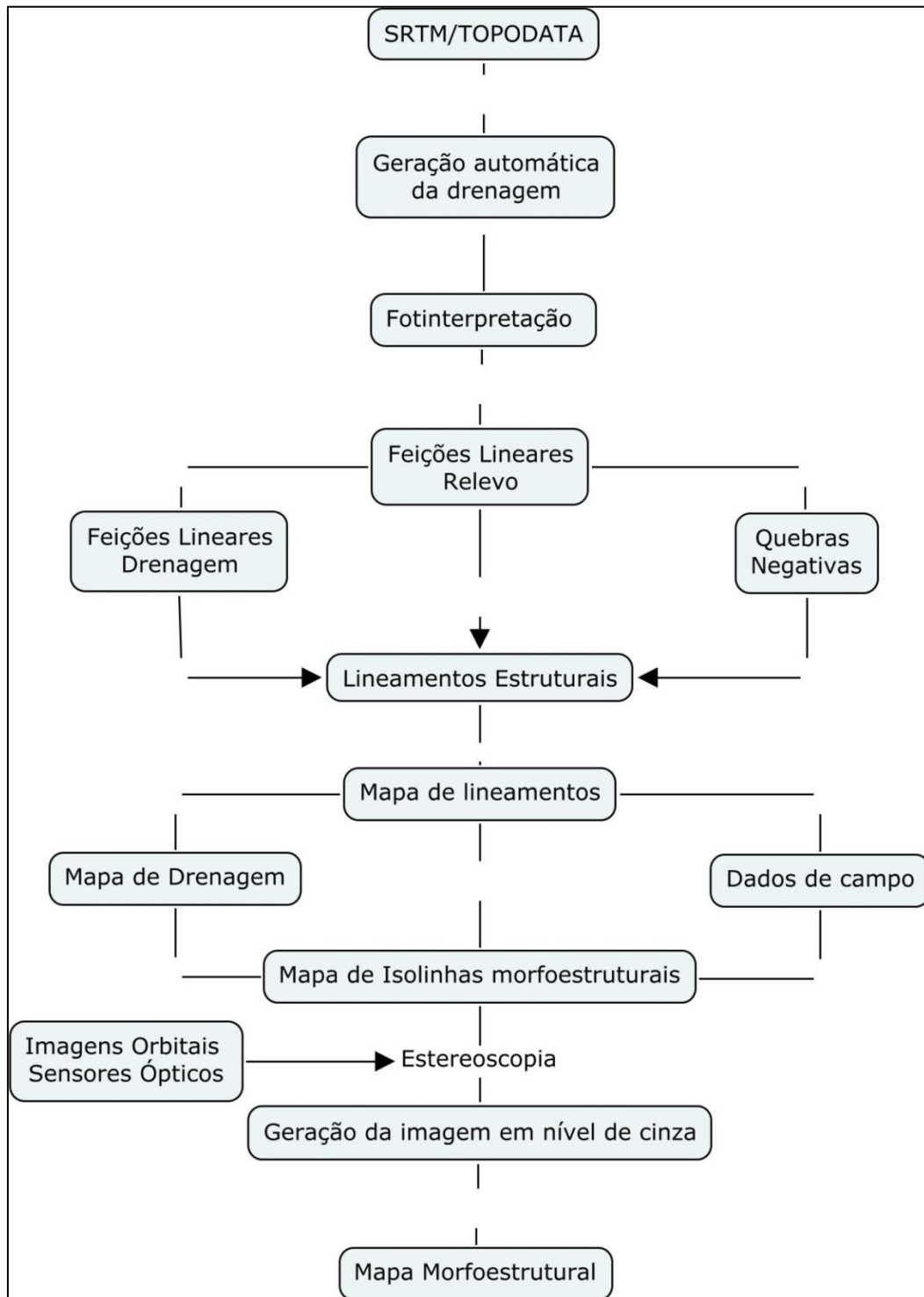
Figura 14 - Linhas isomorfoestruturais, para representação das unidades morfoestruturais na Serra da Lua.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A utilização do MNT e mapeamento morfoestrutural foi realizado em ambiente de SIG's, onde procedimento metodológico abordado pode ser analisado no fluxograma esquemático da figura 15.

Figura 15 - Fluxograma etapa metodológica da análise morfoestrutural.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

4.4.4 Mapeamento geomorfológico

O mapa Geomorfológico do maciço Serra da Lua visa à identificação, caracterização e mapeamento das unidades geomorfológicas, levando em consideração tanto aspectos descritivos, associados à geometria das formas de relevo, quanto aspectos geológicos, considerando os aspectos tectônicos que geram a dinâmica do relevo ao longo do tempo.

Com base nesses pressupostos, adotou-se a metodologia elaborada por Ross (1990; 1996), baseada na conformação que o modelado é resultado da ação de fatores endógenos e exógenos, os processos de aplainamento descritos por Penck (1953), e os conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas (GUERASIMOV, 1946; MESERJAKOV, 1968). Tudo essa base teórica-metodológica, somada a imagens de sensores remotos (ópticas e MDE).

Ross (1996) individualiza o relevo em seis táxons – Unidade Morfoestrutural; Unidade Morfoescultural; Unidade Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes; Tipos de Formas de Relevo; Tipos de Vertentes e Formas Menores (processos atuais), introduzindo técnicas e um pensamento de mapeamento e interpretação geomorfológica claro que, adotando modificações para atender a área de estudo numa escala de maior detalhe.

O primeiro *táxon* faz alusão às unidades morfoestruturais. Abrangendo uma maior área é condicionada a estrutura geológica que condiciona a configuração atual do relevo.

O segundo *táxon* faz alusão às unidades morfoesculturais, correspondendo à ação diferencial dos agentes geomorfológicos na modelagem da paisagem de uma mesma unidade morfoestrutural.

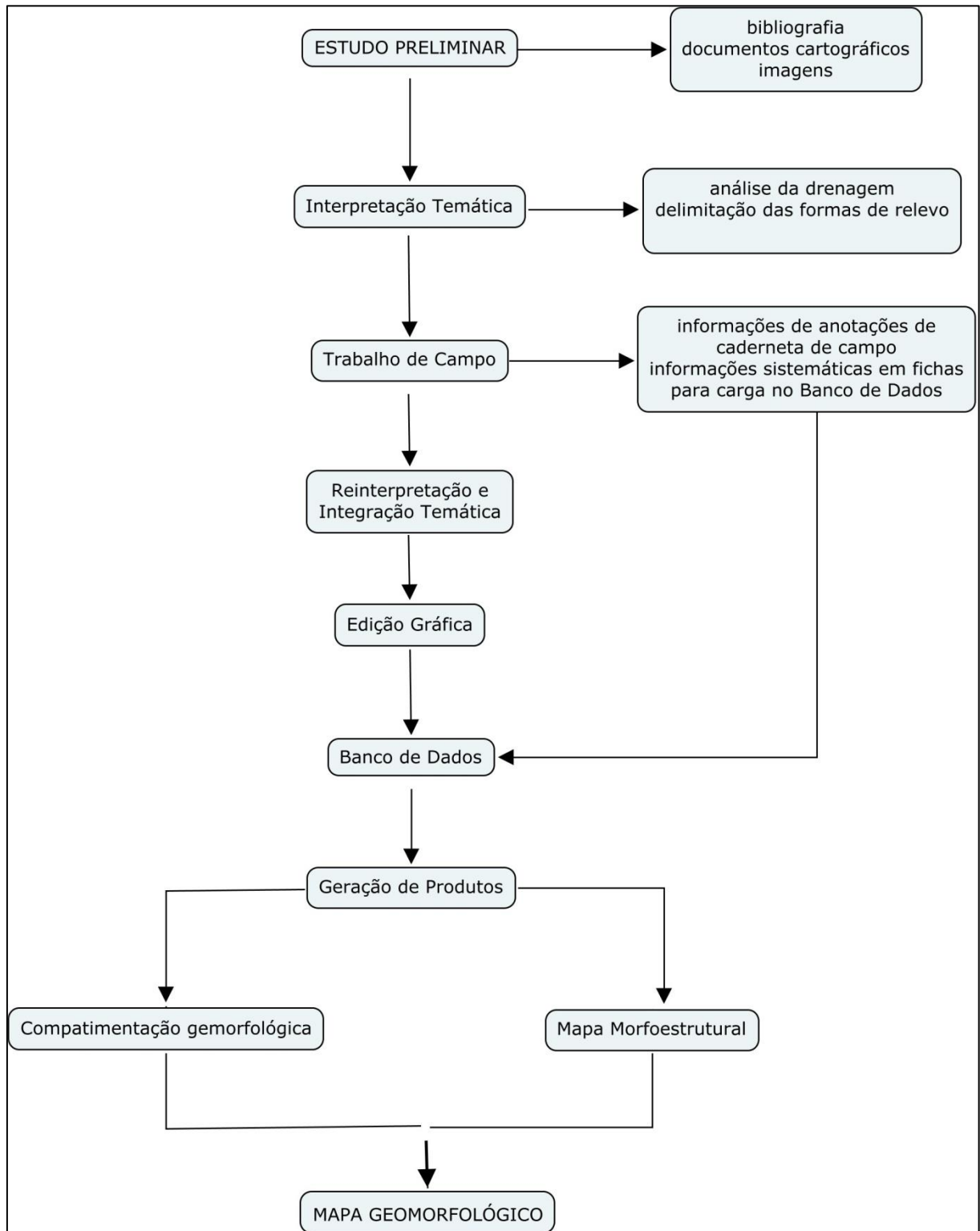
O terceiro *táxon* faz alusão às unidades geomorfológicas que representam unidades de relevo homólogas. Divide-se as unidades geomorfológicas em dois conjuntos principais, conforme sua natureza genética: formas de Denudação (D) e formas de Acumulação (A).

O quarto *táxon* faz alusão às unidades morfológicas ou o modelo de formas semelhantes.

Portanto, a metodologia utilizada como aporte para o mapeamento geomorfológico é baseada na proposta de IBGE (2009), que utiliza os pressupostos metodológicos de Ross (1992), acima citados. Portanto, o mapeamento geomorfológico do maciço Serra da Lua teve como base análise da base estrutural da região, levando em consideração para interpretação a rede de drenagem e os lineamentos de relevo.

Os dados obtidos em campo e de fotointerpretação serviram de aporte para a compartimentação geomorfológica. Os procedimentos metodológicos podem ser observados na figura 16.

Figura 16 - Fluxograma da etapa metodológica do mapeamento geomorfológico.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 FOTOINTERPRETAÇÃO ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE DADOS EM IMAGENS DE SENSORES REMOTOS.

O processo de fotointerpretação de imagens em sensores remotos e processamento do MDE se deram através de produtos altimétricos e de declividade, bem como produtos manipulados em 3D integrados com imagens ópticas. Conjuntamente a esses materiais foi incorporada a análise de perfis topográficos que denotam as principais características das rugosidades do maciço, com o intuito de propiciar um perfil inicial das rugosidades do maciço Serra da Lua.

5.1.1 Dados Altimétricos e de Declividade

A preparação do MDE, em ambiente de sistema de informações geográficas proporcionou a geração de produtos iniciais referentes a dados altimétricos da Serra da Lua, que proporcionaram o entendimento do modelado do maciço.

Em geral, a serra emerge em meio a patamares com altitudes apresentando em média de 70 a 150 metros de altitude. O agrupamento de cristas que formam a serra da Lua variam altitudes em média, entre 400 e 1.000 metros.

O modelo hipsométrico do maciço Serra da Lua (Figura 17) demonstrou uma distinção quanto aos patamares de elevação. Por se tratar de um agrupamento de serras residuais pode-se identificar níveis de dissecação com cotas altimétricas diferenciadas.

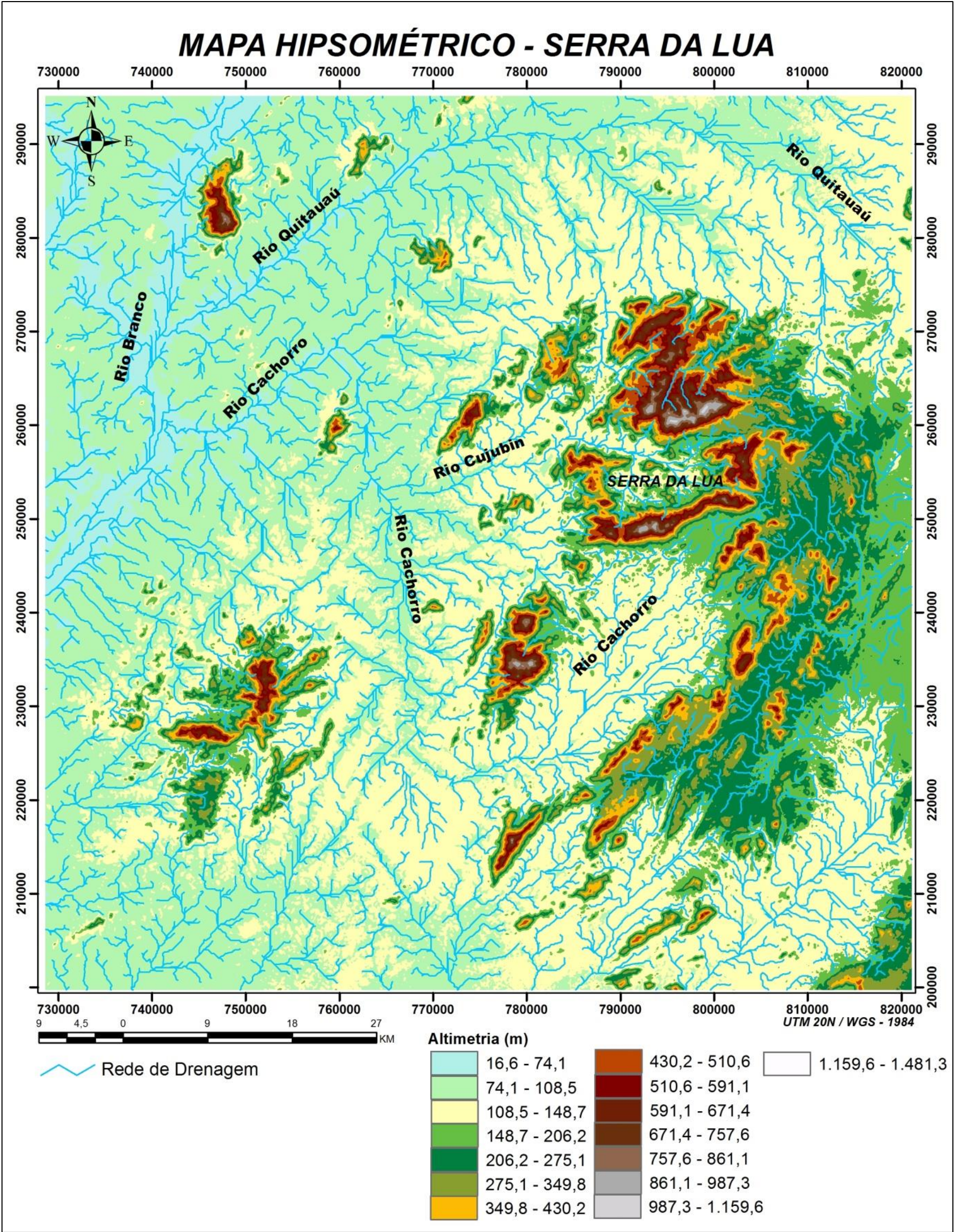
O primeiro nível formado por cristas convexas seguindo uma orientação geral NE-SW, com alto grau de desgaste. Essas formações atingem cotas que variam de aproximadamente 500 até 1000 metros.

Essas cristas caracterizam-se pelo alto grau de ravinamento conferido pelas drenagens que formaram profundos vales encaixados, principalmente a norte da área estudada. A amplitude das cotas em relação ao topo das cristas com o fundo dos vales denota uma grande amplitude que varia de 300 até 700 metros, evidenciando vales profundos escavados pela drenagem.

O segundo nível de dissecação é caracterizado por morros e colinas residuais que margeiam todo o maciço. Estas feições são correlacionadas a movimentos horizontais a exemplo de fatores exógenos como o paleoclimas, que aconteceram ao longo do processo de pediplanação, mas também são derivadas de movimentos verticais a exemplo da tectônica.

Neste caso, a rede de drenagem e os ressaltos ou rupturas de declive foram fundamentais na formação, como ocorre na região da nascente do Rio Cachorro, onde podem ser observadas essas feições. Esses ressaltos bem distribuídos por toda a região da serra, bordejando as formações em cristas, apresentam cotas que vão de 100 a aproximadamente 280 metros.

Figura 17 - Mapa hipsométrico da região da Serra da Lua, apresentando a variação altimétrica para o topo da serra de cerca de 900 metros entre as áreas rebaixadas.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

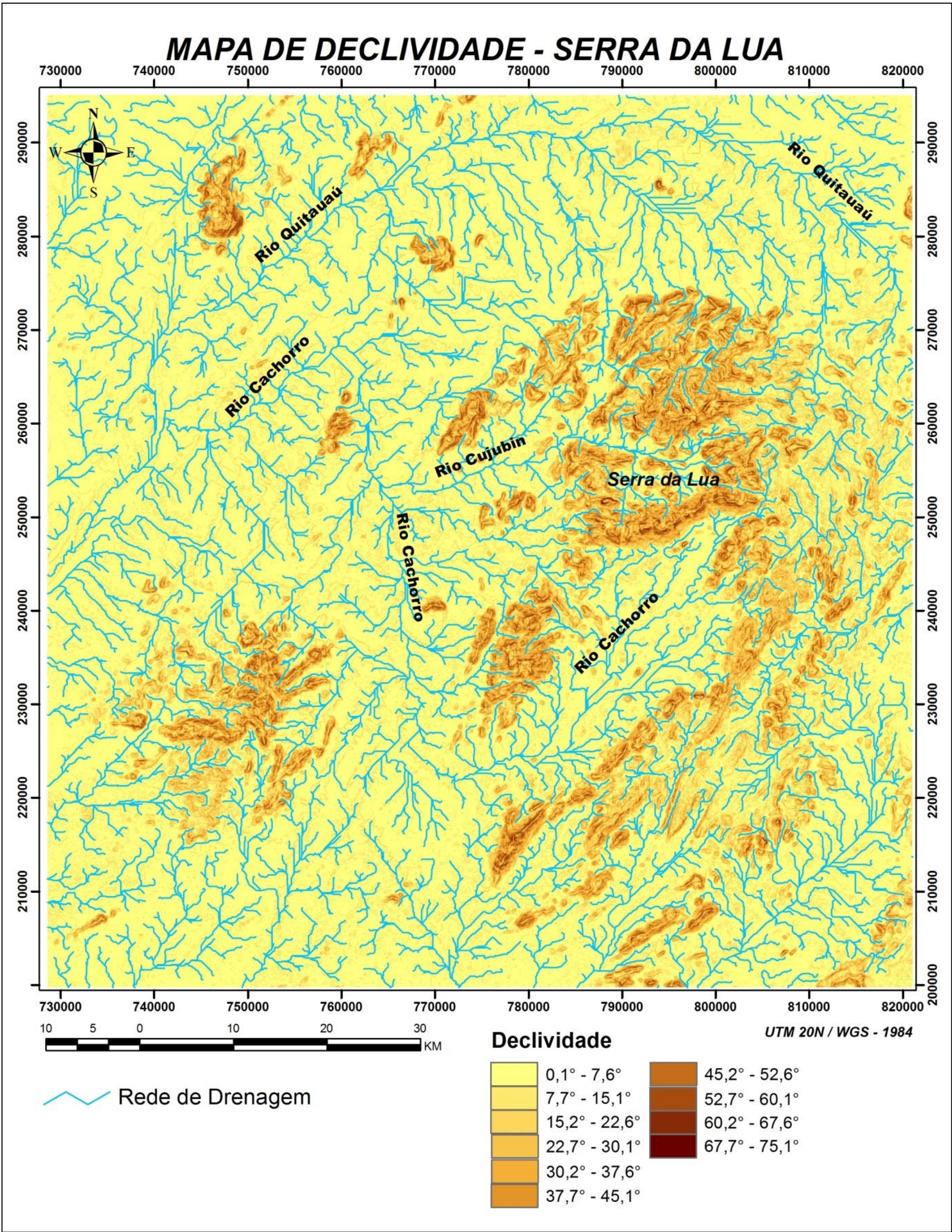
A descrição da declividade se dá através do processamento do modelo digital de elevação, em ambiente de sistema de informações geográficas, tendo como produto o mapa de declividade do maço Serra da Lua que destaca a manifestação do relevo nas suas variações de inclinação e rugosidade.

A análise da declividade, demonstrou que as morfologias impressas na paisagem local geram variações nos valores de declividade. As declividades mais suavizadas se encontram nas áreas ao redor do maço, caracterizada por uma superfície de aplainamento com inclinação que varia de 0,1° a 25° graus.

Bordejando o relevo em crista encontram-se os morros e colinas residuais, caracterizada por uma morfologia com alto grau de dissecação, de maior inclinação se comparado as grandes superfícies de aplainamento, com inclinações que vão até 45°.

As formações em crista constituem-se de relevos residuais que consistem os mais representativos na paisagem e com declividades mais acentuadas. Na baixa e média vertente, apresentam inclinação média de 45° a 60° devido a incisão da rede de drenagem em setores localizados, devido ao entalhamento do talvegue nestas drenagens. Na alta vertente das cristas as declividades podem chegar a 60°, em determinados setores, chegam a serem superiores a 75°. (Figura 18)

Figura 18 - Mapa de declividade da Serra do Lua, mostrando a variação da rugosidade do relevo e o grau de inclinação das morfologias



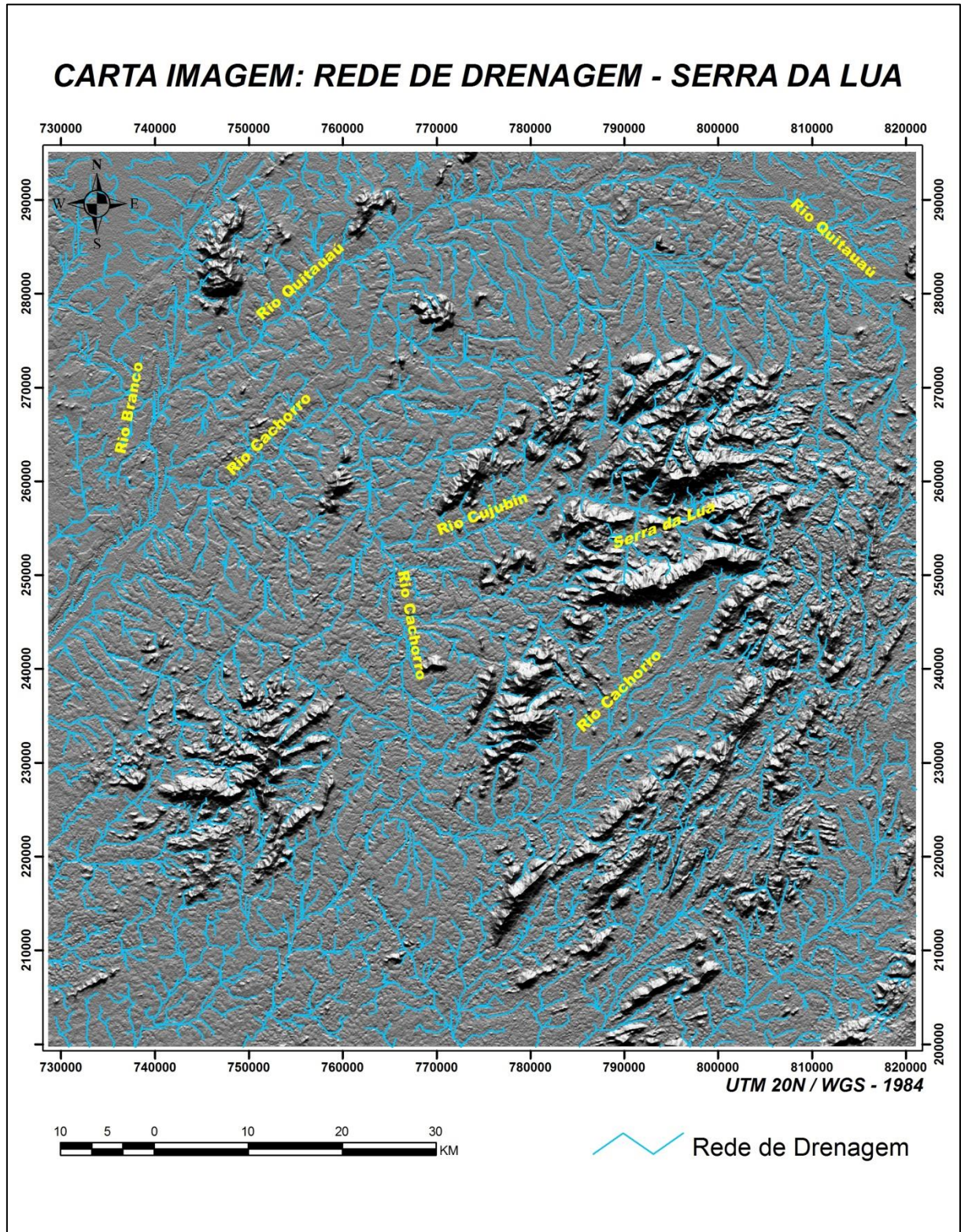
Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5.1.2 Análise da drenagem

Nota a ação tectônica evidente nos padrões de drenagem, os quais enquadram-se em modelos com controle estrutural. Nas áreas aplainadas e colinosas e vertentes suavizadas, identifica-se padrão de drenagem do tipo subdentrítico com leve controle estrutural, justificada pelos cursos subsequentes interceptados por lineamentos a exemplo dos rios Cachorro e Quitauaú.

Nos patamares estruturais mais elevados identifica-se drenagem com padrão em treliça, justificado pelo alto controle estrutural no qual as drenagens estão encaixadas. Os canais subsequentes são perpendiculares aos seus tributários, com movimentação escalonada em grandes blocos estruturais a exemplo dos tributários que apresentam nascentes nos vales dos patamares mais elevados. A figura 19 retrata esses padrões de drenagem impressos na paisagem local.

Figura 19 - Carta imagem SRTM/TOPODATA da rede de drenagem da Serra do Lua, com detalhe para o padrão de drenagem local.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5.1.3 Produtos Integrados Tridimensionais

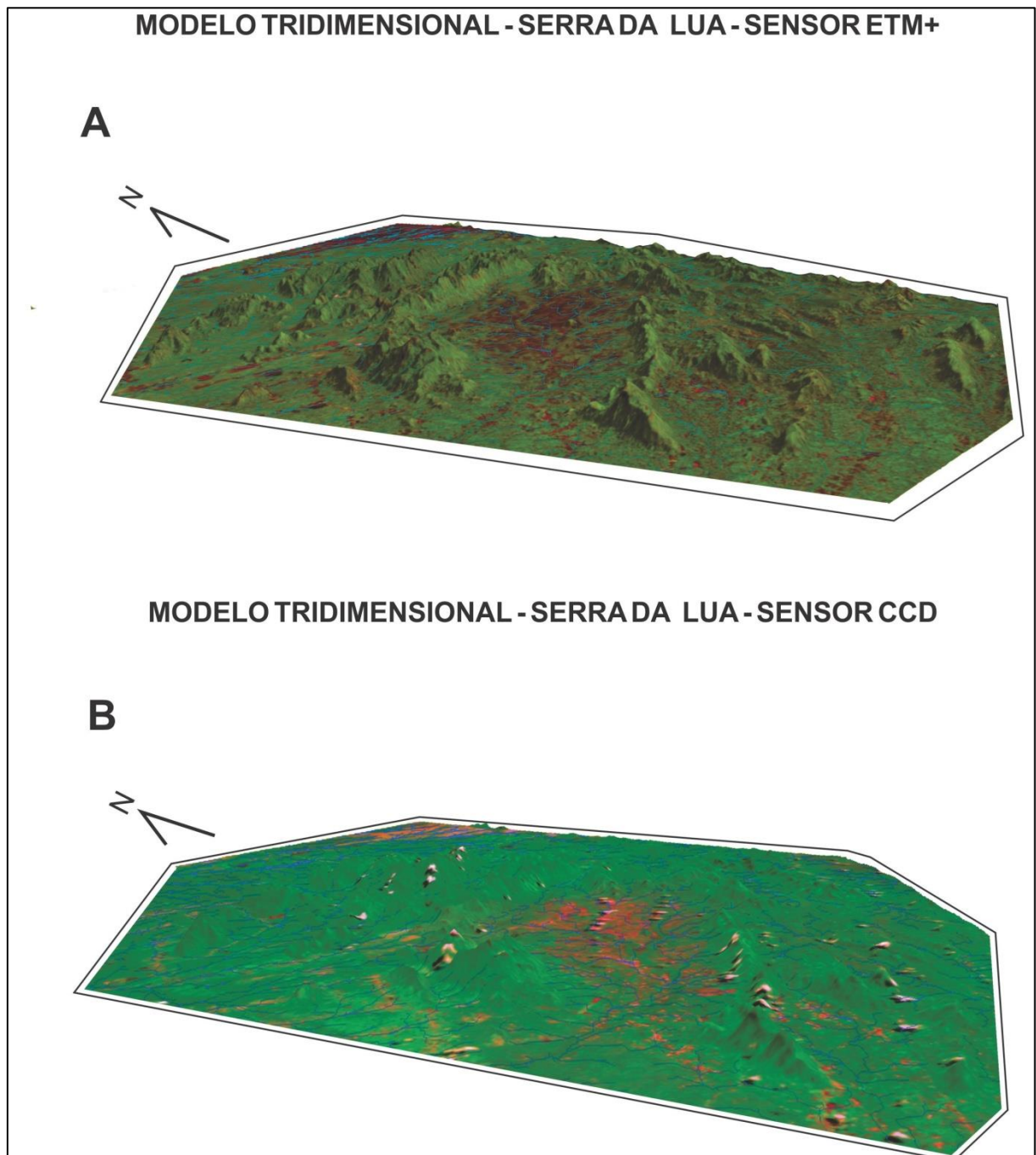
A utilização do modelo digital de elevação contribuiu para a inserção de dados quantitativos, proporcionando a visualização das morfologias inseridas na paisagem da Serra da Lua e suas adjacências. A partir dos dados manipulados obtiveram-se, produtos digitais em imagens de sensores remotos na forma de modelos tridimensionais (3D), facilitando a análise das morfologias da região.

Notam-se as rugosidades impressas na paisagem, destacando grandes superfícies de aplainamento, morros e colinas residuais e grandes estruturas dissecadas. A diferenciação topográfica conjunto ao modelo tridimensional (3D) proporcionou uma análise numa perspectiva mais detalhista, já que as feições de morros e colinas residuais e estruturas dissecadas impressas nas paisagens foram visualizadas nas suas vertentes.

As imagens orbitais dos sensores ópticos ETM+ e CCD conjunto ao MDE na forma 3D, proporcionaram a identificação do alto nível de dissecação no qual foi submetido à região ao longo do tempo geológico por fatores estruturais e esculturais.

A fotointerpretação buscou a relação entre textura e estrutura do relevo impressos na paisagem. A imagem óptica do sensor ETM+ integrado ao MDE (Figura 20 A) apresentou resposta nítida em relação ao nível de dissecação da paisagem, bem como a visualização das feições de relevo em todos os níveis topográficos. O modelo tridimensional CCD, contribuiu para a visualização da distribuição morfológica (Figura 20 B).

Figura 20 - Modelos tridimensionais integrados com imagens ópticas. A) Modelo tridimensional (3D) em imagem ETM+, apresentando a textura e estrutura das feições de relevo no topo e dissecação deste; B) Modelo tridimensional (3D) em imagem CCD, refletindo as características das feições de relevo.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5.2 NATUREZA MORFOESTRUTURAL DO MACIÇO SERRA DA LUA

Nesta seção, serão abordadas as principais características referentes ao arranjo morfoestrutural da serra da Lua, fotointerpretadas através da integração de dados em imagens de sensores remotos.

5.2.1 Mapeamento Morfoestrutural

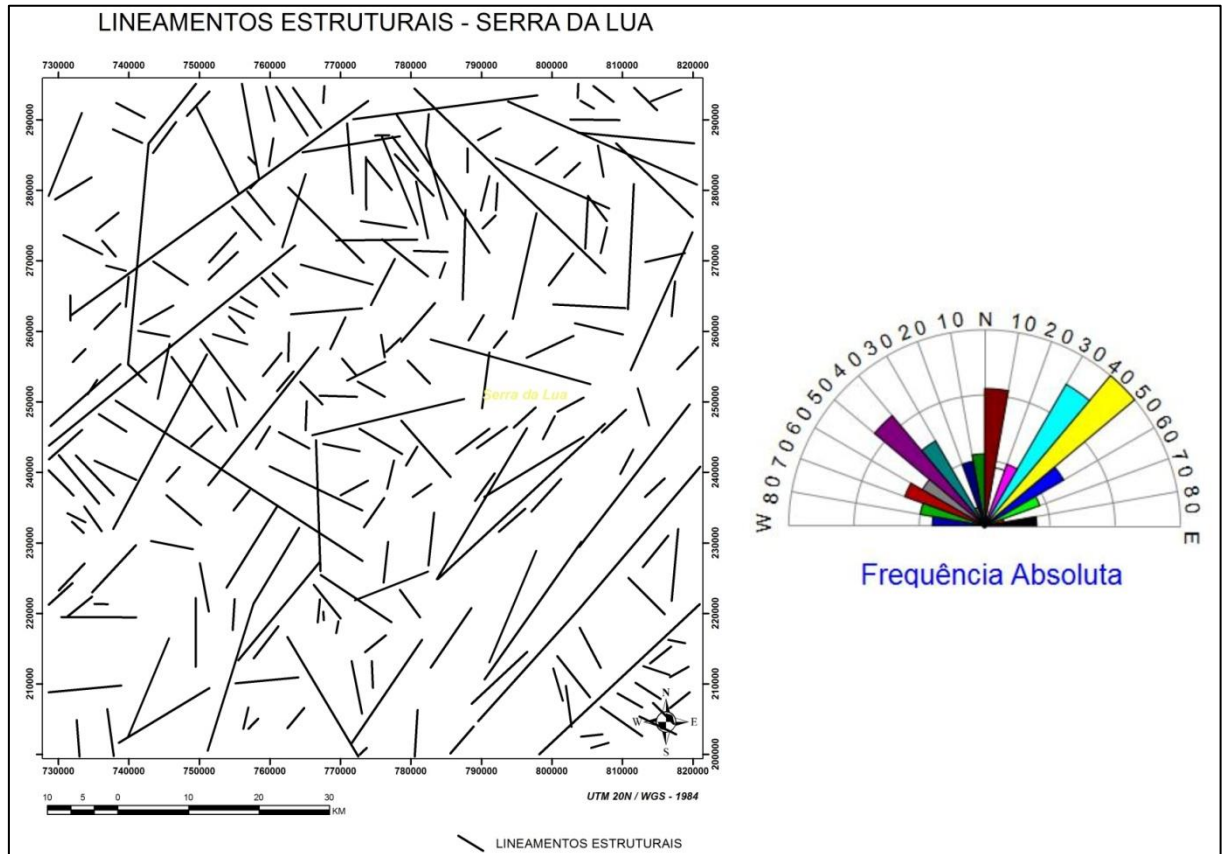
Ao longo da Serra percebe-se com o auxílio dos lineamentos, o padrão estruturação do conjunto de serras, na forma de *restberg* com cristas fortemente orientadas, serranias com vertentes profunda, morros e colinas com vertentes de baixa declividade que intercalam as drenagens e as grandes superfícies de aplainamento nas áreas rebaixadas produto da tectônica e ação da erosão ao longo do tempo geológico.

A análise geral dos lineamentos indica uma zona de cisalhamento dúctil-rúptil conforme indicado por Reis (2003) e dados de campo. O arranjo estrutural apresentado no mapa fotointerpretado dos lineamentos estruturais com direções apresentadas no diagrama de roseta (Figura 21), evidenciando este arranjo.

Os lineamentos principais são apresentados como feixes longos e retilíneos com direção preferencial NE-SW com extensões quilométricas, que perfazem toda a área de estudo. Em menor extensão ocorrem lineamentos perpendiculares às falhas principais seguindo várias direções.

O arcabouço estrutural identificado a partir da análise fotointerpretativa, evidenciou as principais estruturas que condicionam a área de estudo. As análises indicam uma estrutura decorrente de um sistema de falhas transcorrente de direção preferencial NE-SW, que condicionam a orientação do relevo e drenagem.

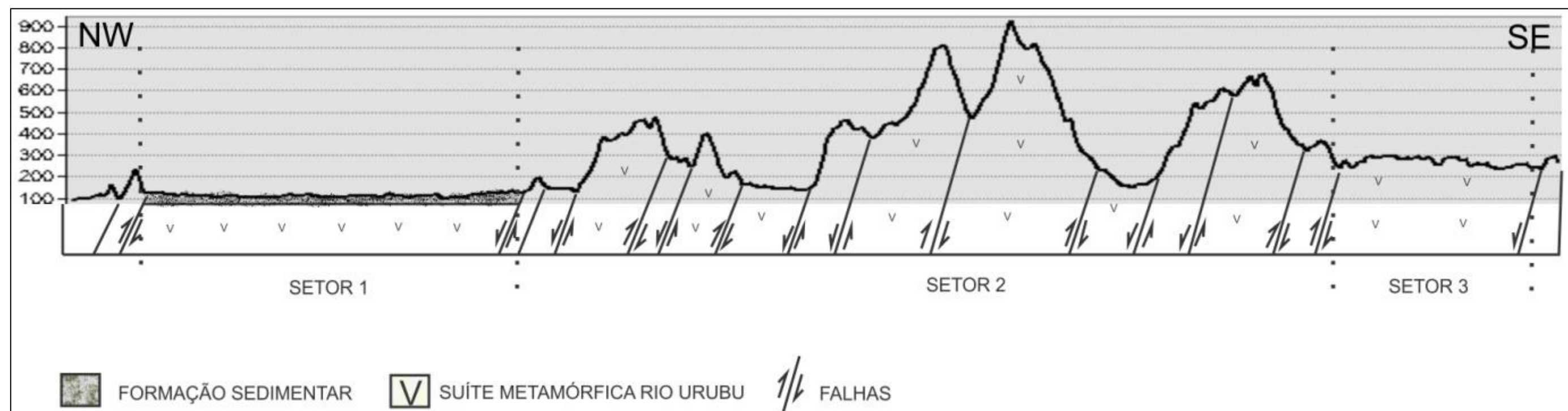
Figura 21 - Mapa dos lineamentos estruturais da Serra da Lua, apresentando os principais feixes de direções, além de evidenciar as direções dos lineamentos por meio do diagrama de roseta.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

O perfil esquemático abaixo mostra o arranjo das estruturas que condicionam as feições de relevo na área. Este perfil foi dividido em 3 setores e apresenta as características do arranjo destas feições estruturais (Figura 22).

Figura 22 - . Perfil topográfico representando a topografia, com as correspondentes altitudes, e os patamares de dissecação e denudação correspondentes aos altos e baixos estruturais.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

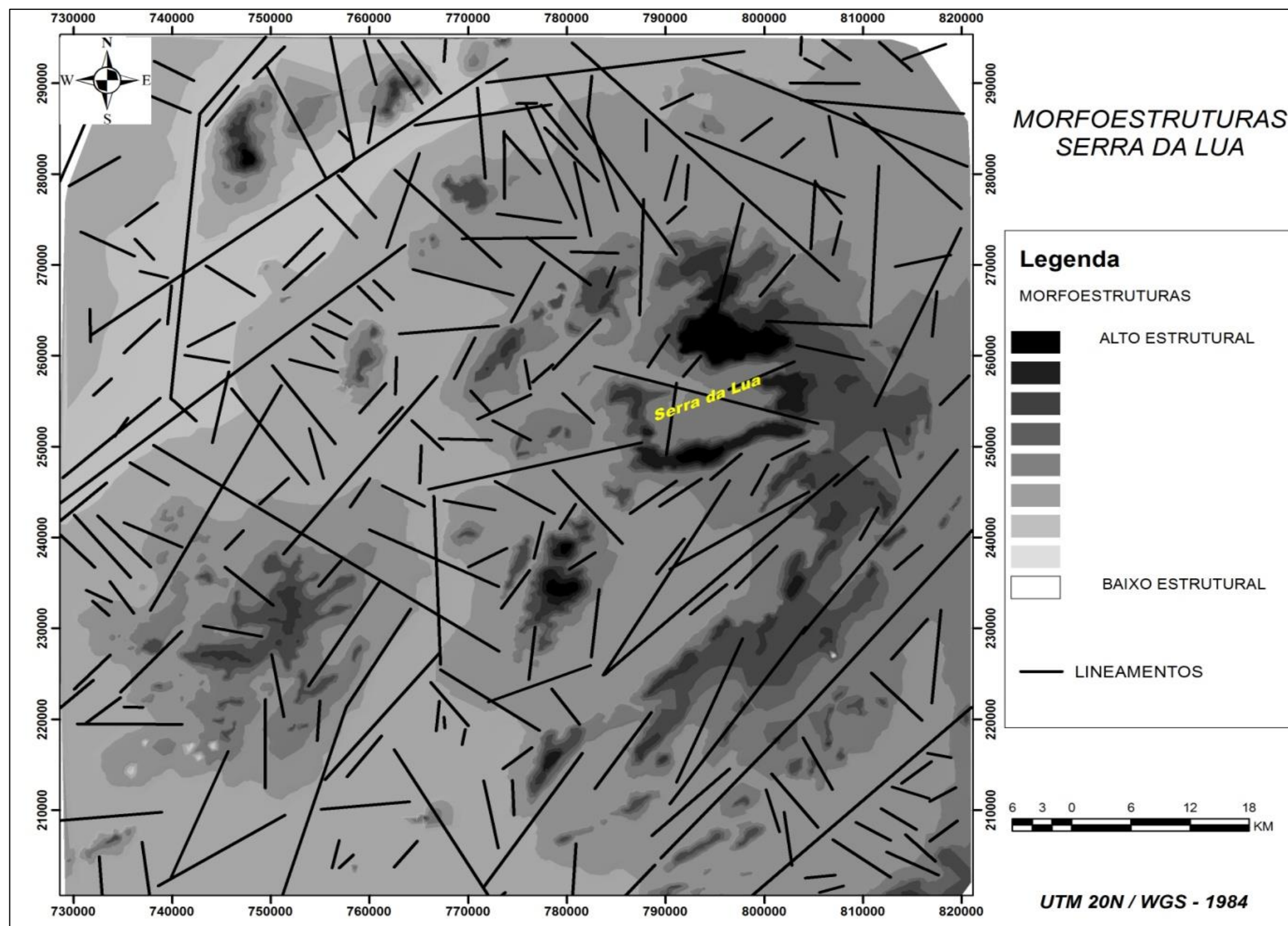
O setor 1 representa a porção correspondente à superfície rebaixada caracterizada pela extensa área aplainada no vale dos rios Cachorro e Quitauaú. A estrutura caracteriza-se por um bloco rebaixado devido a falhas normais, com direção preferencial NE-SW e NW-SE. As atitudes das camadas apresentam suave mergulho para NW.

O setor 2 é caracterizado por uma zona de cisalhamento transcorrentes, com direção preferencial NE-SW. Estes blocos constituem o esqueleto das formações dissecadas em crista, cujos alinhamentos estão concordantes com essas zonas de cisalhamento. O acamamento apresentam mergulhos com direção NW.

O setor 3 corresponde a uma superfície elevada, composta por morros com vales encaixados, consequência da rede de drenagem que intercepta os planos de falha. Este bloco sustenta esses morros dissecados com vertentes encaixadas, onde os alinhamentos concordam com a zona de cisalhamento com direção preferencial NE-SW, mergulhando para NW.

O mapa morfoestrutural da Serra da Lua (Figura 23) descreve as morfoestruturas, através da identificação das feições de altos e baixos morfoestruturais, circunscritos por lineamentos estruturais em grande parte correspondentes a falhas transcorrentes.

Figura 23 - Mapa morfoestrutural da Serra da Lua que evidencia o arranjo de altos morfoestruturais e baixos morfoestruturais, condicionadas pelos lineamentos estruturais.



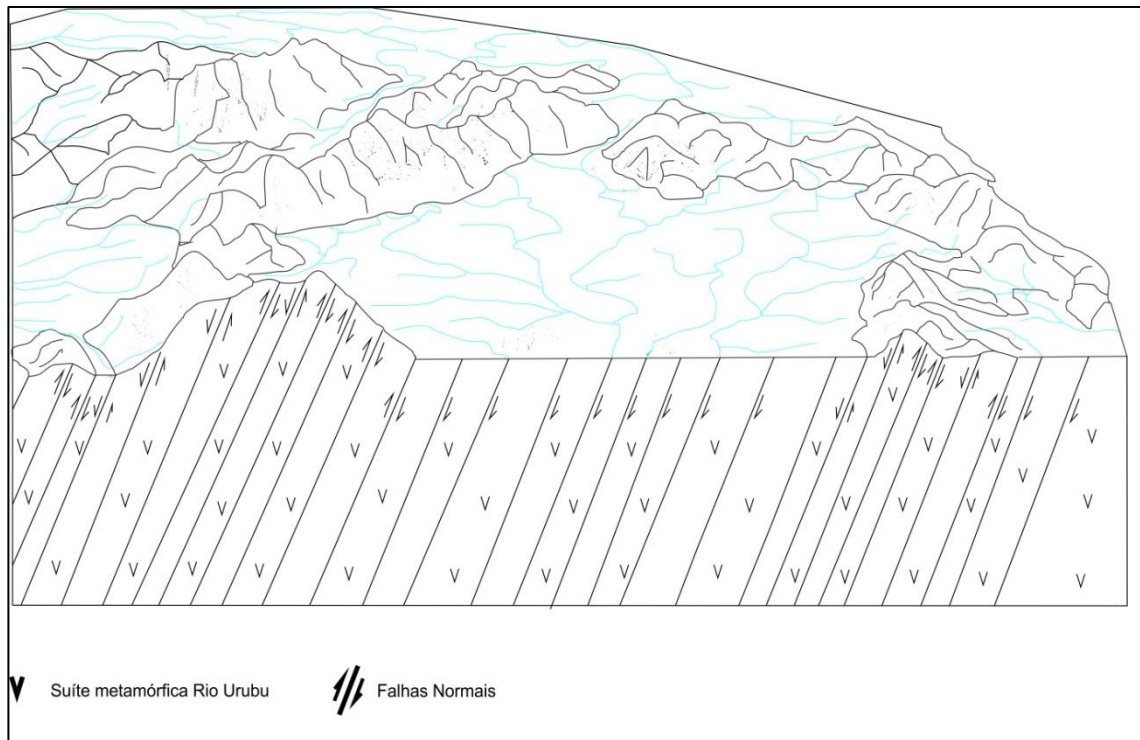
Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A Serra caracteriza-se com eixo na direção preferencial NE-SW, sob o regime de falhas direcionais inseridas em zonas de cisalhamento transcorrente, adaptaram-se planos de falha normais. Neste contexto, ocorreu o basculamento dos blocos, ocasionando feições tecto-estruturais positivas e negativas.

Os altos morfoestruturais correspondem aos patamares, que condicionam o arranjo estrutural das formações residuais em crista, bem como as serranias com vales encaixados. Estas feições são produto de blocos soerguidos adaptados a planos de falha. As formações em altos estruturais são condicionadas por feixes de lineamentos caracterizados por zonas de cisalhamento transcorrente NE-SW, variando para ENE-WSW.

Os baixos morfoestruturais correspondem aos patamares que se associam a falhas normais no qual, a drenagem se instala causando processos de denudação. Ao redor da restberg ocorre a extensa superfície de aplainamento, como também morros e colinas suaves e formações somitais. Esta feição estrutural esta intercalada pelos planos de fraqueza com direção preferencial NW-SE, variando para NE-SW, ENW-WSW (Figura 24).

Figura 24 – Esquema apresentando áreas de alto e baixo morfoestrutural na serra da Lua, com estrutura tipo *horst* e *graben*, constituindo a porção da superfícies dissecadas em serras e aplainada.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5.3 MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO

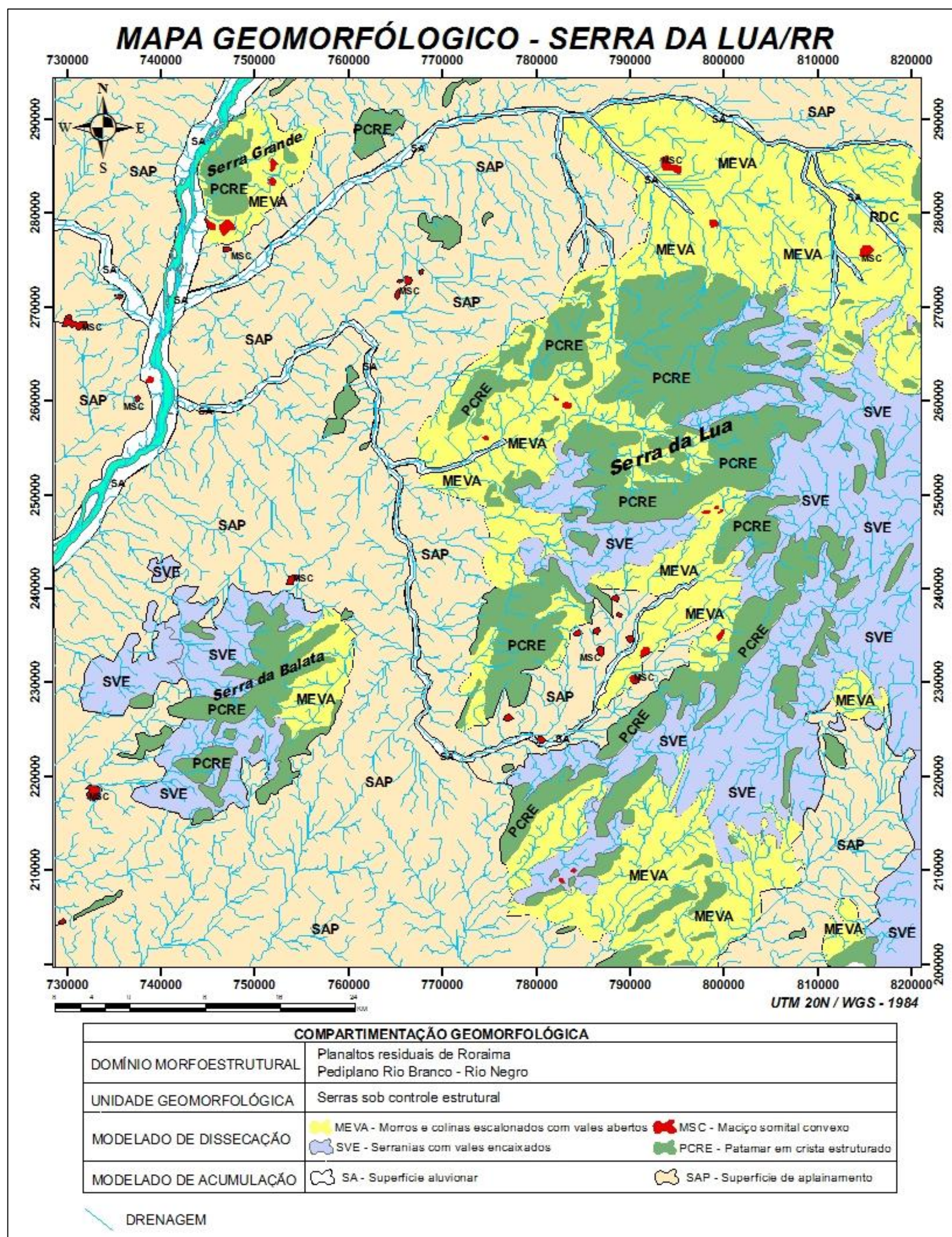
O mapeamento geomorfológico da Serra da Lua foi realizado por meio de técnicas fotointerpretativas em imagens orbitais de sensores ópticos e manipulação topográfica através de modelos digitais de elevação (MDE). A integração dos dados obtidos que perpassam pelos dados de campo conjuntamente aos produtos de fotointerpretação (lineamentos estruturais e morfoestruturas) proporcionou a identificação dos compartimentos geomorfológicos da serra (FIGURA 25), tendo como base parâmetros estabelecidos pelo IBGE (2009).

A sistematização do modelado obedece à lógica que foi descrita por Ross (1992), através das unidades taxonômicas de relevo, seguindo a hierarquia de Domínio Morfoestrutural, Unidade Geomorfológica e Modelados de acumulação e dissecação.

A serra da Lua é constituída por relevos dissecados pertencente ao domínio morfoestrutural Planalto Residuais de Roraima, caracterizado em estudos anteriores (FRANCO, DEL'ARCO, RIVETTI 1975; IBGE, 2005; COSTA, 2008; BESERRA NETA, TAVARES JÚNIOR, 2008). A serra da Lua apresenta-se como um *restberg* em patamares de dissecação. O patamar superior com aproximadamente formado por cristas convexas bem ravinadas e o segundo nível mais desgastado caracterizado por morros e colinas (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975) e SUDAM (1977).

A unidade geomorfológica que compreende a serra, esta diretamente ligada a sua constituição morfoestrutural. A serra é caracterizada por *restberg* estruturado com eixo na direção NE-SW e mergulho para NW, com extensão quilométrica. Tais características promovem uma morfologia com alto nível de dissecação, intercaladas com morros, colinas e vales encaixados, subordinados a zonas de cisalhamento transcorrentes com direção NE-SW, conforme visualizado na figura 25.

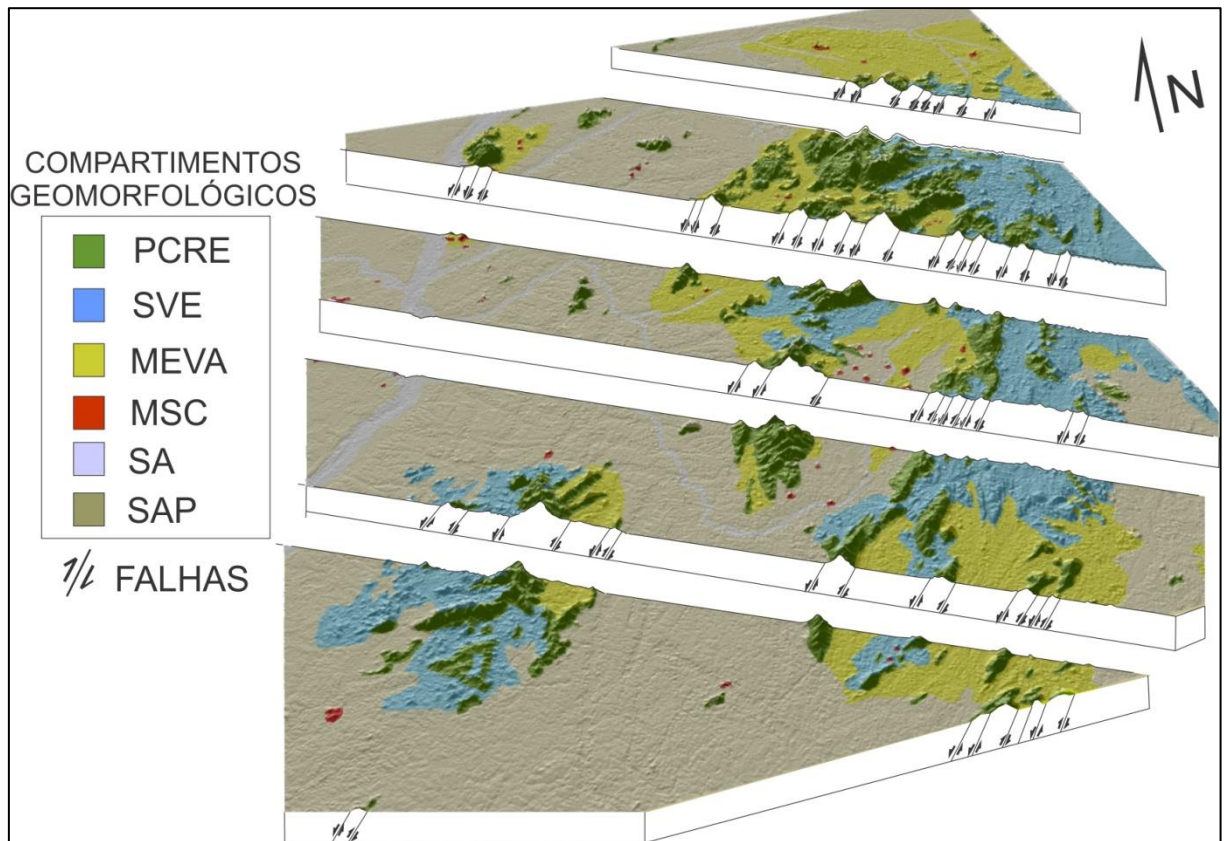
Figura 25 - Mapa geomorfológico da serra da Lua apresentando os modelados que constituem as forma de relevo na serra e suas Adjacências.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A área estudada apresenta como compartimentação as seguintes unidades: Patamar em Crista Estruturado (PCRE); Maciço Somital Convexa (MSC); Morros e colinas escalonados com vales abertos (MEVA) e Serranias em vales encaixados (SVE), caracterizados como modelados de dissecação. Os modelados de acumulação foram identificados na região sendo caracterizados como Superfícies aplainadas (SAP) e Superfícies Aluvionares (SA) (Figura 26).

Figura 26 - Modelo tridimensional representando a área de estudo com seus respectivos compartimentos geomorfológicos e falhas delimitadoras.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

5.3.1 Patamar em crista estruturado

Resíduos do processo de aplainamento no qual foi submetido à região ao longo do tempo geológico, esta morfologia destaca na paisagem na forma de serras alinhadas preferencialmente a NE-SW, com altitudes que variam entre 500 e 1000 metros.

De forma geral, as serras configuram-se com topos em cristas estruturados, com pontões que podem alcançar 1000 metros de altitude, intensamente ravinados devido à ação da erosão impulsionado pela declividade que varia de 45° a 75°, constituindo importantes cabeceiras de drenagem a exemplo dos rios Cachorro e Quitauaú.

Suas vertentes podem ser caracterizadas como Retilínea Côncava – (RCC), Retilínea (RT), Retilínea Côncava- Convexa (RCC-CV) e Côncava – Convexa (CC-CV). As estruturas são elaboradas em rochas metamórficas da Suíte Rio Urubu (Paleoproterozóico) e rochas charnockíticas da suíte intrusiva Serra da Prata (Mesoproterozóico).

O processo de denudação ocorreu de forma diferencial, gerando vários patamares de dissecação sob forte controle estrutural, no qual a drenagem se instalou. Destaca-se como principais representantes desta unidade na área de estudo as serras da Lua, Grande e Balata (todos a margem esquerda do Rio Branco).

Essas formações são cobertas por floresta ombrófila densa, cobrindo os topos, vertentes e os vales encaixados. A figura 27 corrobora com os aspectos mencionados.

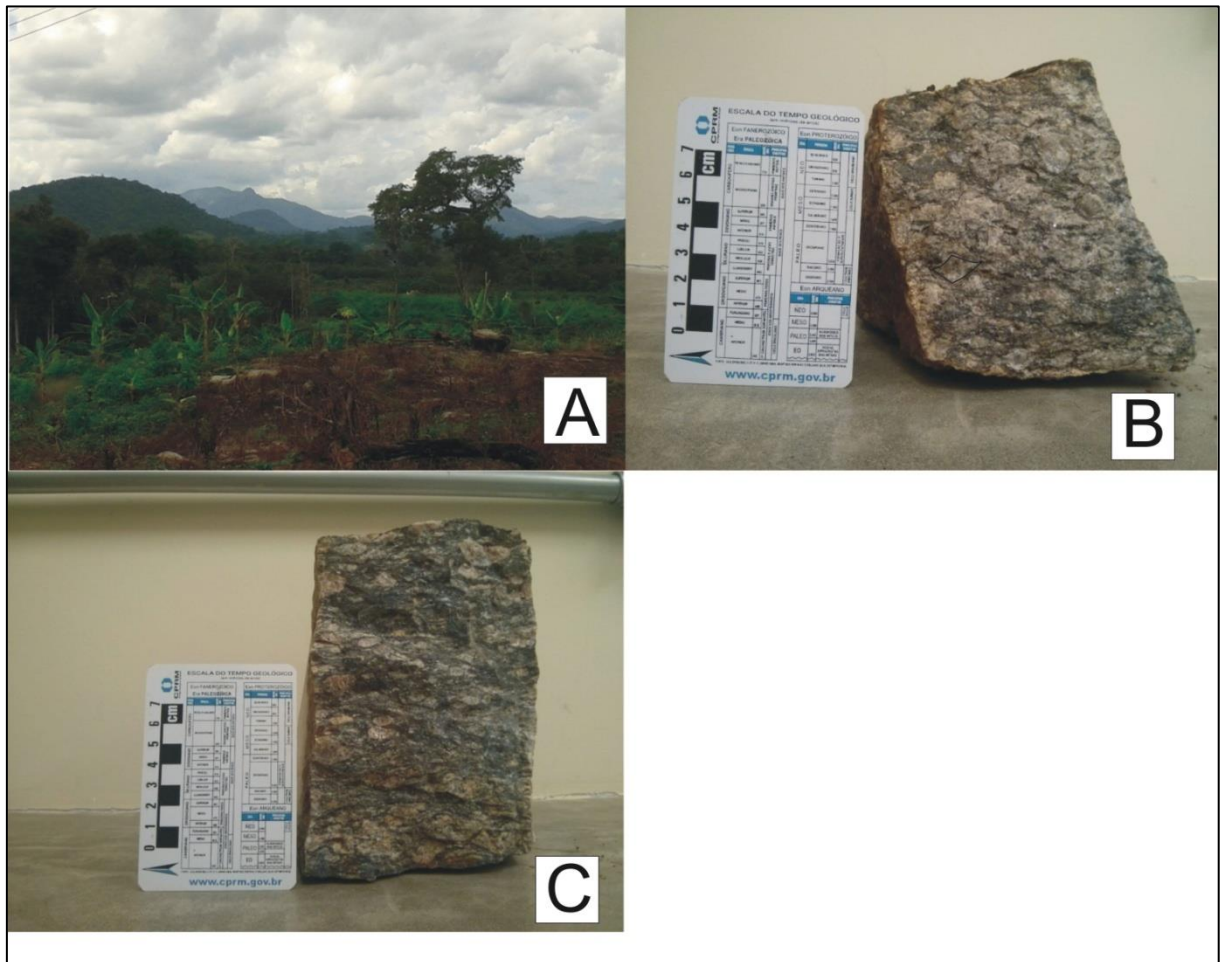
Figura 27 - (A) A serra da Lua constituída por cristas e pontões dissecados e vertentes ravinadas. (B) Serra da lua ao fundo da imagem com destaque para as cristas orientadas preferencialmente a NE-SW.



Fonte: (A) Beserra Neta; Tavares Júnior (2008). Fotos: J. A. V. Costa; (B) Daniel Dias, 2014.

As formações em crista correspondem às estruturas positivas (altos estruturais), caracterizadas por falhas transcorrentes, dentro de uma zona de cisalhamento dúctil-rúptil (REIS, 2003), que se evidencia nos augen gnaisses miliotizados (Figura 28), condicionando a estruturação preferencial a NE-SW.

Figura 28 - (A) Área de ocorrência das rochas. Nota-se o relevo alternando entre serranias com vales encaixados e relevo em crista. (B e C) foliação com fortes mergulhos, associada a lineação de estiramento mineral de alto *rake*, registra a implantação de zonas de cisalhamento em arranjo de empurrões frontais, reativando os cavalgamentos do CGC durante a evolução da fábrica milonítica



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A drenagem caracteriza-se como treliça de falha, típica de área submetida a deformações tectônicas, como a região que se caracteriza por uma zona dúctil-rúptil. As deformações são associadas a estruturas falhadas, interceptadas por lineamentos no qual aos cursos se instalam. A drenagem em forma de treliça como afirma Twidale (2004), ocorre em afloramentos rochosos lineares, como é o caso desse compartimento no qual a presença de gnaisses orientados a NE-SW, imprimindo um padrão direcional na drenagem.

Conforme Dake e Brown (1925) *apud* Howard (1967) o padrão de treliça de falha identificado nesse compartimento de relevo é usado para explicar *grabens* e *horsts* e a

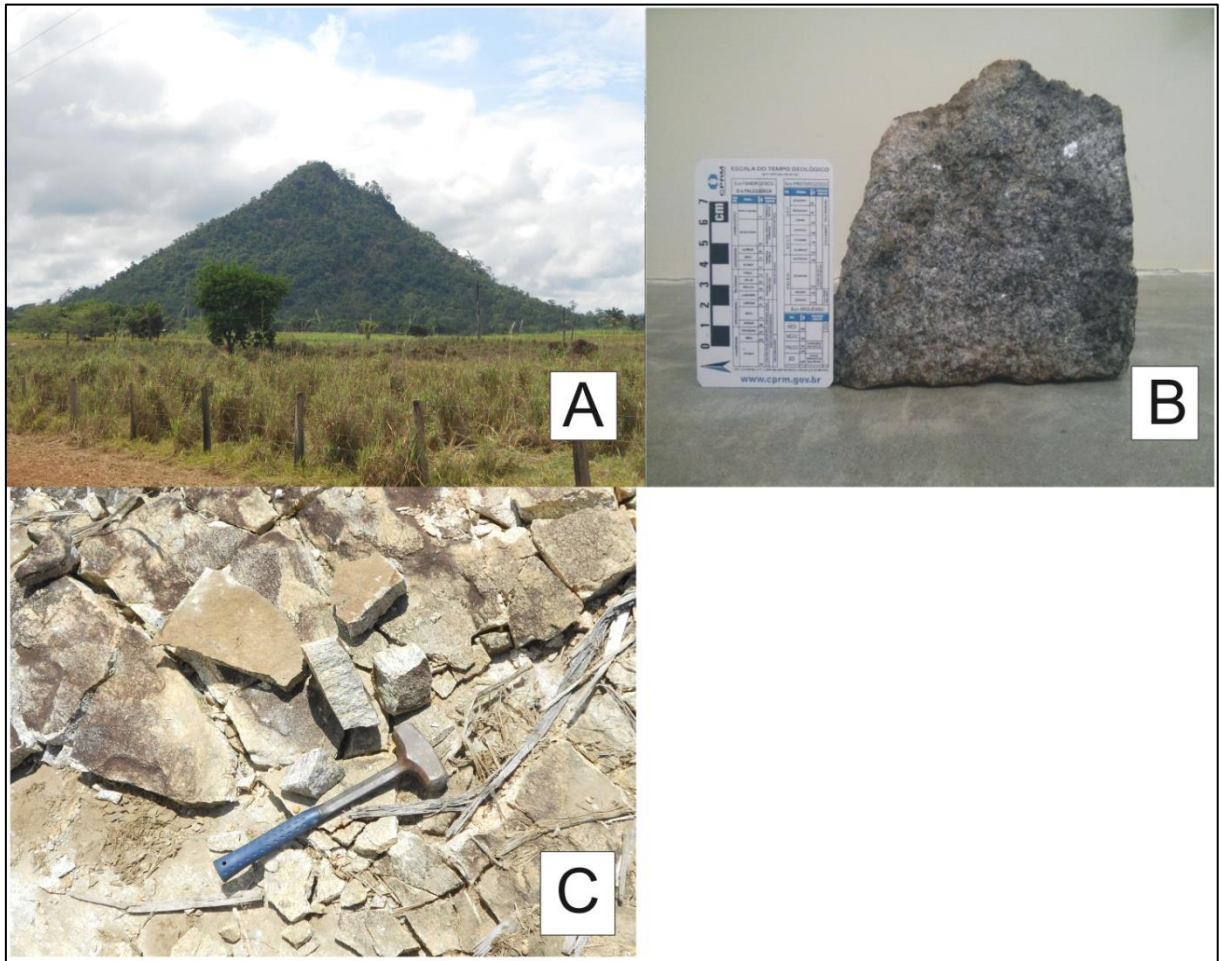
movimentação escalonada de grandes blocos estruturais, já que a área de estudo se estrutura em patamares estruturais.

5.3.2 Maciço somital convexo

De forma pontual e isolada na área de estudo, essa morfologia encontra-se pelas áreas de aplainamento. Apresentam altitude que variam de 150 a 350 metros, com topos convexos na forma de pontões e vertentes inclinadas entre 45° a 55° intensamente ravinadas. Observa-se blocos rochosos expostos nas vertentes, bem como franjas de depósitos coluvionares onde se nota a presença de formações arbóreas, de forma a se destacar em meio às planuras. (Figura 30).

Estas feições são elaboradas em rochas de composição graníticas (Figura 29) da suíte intrusiva Mucajaí (Mesoproterozóico) e Rio Urubu (Paleoproterozóico). São maciços que ocorrem isoladamente, denominados relevos residuais (resistentes à erosão).

Figura 29- (A) maciço somital convexo (B e C) rochas granítica que sustentam a morfologia.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Essas formas são resultantes de fatores como a natureza litológica (Mesoproterozóica e Paleoproterozóica), atuação de paleoclimas, bem como das intempéries climáticas atuais e da intensidade da dissecação (erosão que expõe as rochas mais resistentes) do Domínio Guiana Central (DGC).

Figura 30 - Superfície somital convexa com topo convexo com pontão.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Sobressaindo nas superfícies de aplainamento, essas morfologias correspondem aos baixos estruturais, formadas por rochas graníticas pertencentes a suíte intrusiva Mucajaí.

5.3.3 Morros e colinas escalonados com vales abertos

É padronizado por morros de encostas suavizadas e relevo colinoso (Figura 31), se estendendo ao longo da área de estudo principalmente na porção leste e de forma pontual a noroeste (margeando a Serra Grande) e sudoeste (margeando a Serra da Balata).

Na área de estudo, essa unidade pode ser caracterizada por colinas convexo-côncavas com vertentes suaves (15° a 45°) e topos arredondados, localmente rampeadas, com amplitude de relevo entre 100 e 150m sustentadas por lateritas e granitos levemente orientados. Essa zona colinosa reflete a superfície de erosão associada ao baixo morfoestrutural.

Figura 31 – (A) e (B) Colinas com maior grau de denudação, implicando em vertentes mais suavizadas.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Caracteriza-se por um padrão de drenagem subdentítico, de forma aos cursos tributários interceptarem planos de falha. É recoberta por floresta ombrófila densa, nas áreas mais próximas a serra e a norte por formações savanísticas.

5.3.4 Serranias com vales encaixados

Apresenta vertentes convexadas formando ombreiras e vales profundos, modeladas em augen gnaisses (Figura 28). Caracteriza-se por vales bem definidos e vertentes de bem acentuadas, aprofundados por sulcos e cabeceiras de drenagem.

Apresenta cotas altimétricas entre 150 a 350 metros, representando um patamar elevado com topos convexos-côncavos, fortemente ondulado devido ao grau de dissecação.

Os vales são profundos, gerados pela drenagem produzem altas declividades na região que giram em torno dos 60°. Morfologicamente, esse relevo caracteriza-se por formas dissecadas em morros e colinas com vertentes ravinadas de forte declive e vales encaixados, conforme observado na figura 32.

Figura 32 – (A) e (B) Morros e colinas ao longo da paisagem com vales bem profundos, produto da rede de drenagem. Ao fundo cristas estruturadas.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

A drenagem se comporta de forma orientada a NE-SW, no qual ocorreu a instalação da drenagem de forma paralela, formando canais subsequentes. Essa estrutura se caracteriza como um patamar ondulado elevado, correspondendo ao alto estrutural recoberto por floresta ombrófila densa.

5.3.5 Superfície de aplainamento

Esta morfologia abrange a porção centro-leste, margeando os modelados de dissecação, como também as superfícies aluvionares, apresentando cotas altimétricas que vão desde 74 até aproximadamente 140 metros.

Essa morfologia é produto do processo de denudação das cotas altimétricas mais elevadas, formando extensas áreas planas preenchidas por sedimentos de origem colúvio-aluvionar e detritico-lateríticas

Esta unidade caracteriza-se por sucessivos processos de aplainamento ao longo do tempo geológico através de processos morfogenéticos, denominados de pediplanação (King) e peneplanação (Davis) o que fica evidenciado pelas baixas declividades que variam 0,1° a 25° graus, conforme observado na figura 33.

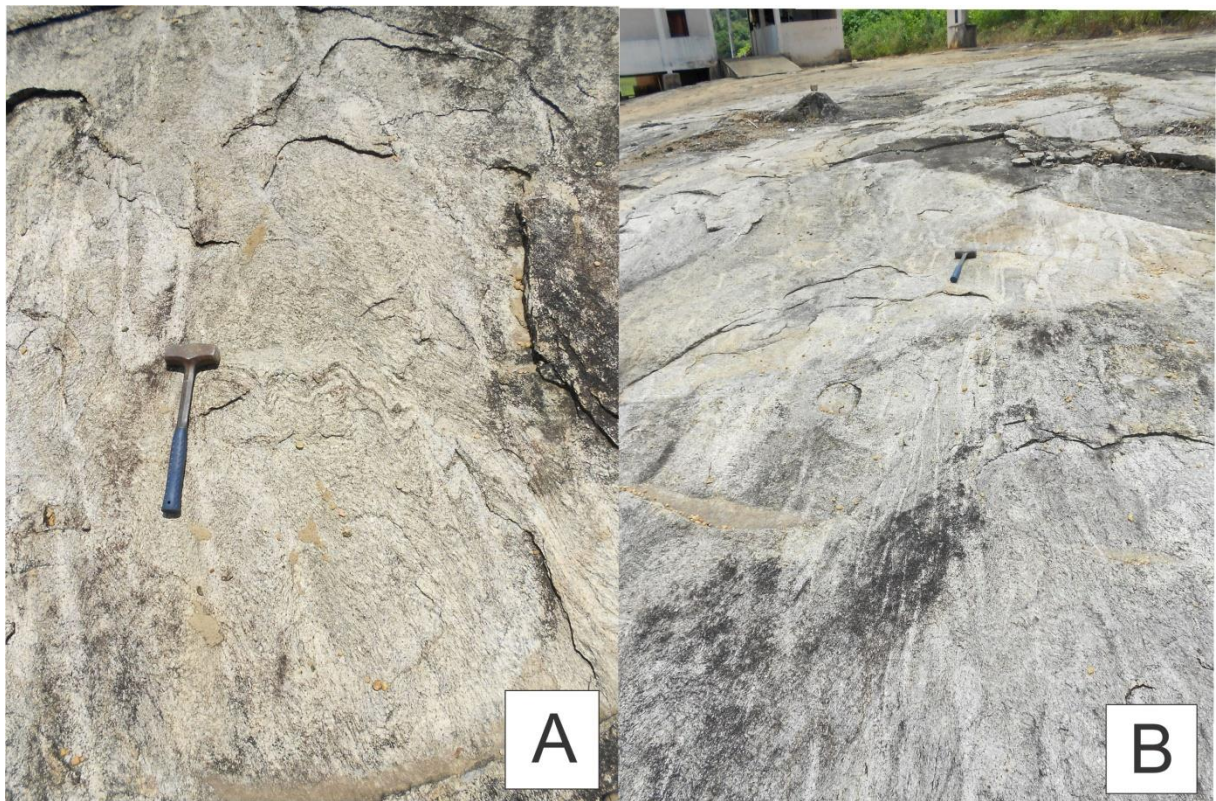
Figura 33. (A) e (B) extensas superfícies de aplainamento ao longo da área de estudo sendo quebradas por serras ao fundo (Serra da Lua).



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Do ponto de vista estrutural, a unidade compreende uma extensa faixa que margeia a Serra da Lua sendo correlacionada a patamares estruturais mais baixos, no qual esses baixos associados a planos de falha normal, condicionam processos morfogenéticos de forma a caracterizá-la como uma zona de acumulação, sustentada por gnaisses bandados visualizados nos lajedos encontrados nessa morfologia conforme observado na figura 34.

Figura 34 - Lajedos aflorando na paisagem, compostos por gnaisses bandados típicos da suíte metamórfica rio urubu.



Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Predomina nesse compartimento padrão sudendrítico, devido ao controle estrutural no qual são submetidos às drenagens principais, apresentando, portanto canais subsequentes como elevado grau de assimetria.

Recobrimdo essa superfície destaca-se a presença de formações higrófilas (floresta ombrófila densa) na porção centro-sul e tropófilas (formações savanísticas) na porção norte, como observado na figura 34.

5.3.6 Superfície aluvionar

Resultado de acumulação fluvial, essa unidade por margear os cursos hídricos está sujeito a inundações constantes (Figura 35). Recoberto por matéria de origem aluvionar que morfologicamente está sob a forma de terraços, estas planícies inundáveis apresentam altitude que varia entre 16 a aproximadamente 110 metros.

Esse modelado encontra-se margeando os vales das principais drenagens, com destaque para os rios Branco, Quitauaú, Cachorro e secundariamente o rio Cujubin. Constituem-se de depósitos fluviais recentes de textura arenosa, encaixados ao sistema de falhas da região.

Figura 35 - Rio Cachorro que apresenta nascente no interior da Serra, instalado sobre planos de falha no seu percurso. Destaque para a mata ciliar que está assentada sob terraços sujeitos a constantes inundações.



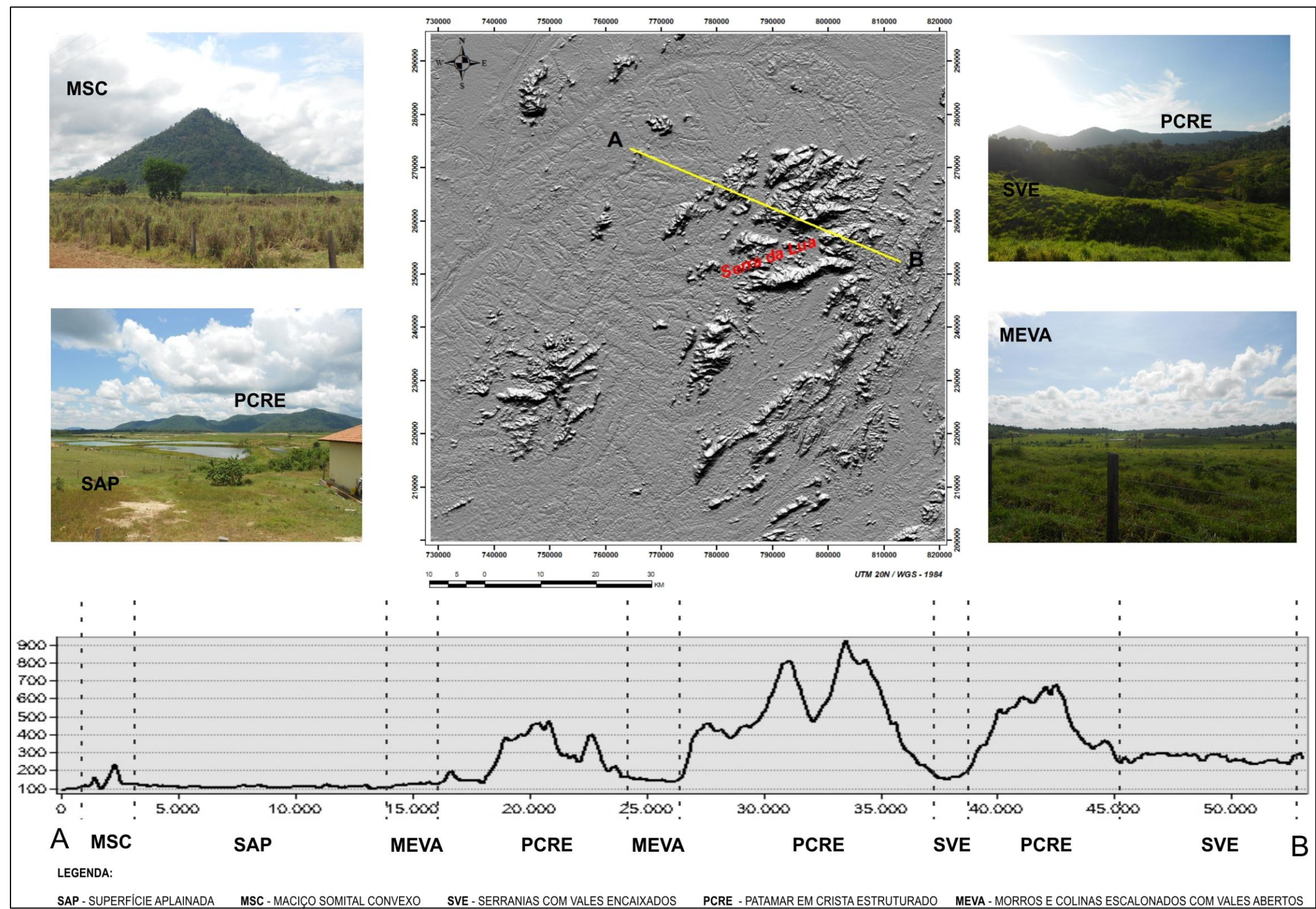
Organização: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

Do ponto de vista estrutural as drenagens estão adaptadas a planos de falha, condicionando a instalação da drenagem e consequentemente os terraços aluviais a estruturas negativas (Baixos estruturais). Os cursos meandram de forma suave, nas áreas onde elas estão instaladas bem como o aumento da granulometria e da carga detrítica.

Nas áreas inundáveis se instalou formações florestadas denominadas de mata de ciliar que ficam sazonalmente alagadas.

Neste contexto o estudo possibilitou uma visualização do relevo, a partir de seus condicionantes estruturais permitindo, assim, separar os compartimentos geomorfológicos e seus modelados denudação e acumulação (Figura 36). Assim os resultados obtidos assumem grande relevância.

Figura 36 - Perfil Topográfico da área de estudo contemplando as unidades de relevo classificadas na região.



Elaboração: Daniel Dias Rodrigues, 2015.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A paisagem que compõe a Serra da Lua tem características singulares e bastante relevantes para os estudos da interpretação das formas de relevo e dos constituintes fisiográficos presentes. Com base nas informações coletadas e resultados, obtiveram-se as seguintes observações:

- Os produtos obtidos por meio de manipulação de MDE, tais como dados de altimetria e declividade, digitalmente integrados com imagens de sensoriamento remoto, mostram-se eficazes para a interpretação das variações texturais que compõe a paisagem na serra e no seu entorno. As rugosidades são bem explícitas, com a ocorrência de extensas áreas aplainadas e estruturas com os mais variados graus de dissecação (serras, morros e colinas), sendo nítido na paisagem a exemplo das diferenças de altitude de aproximadamente 900 metros e de declividade de 70°.
- A análise fotointerpretativa, pode contribuir para a interpretação estrutural da serra. As análises indicam uma estrutura decorrente de um sistema de falhas transcorrentes NE-SW, que condicionam a orientação do relevo e drenagem.
- A análise da serra sugere que está inserida numa área submetida a episódios deformacionais com domínio rúptil-dúctil. O regime de domínio rúptil-dúctil está relacionada com o episódio K'Mudku, com cisalhamento orientado a NE-SW, evidenciado pelos lineamentos, e a litologia.
- Os dados fotointerpretativos em imagens de sensoriamento e remoto, em conjunto com dados morfoestruturais, foram importantes para a delimitação da compartimentação geomorfológica da serra, sendo esta classificada como serras sob controle estrutural.
- As formas de relevo identificadas na Serra da Lua são classificadas em: Modelado de dissecação – Patamar em Crista Estruturado (PCRE); Maciço Somital Convexa (MSC); Morros e colinas escalonados com vales abertos (MEVA) e Serranias em vales encaixados (SVE) orientados em direção preferencial NE-SW e Modelado de acumulação – Superfícies aplainadas (SAP) e Superfícies Aluvionares (SA).
- O mapa geomorfológico surge como uma perspectiva em maior escala, das singularidades das formas de relevo, a fim de contribuir para o entendimento da dinâmica paisagística dentro da Amazônia setentrional.

Portanto, os estudos que integram técnicas fotointerpretativas em imagens de Sensores Remotos, a fim de caracterizar as feições morfoestruturais e geomorfológicas, constituem-se em um passo importante para o entendimento da evolução da paisagem.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A.N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário.** *Geomorfologia*, n.18, 1969.

AB'SÁBER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

ALMEIDA, M.E; MACAMBIRA, M.J.B; VALENTE, S.C. **New geological and single-zircon Pb evaporation data from the Central Guyana Domain, southeastern Roraima, Brazil: Tectonic implications for the central region of the Guyana Shield.** *Journal of South American Earth Sciences* 26. 318–328. 2008

AMARAL, G. **Províncias Tapajós e Rio Branco.** In: Almeida, F. F. M. de & Hasui Y. ed. *O Precambriano do Brasil.* São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1984, p.6-35.

ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento Geomorfológico.** In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.* 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. Cap. 9, p. 365-390.

BARBALHO, M. G. D. S. **Utilização de Sistemas de Informações Geográficas para a Compartimentação do Relevo.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. 2001, Foz do Iguaçu. *Anais. Foz do Iguaçu: INPE*, 2001. p. 383 - 386.

BARBOSA, R. I.; **Distribuição das Chuvas em Roraima.** In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. (Eds.) *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima.* Ed. INPA. Manaus, 1997. pp. 325-335.

BARRON, C. N. **No teson the stratigraphy of Central British Guiana.** In: Conferência Geológica Interguianas, 6., 1966, Belém. *Anais. Belém: DNPM*, 1966. p. 121- 126. (Avulso n. 41).

BATISTA, E. D. M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVEIRA, O. F. M. **Fusão de Dados SRTM com Dados Landsat TM 5 para Estudo Geomorfológico: Região dos Cabos Orange e Cassiporé, Amapá.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. *Anais. Goiânia: INPE*, 2005. p. 1741 - 1743.

BECKER, B. **Amazônia**. São Paulo: Ed. Ática, 1991.

BECKER, B. **Síntese do processo de ocupação da Amazônia, Lições do passado e desafios do presente**. In: Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. Ministério do Meio-Ambiente, Brasília : MMA. 2001.

BEROUTCHACHVILLI, N; BERTRAND G. (1978) **Le géosystème ou système territorial naturel**. *Révue Géographique des Pyrénées, et du Sud-Ouest*, v. 49, n. 2, p. 167-180.

BESERRA NETA, L. C.; TAVARES JÚNIOR, S. S. **Geomorfologia do estado de Roraima por imagens de sensores remotos**. In: (Org.) SILVA, P. R. de F.; OLIVEIRA, R. da S. COSTA, J. A. V. Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado; Boa Vista: Ed. UFRR. 2008, p.168-192.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico**. Revista IGEOG/USP. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, USP, n. 13, p. 1-27. 1971.

BERTRAND, G. **Le paysage entre la nature et la société**. *Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, n.49. p. 16-26. 1978.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 27 p. 1972. (Cadernos de Ciências da Terra, 13)

BIGARELLA, J. J. **Simpósio Internacional Sobre o Quaternário**. Vol. 47, Rio de Janeiro, 1975.

BONFIM, L.F.C.; RAMGRAB, G.E.; UCHÔA, I.B.; MEDEIROS, J.B.; VIÉGAS FILHO, J.R.; MANDETTA, P.; KUYUM-JIAN, R.M.; PINHEIRO, S.S. - 1974. **Projeto Roraima: Relatório Final**, Manaus, DNPM/CPRM, vol. I-A: p. 151-157.

BOULHOSA, M. B. M.; SOUZA FILHO, P. W. M. **Uso de Imagens SRTM e Landsat ETM+7 para o Mapeamento Geomorfológico dos Ambientes Costeiros do Nordeste do Pará**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, 2005. p. 1745 - 1747.

BOLSON, J. H. G. 2004. **A importância da paisagem na atividade turística**. Disponível em: www.revistaturismo.com.br/artigos/paisagem.html. Acesso em: 15 novembro 2013.

BÜDEL, J. **Das sustem der Klimatischen Morphologie.** Deutscher Geographentang, München, v. 27, n. 4, p. 65-100, 1948.

CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente:** conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova concepção da ciência: a geografia da complexidade. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. **Utilização dos Produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no Mapeamento Geomorfológico do Estado de Goiás.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, n. 2, p.35-41, 2008.

CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. M.. **Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomorfológicas: O Caso da Bacia Hidrográfica do Araguaia.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, n. 1, p.85-93, 2004.

CASTRO, D. G. **Significados do conceito de paisagem.** In: VI Congresso Brasileiro de Geógrafos. Goiânia. Setenta anos da AGB: as transformações do espaço e a geografia do século XXI. Goiânia: UFG / AGB, 2004.

CORRÊA, R. L.; ROZENDAHL, Z. **Apresentando leituras sobre paisagem, tempo e cultura.** In: CORRÊA, Roberto L.; ROZENDAHL, Z. (orgs.). Paisagem, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998.123p. p.7-11.

CPRM. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Projeto GIS do Brasil: Folhas NA. 20-X-B e NA. 20-X-D (inteiras), NA. 20-X-A, NA. 20-X-C, NA. 21-V-A e NA. 21-VC (parciais). Escala 1:300.000.** Brasília: CPRM. 2004. CD-Rom.

CPRM. **Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil: Subprograma Mapas Geológicos Estaduais. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas.** Mapa Escala 1:1.000.000. CPRM/CIAMA-AM, Manaus. Texto explicativo, 148 pp. 2006. CD-ROM.

CPRM. **Mapa Geológico com a distribuição das rochas ornamentais do estado de Roraima. Modificado, Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Escala 1:60.000.** Estado do Amazonas: CPRM. 2009. CD-Rom.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil Roraima Central. **Folha NA.20-X/NA.21-V, Roraima, Manaus:** CPRM, 1999. Escala 1:500 000 1 CD Rom.

CORDANI, U.G; TEIXEIRA, W. **Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton.** in Hatcher, R.D., Jr., Carlson, M.P., McBride, J.H., and Martínez-Catalán, J.R., eds., *4-D Framework of Continental Crust: Geological Society of America Memoir* 200. 2007

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S. ; LIRA, D. R. **Megageomorfologia e Morfoestruturas do Planalto da Borborema.** *Revista do Instituto Geológico*, n 31. São Paulo, 2010. pp. 35-52

COSTA, J. A. V. **Tectônica da região nordeste do Estado de Roraima.** 315 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1999.

COSTA, J.A.V.; SCHAEFER, C.E.; VALE JR., J.F. 2005. **Aspectos Geológicos e Geomorfológicos do Estado de Roraima.** *Rev. Ação Ambiental*, Ano VIII (32) 11-14.

COSTA J.B.S., PINHEIRO R.V.L, REIS N.J., PESSOA M.R., PINHEIRO S. da S. 1991. **O Hemigráben do Tacutu, uma Estrutura Controlada pela Geometria do Cinturão de Cisalhamento Güiana Central.** *Geociências*, **10**: 119-130

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **“Degradação Ambiental”.** In: GUERRA, A. T. J.; CUNHA, S. B. (Org.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Editora Bertand Brasil, 2010.

CUNHA, A. G. de. **Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa.** 2a. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **Geography Journal.**, London, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.

DEMEK, J. **Generalization of geomorphological maps progress made in geomorphological mapping**, Brno, 1967.

DEMEK, J.; KIRCHNER, K; MACKOVČIN, P.; SLAVIK, P. **The Map of Morphostructures of the Czech Republic.** *Rev. Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, n1 2007. pp. 4-14

FERREIRA, V. O. **A Abordagem da Paisagem no Âmbito dos Estudos Ambientais Integrados**. Geotextos: Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFBA. Vol. 6, n. 2. Salvador, 2010. pp. 187-208.

FERREIRA, M. C. (1997) **Mapeamento de unidades de paisagem com Sistemas de Informação Geográfica: alguns pressupostos fundamentais**. *Geografia*, v. 22, n. 1, p. 23-36.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento Sem Complicação**. Ed. Oficina de Texto. São Paulo, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T.G. **Cartografia**. In: Teresa Gallotti Florenzano (org.). *Geomorfologia: conceitos e Tecnologias Atuais*. São Paulo : Oficina de textos, 2008

FRAGA, L.M.B.; RIKER, S.R.L.; ARAÚJO, R.V.; NUNES, N.S.V. **Arranjo estrutural da região do rio Urubu, Estado de Roraima – Um segmento do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central**. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriú, 1994. Anais... Camboriú, Santa Catarina, v.2, p. 244-245. 1994.

FRAGA, L.M.B; REIS, N. J. **A tectônica K'Mudku ao longo do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central - Estado de Roraima, Brasil**. CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 9. Caracas, Venezuela, 1995. Temário 2- K'Mudku. Doc, LMFOT 1-2.Doc, LMFOT 3-4 Doc, LMFOT 5-6 Doc. 1995.

FRAGA L.M. & REIS N.J. **The Calc-Alkaline Volcano-Plutonism in the Northern Roraima State, Guiana Shield: Implications for the Uatumã Event Concept and Geotectonic Significance**. In: Simp. Vulc. Amb.Assoc., 2, Belém, PA, *Anais*: 15. 2002.

FRAGA L.M.B., ARAÚJO R.V. de, HADDAD R.C. **Suíte Metamórfica Rio Urubu**. In: CPRM (ed.), Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Roraima Central, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X- D (integrais), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (parciais). Escala 1:500.000. Estado de Roraima. Superintendência Regional de Manaus, Capítulo 3 - 3.5. 1999.

FRANCO, E.M.S.; DEL'ARCO, J.O.; RIVETTI, M. 1975. **Folha NA.20 Boa Vista e parte das Folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21**. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL**. Geomorfologia. Rio de Janeiro. DNPM. p.139 - 180. (Levantamento de Recursos Naturais, 8).

GAUDETTE, H. E; OLSZEWSKI JR., W. J. & SANTOS, J. O. S. - 1995. **Geochronology of Precambrian rocks from the northern part of Guiana Shield, State of Roraima, Brazil.** *Journal of South American Earth Sciences*.

GUERASSIMOV, P. I. **Essai d'interprétation geomorphologique Du Scheme General de la Structure géologique de U.R.S.S.** Problems de Geographi physique. Moscou 1946

GUERRA A.T. **Estudos Geográficos do Território do Rio Branco**, Revista Brasileira de Geografia, 18 (1), 1956. p. 117-128.

GUERRA, A. T. **Estudo Geográfico do Território Federal de Roraima.** IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 1957. 252 p.

HOWARD, A. D. **Drainage Analysis in Geologic Interpretation. A Summation.** The American Association of the petroleum geologist Bulletin. Vol 51, 1967. pp. 2246-2259.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geomorfológico do Estado de Roraima.** Escala 1: 1.000.000. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** n 1, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.

KIRKBY, M.J. **Tectonics in geomorphological models.** In: D.R. Stoddart (ed) *Process and Form in Geomorphology*. London, New York, Routledge, 1997 p.121-144.

LACOSTE, Y. **La géographie, ça sert, d'abord, à faire la guerre.** Paris, Maspero. 1976. 263p.

LACOSTE, Y. **A quoi sert le paysage? Qu'est-ce qu'un beau paysage? Hérodote**, 1977; n. 7, p. 3- 41.

LEITE, M. A. F. P. **Destrução ou desconstrução?** Ed. Hucitec: São Paulo, 1994.

LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. **Aplicação do MDT/SRTM/NASA para Detalhamento Geomorfológico no Semi-Árido.** In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 3., 2006, Aracajú.

LUZARDO R., OLIVEIRA M.J.R.. **Geologia Estrutural.** In: CPRM (ed.); Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Caracará, Folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D (integrais), NA.20-Z-A, NA.21-Y-A, NA.20-Z-C e NA.21-Y-C (parciais). Escala 1:500.000. Estado de Roraima. CPRM. 2000. Superintendência Regional de Manaus. Capítulo 4.

MARTINELLI, M; PEDROTTI, F. **A Cartografia das Unidades de Paisagem: Questões Metodológicas.** Revista do Departamento de Geografia, 14 (2001) 39-46

MECERJAKOV, J.P. **Les concepts de morphostruture et morphoesculture: um nouvel instrument del'analyse geomorphologique.** Annales de Geographie. Paris,n.423, p.539-552. 1968.

MELO, A. F. F.; SANTOS, A. J.; CUNHA, M. T. P.; CAMPOS, M. J.; D'ANTONA, R.J.G. - 1978. **Projeto Molibdênio em Roraima.** Relatório Final. Manaus. DNPM/CPRM, v.I-B, il.

MORAES, A. C. R. **Bases epistemológicas da questão ambiental: o método.** *Orientação*, 1990. n. 8, p. 43-48.

MOREIRA, R. Sobre a educação ambiental. Boletim Campo-grandense de Geografia, 1986 .n. 1, p. 1-10.

MOREIRA, R. **Velhos temas, novas formas.** In. MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Orgs.). Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. Curitiba: Editora da UFPR, 2002.

NOGUEIRA, T. C.; JÚNIOR, J. F. P.; RODRIGUES, S. C. **Compartimentação Morfológica com Base em Dados SRTM: Estudo de Caso Bacia do Rio Uberabinha, Uberlândia-MG.** Revista Geográfica Acadêmica, Revista Eletrônica, v. 2, n. 2, p.154-169, 2008.

OLLIER, C. D. **Glossary of Morphotectonics.** Dep. Geo. University of New England. Austrália, 1988. 51pg.

OLIVEIRA, P. C. A.; RODRIGUES, S. C. **Cartografia do Relevo: Um Estudo Aplicado na Região Oeste de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, n. 2, p.37-44, 2007.

PENCK, W. **Die morphologische analyse. Ein kapitel der physikalischen geologie. J. Engelhorn's Nachf.** Stuttgart, 1924.

PENCK, W. **Morphological Analysis of Land forms**. London: McMillan and Co., 1953.

PINCHEMEL, P. **Lire les paysages. Documentation photographique**, 1987 n. 6088, p. 1-46.

PRIEM, H. N. A.; BOEL RIJK, N. A. I. M.; HE BEDA, E. H.; VER DURMEN, E. A.Th.; VER SCHURE, R. H. **Isotopic ages of the Trans- Amazonian acidic magmatism and the Nickerie Metamorphic Episode in the Precambrian Basement of Suriname, South America**. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 82, p 1667- 1680. 1971.

RADAMBRASIL. **Folha NA.21 - Tumucumaque, e parte da Folha NB.21. Rio de Janeiro** : DNPM, 1975. (Levantamento de Recursos Minerais, 9).

REIS, N.J., FRAGA, L.M.B. **Geological and tectonic framework of Roraima State, Guyana Shield – an overview**. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro. Expanded Abstract. 2000. CD-ROM.

REIS,N.J.; FRAGA,L.M.; FARIA,M.S.G.; ALMEIDA,M.E. **Geologia do Estado de Roraima**, Brasil. In: Geology Of France and Surrounding Areas – Special Guiana Shield. No. 2-3-4, BRGM, p. 121-134. 2003.

RIBEIRO FILHO, J. R.; CRUZ, C. B. M.; REIS, R. B. **Aplicação do Modelo Digital De Elevação do SRTM na Geração de Mapas Fisiográficos do Relevo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais. Florianópolis: INPE, 2007. p. 3057 -3064.

RIBEIRO, R. W. **Paisagem cultural e patrimônio**. Brasília: Iphan, 2007.

RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza**, 4ª ed, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2011.

RISSO, L. C. **Paisagens e cultura: uma reflexão teórica a partir do estudo de uma comunidade indígena amazônica**. Espaço e cultura, Rio de Janeiro, nº 23, p. 67-76, 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3ª Ed. Ed. da UFC. Fortaleza, 2010. 222 pg.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. Revista do Departamento de Geografia. Ed. USP. N 16. São Paulo, 2005. pp. 81-90

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. Editora contexto, 1991.

ROSS, J. L. S. **Os fundamentos da geografia da natureza**. In: ROSS, J. L. S. (org.) *Geografia do Brasil*. São Paulo, EDUSP. 1995.

ROSS, J. L. S. **“Geomorfologia Aplicada aos EIAs – RIMAs”**. In: GUERRA, A. T. J.; CUNHA, S. B. (Org.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Editora Bertand Brasil, 2010.

ROSS, J. L. S.. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 06, 1992.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**. São Paulo: Hucitec, Edusp, 1978.

SANTOS, M. **O retorno do território**. In SANTOS, Milton. (Org.) *Território: globalização e fragmentação*. São Paulo: Hucitec, 1994.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Record, 2004.

SANTOS, J.O.S; HARTMANN, L.A; RIKER, S.R; SOUZA, M.M; ALMEIDA, M.E; McNAUGHTON, N.J. **A compartimentação do Cráton Amazonas em províncias:**

avanços ocorridos no período 2000-2006. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 9.: Belém, 2006, Anais¼ Belém: SBG, 2006, CD-ROM.

SANTOS, L. J. C. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, n. 2, p.85-93, 2006.

SARAIVA, F. **Considerações acerca da pesquisa em geografia física aplicada ao planejamento ambiental a partir de uma perspectiva sistêmica.** RA'EGA. Curitiba, n. 9, p. 83-93, 2005.

SAUER, C. O. **A Morfologia da Paisagem.** In: Corrêa R.L. e Rosendahi Z. (org), Paisagem, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, p.12-74, 1998.

SCHIER, R. A. **Trajetórias do Conceito de Paisagem na Geografia.** Revista RA'EGA, Ed. da UFPR. Curitiba, 2003. pp. 79-85.

SILVA, J. X. **Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento.** Revista Brasileira de Geomorfologia. vol 1, nº I. Rio de Janeiro, 2000. pp. 48-58.

SILVA, E. L. **A Vegetação de Roraima.** In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. (Eds.) Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Ed. INPA. Manaus, 1997. pp. 401-415.

SILVA NETO, J. C. A. da. **Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do Rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS.** Tese (doutorado em geografia) – UNESP, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Campus Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2013.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** 1998. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). São Paulo, 1998.

STEINER, S. S. **Aquisição e processamento de dados morfométricos derivados do modelo digital de elevação SRTM.** 2007. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotectônica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SAUER, C. O. **A Morfologia da Paisagem**. In: Corrêa R.L. e Rosendahi Z. (org), Paisagem, Tempo e Cultura. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, p.12-74, 1998.

SUDAM. **Exploração mecanizada de floresta em terra firme**. Belém: SUDAM, 1977. 133P.

TEIXEIRA, S. G.; SOUZA FILHO, P. W. M. **Utilização de Imagens CBERS-2 com Modelo Digital de Elevação SRTM para Estudos Costeiros na Ilha de São Luís (MA)**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, 2005. p. 1115 - 1117.

TRICART, J. Principes et méthodes de geomorphologie. Paris: Masson Ed., 1965, 201p

TROLL, C. **A paisagem geográfica e sua investigação**. Espaço e cultura, Rio de Janeiro: UERJ, NEPEC, n. 2, p. 7, jun.1997.

VALERIANO, M. M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 72 p.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_enx.pdf>. Acesso em: 16novembro. 2013.

VITTE, A. C.; SILVEIRA, R. W. D. **A paisagem em Alexander von Humboldt: símbolo e linguagem no romantismo alemão de início do século XIX**. Caderno Prudentino de Geografia. v.32 (1), p.5-22, 2010.

VITTE, A. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 6, núm. 11, 2007, pp. 71-78.

WIEBER, J. C. **Le paysage visible, objet géographique**. Le Courrier du CNRS, 1984 n. 57, p. 5-8.

YÁZIGI, E. **A importância da paisagem**. In: YÁZIGI, Eduardo (org.). Paisagem e Turismo. São Paulo: Contexto, 2002. 226p. p.11-27