



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRO-REITÓRIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ELIZABETE CRUZ DO NASCIMENTO

**OS PROCESSOS EROSIVOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA  
PAISAGEM ATUAL DA SERRA DO TEPEQUÉM-RR**

BOA VISTA-RR

2015

ELIZABETE CRUZ DO NASCIMENTO

**OS PROCESSOS EROSIVOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA  
PAISAGEM ATUAL DA SERRA DO TEPEQUÉM-RR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Linha de Pesquisa: Dinâmica da paisagem Amazônica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Luiza Câmara Beserra Neta.

Co-orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Junior.

BOA VISTA-RR

2015

Elizabete Cruz do Nascimento

**OS PROCESSOS EROSIVOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA  
PAISAGEM ATUAL DA SERRA DO TEPEQUÉM-RR**

Dissertação apresentada como pré-requisito para a conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Linha de Pesquisa: Dinâmica da paisagem Amazônica. Defendida em 28 de agosto de 2015 e avaliada pela seguinte banca:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Luiza Câmara Beserra Neta – Orientadora (UFRR)

---

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira (UFAM)

---

Prof. Dr. Carlos Sander (UFRR)

---

Prof. Dr. Roberto Câmara de Araújo (UFRR)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado forças, saúde e iluminado meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida;

A Universidade Federal de Roraima pela disponibilização da infraestrutura e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia;

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luiza Câmara Beserra Neta e ao co-orientador Prof.<sup>o</sup> Dr. professor Stélio Soares Tavares Júnior, por suas contribuições e ensinamentos;

Aos professores do Pós-Graduação em Geografia e ao Dr. Roberto Câmara do departamento de Física da Universidade Federal de Roraima.

Ao meu esposo Jônatas de Abreu e a minha filha Ana Estephannye, pelo auxílio e pelos momentos que estiveram ao meu lado.

Aos meus colegas por todas as contribuições: Neila Régea Santos, Valdete Costa, Silas Oliveira, Franzmiller Nascimento, Luciana Cunha, Magno Almeida, André Pimentel, Daniel Dias, Talita Carvalho e Rendell Oneto.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado.

## RESUMO

A serra do Tepequém, área objeto de estudo encontra-se no extremo norte do estado de Roraima, no município do Amajari. O topo da serra possui morfologia diferenciada, com altitudes variadas que atingem 1100m. Esta região foi palco de diversos estudos geológicos, geomorfológico e histórico, os quais registram fatos importantes na sua história de evolução da paisagem, como a atividade garimpeira diamantífera. Esse estudo teve como objetivo entender os processos erosivos e suas influências no modelado da paisagem atual da serra do Tepequém. Para o entendimento da temática foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico de estudos anteriores, bem como aquisição de dados de campo como: medidas morfométricas quanto à profundidade, largura e comprimento de feições erosivas lineares; identificação e medidas de micro feições erosivas; descrição de perfis de solos em parede de voçorocas e coletas de solos em diferentes horizontes. Posteriormente, foram executadas análises granulométricas, pH, porosidade, densidade e mineralógicas dos solos. O modelado atual da serra do Tepequém é subordinado às estruturas geológicas de falhas e fraturas que condicionam as formas de relevo e drenagem presente no topo, além dos solos rasos e incoesos parcialmente recobertos por vegetação. Tais características aliadas a índices elevados de precipitação contribuem de forma significativa no processo erosivo e por consequência na formação de ravinas e voçorocas nas áreas de planícies e vertentes de colinas e morros. Foram identificadas micro feições erosivas no entorno, parede e talvegue das calhas erosivas, essas feições fragilizam os locais onde se estabelecem e auxiliam no avanço e crescimento das erosões. No geral, as voçorocas se desenvolvem em áreas de planícies, e em menor número nas vertentes de morros e colinas. As morfologias identificadas foram: linear, bifurcada e mista. Os solos são predominantemente arenosos, representado por areia fina a média, de morfologia angulosa a subangulosa. A densidade do solo variou para cada horizonte, assim como a porosidade e pH. As maiores concentrações de matéria orgânica foram identificadas no horizonte A. A composição mineralógica apresentou maior concentração de quartzo. O estaqueamento da voçoroca do Barata apontou maior evolução na porção montante parede direita, enquanto que a evolução da voçoroca da Encosta foi bem menor. Portanto, a Serra do Tepequém vem sendo esculpida por processos erosivos que promovem a evolução da paisagem atual.

Palavras - chave: Tepequém. Paisagem. Voçoroca. Feições erosivas.

## ABSTRACT

The Tepequém saw area that is the object of study is located at the northern end of the Roraima state in the county of Amajari. The top of the mountain ridge has a differentiated morphology, with varying altitudes reaching 1100m. This region was the scene of several geological, geomorphological and historical studies, which record important events in its history of evolution of the landscape, such as diamond mining activity. This study aimed to understand the erosive processes and their influences on the patterned of the current landscape of Tepequém saw. To understand the theme was conducted bibliographic and cartographic survey of previous studies as well as acquisition of field data as morphometric measurements on the depth, width and length of linear erosional features; identification and measures of micro erosional features; soil profile description in gullies wall and soil sampling at different horizons. Later, analyzes were performed granulometric, pH, porosity, density and mineralogical of the soils. The current modeled of the Tepequém saw is subject to the geologic structures of faults and fractures that affect the landforms and drainage present at the top, beyond the shallow soils and incoesos partially covered by vegetation. These features combined with high levels of rainfall contribute significantly to erosion and result in the formation of ravines and gullies in the areas of plains and slopes of hills and mountains. Were identified micro erosive features in the surrounding wall and thalweg of erosive chutes, these features undermine the places where they settle and assist in the advancement and growth of erosions. Overall, the gullies develop in areas of plains, and fewer on the slopes of hills and hills. The morphologies were identified: linear, forked and mixed. The soils are predominantly sandy, represented by fine to medium sand, of angular morphology subangular. The density of the soil varied for each horizon, as well as the porosity and pH. The highest concentrations of organic matter were identified on the horizon A. The mineralogical composition showed higher concentration of quartz. The staking of the gully pointed further evolution in the portion amount on the right wall, while the evolution of the gully Hill was much lower. Therefore, the Serra do Tepequém has been sculpted by erosion processes that promote the evolution of the present landscape.

Key-words: Tepequém. Landscape. Gully. Erosional features.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Demonstração da evolução da paisagem a partir da década de 30 com advento do garimpo de diamantes.....	26
Figura 2: Localização da serra do Tepequém, no município do Amajari, estado de Roraima. Imagem satélite LANDSAT 8, sensor OLI. ....	30
Figura 3: Formas de relevos identificadas no topo da serra do Tepequém. Na figura A, demonstração de planície, na B, morros alinhados e na C, encosta.....	32
Figura 4: Tipologia de cobertura vegetal identificadas no topo da serra do Tepequém. Na figura A, gramínea, na B, floresta e na C, matas ciliares. ....	33
Figura 5: Rede de drenagem no topo da serra do Tepequém.....	34
Figura 6: (A) Voçoroca do Barata localizada em região de planície; (B) Voçoroca instalada em área de encosta, localizadas no topo da serra do Tepequém. ....	36
Figura 7: Modelo de estaqueamento, conforme Guerra (2005).....	38
Figura 8: Fluxograma metodológico. ....	42
Figura 9: Regime pluviométrico mensal dos anos de 2006 a 2013, registrado na Estação Experimental 08361005, localizada na serra do Tepequém. ....	45
Figura 10: Mapa de declividade do topo da serra do Tepequém .....	46
Figura 11: Serra do Tepequém como resultante dos processos exógenos com destaque para as chuvas. ....	47
Figura 12: Mapa altimétrico, destacando as diferenças de altitude na serra do Tepequém-RR. ....	48
Figura 13: Mapa dos tipos de solos identificados no topo da serra do Tepequém....	49
Figura 14: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca do Barata .....	53
Figura 15: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca da Encosta .....	55
Figura 16: Cobertura vegetal presente no talvegue e paredes na voçoroca. ....	57
Figura 17: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca do caminho da cachoeira do Paiva .....	58
Figura 18: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca da Vila ...	60
Figura 19: Mapa de espacialização das erosões lineares na serra do Tepequém-RR. ....	61

Figura 20: Voçoroca do Barata, que se localiza em área de planície na serra, bordejada por morros e colinas. ....	62
Figura 21: Descaracterização do canal da voçoroca do Barata, formando vários morros testemunhos e vales.....	63
Figura 22: Linha de pedras presente na parede da voçoroca do Barata.....	64
Figura 23: Perfil da parede da voçoroca do Barata na figura A e na B, croqui da mesma.....	64
Figura 24: Perfil da parede da voçoroca da Encosta na figura A, e na B, o croqui da mesma.....	66
Figura 25: Ilustração das linhas de pedras identificadas na voçoroca do Paiva na figura A, 1ª LPs e na B, 2ª Lps.....	67
Figura 26: Perfil da parede da voçoroca do Paiva na figura A e na B, o croqui da mesma.....	68
Figura 27: Perfil da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva na Figura A, e na B, o croqui da mesma. ....	69
Figura 28: Demonstração da vegetação nas paredes e fundo do canal. ....	70
Figura 29: Perfil da parede da voçoroca da Vila na figura A, e na B, o croqui a mesma.....	71
Figura 30: Representação esquemática da morfologia da voçoroca da Vila.....	73
Figura 31: Ilustra a voçoroca e nas bordas algumas das estruturas de abatimento..	74
Figura 32: Representação esquemática da morfologia da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva. ....	75
Figura 33: Representação esquemática da morfologia da voçoroca do Paiva.....	76
Figura 34: Representação esquemática da morfologia da voçoroca da Encosta.....	77
Figura 35: Representação esquemática da morfologia da voçoroca do Barata. ....	78
Figura 36: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Barata.....	79
Figura 37: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca do Barata.....	79
Figura 38: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca do Barata, com detalhe para os grãos angulares e subangulares que predominou no perfil.....	80
Figura 39: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Barata2.....	81

Figura 40: Demonstração da granulometria predominante nas camadas da voçoroca do Barata 2, conforme gráfico de Shepard. ....	82
Figura 41: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca do Barata2, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados que predominaram no perfil. ....	83
Figura 42: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Encosta. ....	84
Figura 43: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca da Encosta. ....	84
Figura 44: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca da Encosta, com detalhe para os grãos subangulares, angulares e subarredondados que foram identificados no perfil. ....	85
Figura 45: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva. ....	86
Figura 46: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva. ....	87
Figura 47: Morfologia dos grãos presentes no perfil voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva, com detalhe para os grãos angulares, subangulares, subarredondados e arredondados. ....	88
Figura 48: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca da Vila. ....	89
Figura 49: Demonstração da granulometria predominante nas camadas da voçoroca da Vila, conforme gráfico de Shepard. ....	89
Figura 50: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca da vila, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados. ....	90
Figura 51: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Paiva. ....	91
Figura 52: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca do Paiva, nas figuras A e B. ....	92
Figura 53: Morfologia dos grãos de quartzo presentes no perfil da voçoroca do Paiva, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados. ....	93
Figura 54: Resultados das análises físicas das voçorocas estudadas. ....	94
Figura 55: Principais minerais presentes na voçoroca do Barata, na figura A, primeiro perfil analisado e na figura B, o segundo. ....	96

Figura 56: Principais minerais presentes na voçoroca do caminho da cachoeira do Paiva na figura A, e na B, da Vila. ....	97
Figura 57: Principais minerais presentes na voçoroca da Encosta na figura A, e na B, do Paiva. ....	98
Figura 58: Demonstração dos valores de pH e matéria orgânica identificados nos perfis de solos das voçorocas estudadas .....	100
Figura 59: Ilustração da parede direita da voçoroca do Barata .....	101
Figura 60: Voçoroca do Barata, com destaque para parede esquerda recoberta pela vegetação na figura A e na B, parede direita desprovida da mesma.....	102
Figura 61: Modelo esquemático do estaqueamento da voçoroca do Barata, destacando as medidas e sua evolução.....	103
Figura 62: Gráfico expondo as medidas da voçoroca do Barata.....	104
Figura 63: Modelo esquemático do estaqueamento da voçoroca da Encosta, destacando as medidas e sua evolução.....	105
Figura 64: Gráfico expondo as medidas da voçoroca da Encosta. ....	106

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	REFERENCIAL TEÓRICO	13
1.1.1	Conceito e evolução da paisagem na ciência geográfica	13
1.1.2	Fatores e processos geomorfológicos	16
1.1.3	Processos erosivos superficiais e subsuperficiais	20
1.1.4	Feições Erosivas	21
1.1.5	A paisagem na serra do Tepequém	23
1.2	TECNOLOGIAS APLICADAS AOS ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DE PAISAGEM	27
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b>	<b>29</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E METÓDOS</b>	<b>30</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO	30
3.2	FISIOGRAFIA	31
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	35
3.3.1	Coleta de dados em campo	35
3.4	ESTAQUEAMENTO DAS VOÇOROCAS DO BARATA E DA ENCOSTA	37
3.4.1	Coleta de solos	39
3.4.2	Análises laboratoriais	39
3.4.3	Identificação mineralógica	40
3.4.4	Processamento e foteinterpretação de imagens e de sensores remoto	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
4.1	MODELADO ATUAL DA PAISAGEM DA SERRA DO TEPEQUÉM	43
4.1.1	Feições erosivas identificadas nas voçorocas estudadas	50
4.2	QUANTO À LOCALIZAÇÃO E DIMENSÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS LINEARES (VOÇOROCAS)	61
4.2.1	Quanto à morfologia	72
4.3	CARACTERIZAÇÕES FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS	78
4.3.1	Granulometria dos solos	78
4.3.2	Densidade de partícula e porosidade	94
4.3.3	Composição mineralógica	95

<b>4.3.4 Matéria orgânica e pH dos solos .....</b>	<b>99</b>
<b>4.4 EVOLUÇÃO DAS VOÇOROCAS.....</b>	<b>101</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O estado de Roraima encontra-se na porção norte da Amazônia brasileira, é representado por um mosaico de tipos de cobertura vegetal, a exemplo da floresta tropical densa, campinarana e savana, além de exuberantes serras que formam grande interflúvios divisores de bacias a exemplo do Orenoco e Amazonas. Destacam-se nesta paisagem extensas superfícies aplainadas interrompidas por relevos residuais (*inselbergs*).

A serra do Tepequém (área foco deste estudo) tem uma paisagem exuberante e singular, destaca-se no cenário norte de Roraima, por apresentar paisagens exuberantes como cachoeiras, mirantes de escarpas, além da fauna e da flora rica e diversificada.

A serra se destaca por interromper a grande planura regional que a antecede e por sua morfologia que é constituída de escarpas íngremes de entorno e topo irregularmente aplainado, condicionada às estruturas geológicas. Tais características promovem um cenário diferenciado de planícies, vales, colinas e morros alinhados.

A paisagem da serra do Tepequém vem passando por contínuo retrabalhamento erosivo, influenciado por fatores como litologia, clima, relevo, vegetação, solos e etc., esses fatores tornam o solo mais vulnerável e propenso à ação erosiva. No entanto, é indispensável reconhecer que a ação antrópica deu uma parcela de contribuição no aceleração do processo erosivo, como exemplo tem-se a atividade do garimpo de diamante, desenvolvida nos aluviões e secundariamente nos elúvios, colúvios e conglomerados da formação Tepequém.

As feições erosivas, que compõem a paisagem atual da serra, têm ocorrência predominante nas áreas de planícies e secundariamente nas vertentes de morros e colinas. A vulnerabilidade física deste ambiente associada às atividades antropogênicas constituem fatores condicionantes nos processos de surgimento e evolução dessas feições erosivas.

Deste modo, este estudo pretende entender os processos que deram origem as feições erosivas e suas influências no modelado da paisagem atual, baseando-se em fatores geológicos e geomorfológicos, a partir da análise de dados cartográficos, sensoriamento remoto, trabalhos anteriores e de campo.

## 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1.1 Conceito e evolução da paisagem na ciência geográfica

A paisagem é parte do estudo da Geografia desde sua origem como ciência. O conceito de paisagem adotou distintas visões ao longo da trajetória de construção da ciência geográfica, alterou-se em função da escala de tempo e espaço, bem como a distintos contextos socioeconômicos que surgiram (BERTRAND, 2004).

A discussão sobre o conceito de paisagem é um tema remoto, que é discutido desde a sistematização da Geografia como ciência no século XIX e vem sendo amplamente analisado para a efetiva compreensão das relações sociais e naturais de um determinado espaço (BERTRAND, 2004).

Segundo Puntel (2007) a maneira de conceber a paisagem encontra-se presente desde a antiguidade, especialmente na pintura e na arte, a incorporação desse conceito nos estudos acadêmicos é uma criação da modernidade. E foi exclusivamente a partir do século XIX que adquiriu o estatuto de ciência na Geografia, definindo um objeto de estudo, uma metodologia e uma epistemologia própria.

A paisagem foi sendo discutida ao longo do tempo conforme os ideais das escolas relacionadas à Geografia. Cada cientista discutia paisagem segundo sua concepção, baseado na cultura, economia, política e sociedade.

Segundo Schier (2003) os conceitos se prendiam a distintos enfoques filosóficos. Sendo assim, o conceito de paisagem foi originalmente ligado ao positivismo numa forma mais extasiada, na escola alemã, onde o foco eram os fatores geográficos reunidos de forma dinâmica em unidades espaciais e, na Geografia francesa, onde o caráter processual é mais importante.

Na Alemanha se destacam Humboldt, Hitter e Ratzel. Humboldt retratava a paisagem de forma descritiva e comparativa, baseada nas observações realizadas ao longo das suas viagens; lançou diversas bases para Geografia Física, como exemplo pode-se citar a climatologia, orografia, oceanografia, geologia e etc. (CAVALCANTI, 2010; MOURA; SIMÕES, 2010).

Carl Hitter abordou a Geografia regional e inseriu o homem nesse contexto, analisou as paisagens conforme as diferenças e semelhanças e assim fez comparação entre paisagens e sua relação com o homem, descreveu diversas áreas

do mundo, onde tentou integrar o físico e o antrópico (CAVALCANTI, 2010; MOURA; SIMÕES, 2010). Ratzel abordou o racionalismo e o positivismo ambiental, as possibilidades antrópicas estavam baseadas nas condições naturais. Derivou dessa corrente de pensamento a *Landshaftskunde*, uma Ciência da Paisagem vista sob a ótica territorial (CAVALCANTI, 2010; MOURA; SIMÕES, 2010).

O francês, La Blache considerava a paisagem (*pays*) como reflexo da relação do homem com o espaço físico, envolvendo componentes da natureza e da ação humana (CHRISTOFOLETTI, 1999). Segundo Moura e Simões (2010) Carl Troll deu grandes contribuições acerca da paisagem entre elas se destacou ecologia da paisagem, que a partir de então analisam as relações organismo e ambiente.

Na antiga URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) o conceito de paisagem vai evoluir consideravelmente, vão surgir várias concepções e métodos de estudá-la, a paisagem passa a ser analisada a partir da combinação de massa e energia, expressando diferentes combinações (CAVALCANTI, 2010; MOURA; SIMÕES, 2010).

A expressão *Landschaft* vai ser acrescentada, marcando os processos de dinâmica temporária, sendo assim serão considerados os processos e as ações antrópicas no desenvolvimento das paisagens (MOURA; SIMÕES, 2010).

O conceito de paisagem geossistêmica considerando os elementos físicos e antropogênicos foi proposto em 1962 por Sotchava, na antiga União Soviética, como sendo a conexão da natureza com a sociedade, leva em consideração os aspectos socioeconômicos e culturais. Segundo Falcão Sobrinho (2008) geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, onde são levados em conta os fenômenos naturais, econômicos e sociais.

Atualmente o conceito de paisagem é discutido por diversos autores, em diversos países, segundo Sotchava (1977), diferentes países têm focado para o estudo dos geossistemas, que representa a Geografia Física Moderna. O conceito paisagem vem sendo utilizado, divergindo dentro de múltiplas abordagens.

Segundo Bohrer (2000) uma abordagem significativa que vem sendo bastante discutida é a visão holística da paisagem, tem sua origem associada às contribuições anglo-saxônicas, que permitiram um avanço nos estudos da paisagem, pois consideram os elementos como partes integradoras que agem mutuamente uns sobre os outros. A visão holística sugere a integração para o estudo da natureza, onde a mesma deve ser avaliada e estudada de modo interligado, onde os

componentes são entendidos como partes de um sistema complexo, interagindo entre si, através de processos que interagem em diferentes escalas espaciais e temporais.

Para Tardin (2010) um sistema é um conjunto de elementos passíveis de estabelecer inter-relações, físicas, funcionais e relativas à vivência da paisagem, abertas e intrincadas entre si, com seu entorno e com as pessoas que o vivenciam, onde a organização física da paisagem sistêmica significa levar em consideração que a paisagem está viva e passa por mudanças, deve considerar que ela é composta por sistemas integrados e, também interligados e inter-relacionados, cuja articulação é uma condição fundamental para que as partes possam desenvolver-se inteiramente.

Segundo Figueiró (2001), a maior parte dos estudos ambientais atualmente realizados reporta-se a diferentes modelos e concepções teóricas do conjunto unitário da natureza visível, ou seja, aquilo que chamamos paisagem. O conhecimento de paisagem sempre esteve associado à ideia de formas visíveis sobre a superfície da terra.

A paisagem é a representação visível de vários aspectos do espaço geográfico. Segundo Almeida e Rigolin (2005) são nas paisagens que estão introduzidos os elementos presentes no espaço geográfico tanto os elementos naturais (vegetação, relevo, clima, etc.) como os elementos humanos ou artificiais (estes são determinados pela sociedade).

Coelho e Terra (1998) abordam a paisagem relacionando-a com o lugar, neste sentido, expressam que: quando olhamos para um lugar, visualizamos a paisagem, que é expressa nas mais diversas formas.

A ação humana ao longo do tempo deixa marcas significativas na paisagem, assim como, é um fator decisivo nas modificações. Guerra (2011) destaca que a intervenção do homem sobre o relevo terrestre provoca a transformação da superfície do terreno, quer seja na área rural ou urbana.

As transformações ocorridas são inúmeras tanto no campo da natureza, como nas áreas urbanas, e o homem tem sido o principal agente segundo Guerra e Marçal (2007).

É necessário o estudo da paisagem para compreender o dinamismo dos processos que agem sobre ela, devendo considerar ainda os fatores sociais, econômicos, ambientais, aleatórios, espaciais e temporais e deve haver o

conhecimento destes para ajudar a preservar e dar sustentabilidade. O conhecimento geomorfológico é indispensável no entendimento desses processos visto que ele analisa as diversas formas de relevo assim como suas inter-relações com a geologia, solos, hidrografia e etc., como relatam Guerra e Marçal (2007).

### **1.1.2 Fatores e processos geomorfológicos**

O estudo de processos exógenos tem se tornado cada vez mais importante, este vem se tornando um dos principais escopos da Geomorfologia, visto que, é essencial para a explicação da dinâmica das paisagens (THOMAZ; ROSS, 2006).

A influência dos diversos processos quer sejam eles naturais ou antrópicos promovem mudanças na paisagem. O clima é um fator de destaque, pois é indispensável no entendimento da modelagem da paisagem. O relevo é influenciado de forma significativa, de maneira que unidades de relevo, com o passar do tempo são esculpidas pelos ventos e chuvas, tornando mais rebaixados e/ ou planos (THOMAS, 1994).

O clima é diretamente responsável pelos mecanismos que condicionam a dinâmica natural. Dessa forma, para se entender como ocorre à evolução de uma paisagem qualquer, é imprescindível analisar o clima (BASTOS; CORDEIRO, 2012).

O diagnóstico das condições climáticas de uma região é muito importante, visto que, o clima colabora nos processos e formas geomorfológicas, na disponibilidade dos recursos hídricos, na formação e espessura dos solos e na distribuição e padrão da cobertura vegetal e etc., singularizando as condições geoecológicas da unidade ambiental (BASTOS; CORDEIRO, 2012).

Coelho Netto (2005) destaca que os mecanismos agem em diferentes escalas espaciais e temporais, porém, todos são desencadeados de rotas preferenciais das águas, que podem ocorrer em superfície como em subsuperfície.

A paisagem passa por evolução ao longo do tempo e a combinação de elementos naturais como precipitações, vento, radiação, promove modificação, e influencia os processos modeladores da superfície. A geomorfologia se preocupa em entender os processos morfoclimáticos e pedogenéticos uma vez que, eles fornecem importantes informações sobre a dinâmica dos processos que ocorrem em superfície (THOMAS, 1994).

O desenvolvimento do relevo está ligado ao clima, e quando este é semiárido, predominam processos de intemperismo físico, áreas passam a sofrer processos de aplainamento, formando vastas superfícies de erosão (BASTOS; CORDEIRO, 2012).

Quando há predomínio do clima chuvoso, ocorre o processo de intemperismo químico na rocha, e por consequência desenvolve-se um manto superficial de espessuras variadas, constituindo a formação superficial da paisagem (BIGARELLA et al., 1994).

O conceito de formação superficial assume maior abrangência por incorporar materiais resultantes da alteração *in situ*, o que difere da perspectiva oferecida pela noção de estrutura superficial, que tem por princípio oferecer subsídios à reconstrução evolutiva do modelado (CASSETI, 2005).

O clima auxilia ainda na desintegração da rocha e desenvolve uma superfície inconsolidada formada por camadas que se diferenciam pela natureza física, química, biológica e mineralógica. As características do solo são desenvolvidas lentamente à medida que os processos evoluem e as propriedades dinâmicas do solo são gradativas. Sobre eles se assenta o colúvio que é resultado do retrabalhamento das vertentes (SILVA, 2011).

Fatores como precipitação e evapotranspiração controlam muitos processos físicos no solo, isso ocorre devido à capacidade de armazenamento de grandes excedentes de água durante a estação chuvosa. Esses excedentes de água, provavelmente influenciam mais do que qualquer outro fator climático, e com o tempo promove profundo desgaste nos trópicos, uma vez que prevê a infiltração de grandes quantidades de água (THOMAS, 1994).

Os processos endógenos interferem na morfologia da paisagem, dando estruturação ao mesmo, os processos exógenos são responsáveis pela esculturação do relevo, sendo assim os processos erosivos e os fatores que os formam dependem de fatores externos, como o potencial de erosividade da chuva, escoamento superficial, as condições de infiltração, declividade, comprimento do talude ou encosta, desagregabilidade e erodibilidade do solo (CARVALHO et al., 2006).

A erosividade é a capacidade que as águas das chuvas têm em gerar a erosão dos solos. Ela pode ser medida através da energia cinética das águas das chuvas. As variáveis gerais que devem ser observadas para maior ou menor erosividade

são: intensidade da chuva, quantidade total de chuva precipitada em uma determinada área, frequência de cada evento chuvoso (GUERRA; GUERRA, 2010).

Embora inicialmente o desprendimento do solo dependa da energia cinética da chuva, a erosão de sedimentos da superfície do solo exige a geração de escoamento que depende de ambos os níveis de precipitação e da capacidade de infiltração do solo. A maioria dos climas tropicais apresenta um balanço hídrico positivo ao longo do ano, o que promove o surgimento de erosões lineares nas áreas mais aplainadas (THOMAS, 1994).

O efeito splash é o início do processo erosivo, visto que, ele prepara as partículas do solo que vão ser transportadas pelo escoamento superficial. Os agregados se quebrarão em tamanhos menores, depois que tiverem tido sua estrutura comprometida pela água, os mesmos estarão mais susceptíveis a ruptura, e conseqüentemente serão transportados pelas águas com maior facilidade, esses agregados irão preencher os poros que estão no solo, provocando a selagem o que diminuirá a infiltração e aumentará o escoamento superficial linear (GUERRA; GUERRA, 2010).

A infiltração corresponde à capacidade que um determinado solo tem de receber e armazenar água, que é influenciado pelas propriedades do solo, características das chuvas, tipo de cobertura vegetal, características da encosta e etc., uma vez excedida essa capacidade a água escoar superficialmente formando poças (GUERRA, 2010).

O escoamento hortoniano ou superficial ocorre quanto a capacidade de infiltração excede a capacidade de infiltração devido o excesso de precipitação desde a superfície até as camadas inferiores. O escoamento superficial se inicia à medida que a água infiltra no solo e começa a saturá-lo. Quando a precipitação ultrapassa o limite de infiltração, a água tende a escoar superficialmente, dando início ao escoamento superficial, (GUERRA, 2010). Coelho Netto (2005) reafirmam que o escoamento superficial acontece durante um evento chuvoso, quando a competência de armazenamento de água no solo é saturada. Pode ocorrer também caso a capacidade de infiltração seja excedida.

A declividade da encosta tem influência direta na erosão, por influenciar nas taxas de infiltração e na velocidade em que ocorre o escoamento superficial ressaltando que em encostas muito íngremes há diminuição do material disponível para remoção, diminuindo a erosão (GUERRA, 2010).

As características da encosta como comprimento e morfologia são indicadores erosivos que influenciam na velocidade e percurso a ser percorrido pelas águas (GUERRA, 2010).

Bastos (1999) relata que a erodibilidade está relacionada como a maior ou menor facilidade com que as partículas de solo são destacadas e conduzidas pela ação de um agente erosivo. Esta propriedade está relacionada à natureza do solo e, está intimamente associada à textura, estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade e composição destes materiais.

A erodibilidade do solo é o efeito interligado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente. A erodibilidade depende das propriedades do solo, tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, matéria orgânica, minerais, de argila e constituintes químicos. Além desses, consideram-se ainda a estrutura, hidratação e as características da circulação da água no solo (LAL, 1988).

Guerra e Cunha (1996) relatam que a erodibilidade dos solos está relacionada às suas propriedades, como teor de areia, silte e argila, além do teor de matéria orgânica, densidade aparente, porosidade e estabilidade de agregados, dentre outras.

Para Guerra e Marçal (2007) o homem ao apropriar-se de uma área deve conhecer os solos, relevos, rochas e recursos hídricos, a fim de melhor aproveitar os recursos existentes, entender a fragilidade das áreas, assim como evitar catástrofes.

Para Tricart (1977) a cobertura vegetação colabora intensamente para o equilíbrio do ecossistema com a realização da fotossíntese; quando a radiação é absorvida pelas plantas; com a interceptação das precipitações e, com o efeito de sua rugosidade. Existindo, portanto, a necessidade de entender efeitos da vegetação nos processos erosivos, determinando os tipos de culturas e suas peculiaridades em relação à perda de solo.

Dos topos aos fundos dos vales existe uma intensa dinâmica. Transitam sedimentos e diferentes elementos detríticos, por meio de mecanismos associados às águas ou ventos. Os fundos de vales podem transferir estes materiais transportados das encostas para jusante, e, por meio de fluxos concentrados em canais, interconectar-se com outros sistemas coletores ou de drenagem (COELHO NETTO, 2005).

### 1.1.3 Processos erosivos superficiais e subsuperficiais

Os pedestais ou demoiselles são formados quando o solo fica protegido por grânulo ou seixo, enquanto a ação pluvial remove as partículas do solo desprovido de vegetação através do salpicamento, e essas partículas são carregadas pelo escoamento superficial, essas feições são esculpidas abaixo da proteção. Em geral, ocorrem em vertentes e no interior das voçorocas, onde inexistente a proteção da cobertura vegetal. Nas voçorocas, ocorrem principalmente nos taludes das erosões (VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Escamamentos resultam do transporte de materiais por fluxos laminares, verticais e subverticais, acumulando sedimentos finos que estão sobre uma superfície mais resistente (VIEIRA, 2008).

Alcova de regressão são feições esculpidas pelo escoamento superficial, formando filetes subverticais ou pela exfiltração do lençol freático, ou ainda, pela combinação dos dois. (VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Dutos indicam a existência de movimento generalizado da encosta, podem ser formados por movimentos translacionais profundos ou expansão e concentração de argilominerais e por tração nas bordas de incisão. Os dutos podem surgir a partir de macro poros, que podem ser originados de fraturas de tração de raízes de plantas ou de atividade biótica. Ocorrem nas paredes das voçorocas (VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2010).

Dolina (pseudo), estrutura de abatimento resultante da remoção de materiais detríticos, através da ação das águas subsuperficiais, associado a ação gravitacional (COELHO E NETTO, 1998; BESERRA NETA, 2008).

Filetes verticais iniciam-se a partir da convergência do fluxo superficial para o interior da voçoroca, resultante da interação entre erosão por queda d'água e eventuais ressurgência de zonas de saturação (VIEIRA, 2008).

Marmitas sugerem que a formação ocorreu pela ação de quedas d'água, na base dos taludes ou por degraus no interior das voçorocas (VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2010).

#### 1.1.4 Feições Erosivas

A erosão hídrica, processo morfogênico bem presente em ambientes tropicais, tem levantado preocupações, principalmente no que tange às formas resultantes das erosões, (ravinas e voçorocas) descritas na literatura com distintas interpretações.

Segundo a EMBRAPA (2011), ravinas, sulcos e voçorocas são sinônimos, pois se trata da formação de grandes cavas resultante da erosão provocada pelas chuvas e intempéries, onde a vegetação é escassa e não mais protege o solo que fica cascalhento e suscetível de carregamento por enxurradas, geralmente estão associados ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, às características climáticas, hidrológicas e ao relevo.

Oliveira (2010) analisa as ravinas e voçorocas como incisões que resultam propensão onde sistemas naturais tendem a atingir um estado de equilíbrio entre energia disponível e eficiência do sistema de dissipar energia.

A definição de Guerra e Guerra (2010) de ravinas e voçorocas segue um critério métrico, uma vez que ravinas são incisões lineares com profundidade e largura menores que 50 centímetros e voçorocas são incisões lineares com profundidade e largura maiores que 50 centímetros.

Vários são os critérios de identificação das feições erosivas lineares, por entender que essa conceptualização leva em conta um critério de fácil identificação e mensuração, essa pesquisa aderiu a conceptualização de Guerra para ravinas e voçorocas.

O IPT, segundo Cavaguti (2004) usa como critério para definir as feições erosivas, o lençol freático, se atingir o mesmo é voçoroca, se não atingir é ravina, assim como consideram que as ravinas são formadas por escoamento superficial e voçoroca por processos erosivos subsuperficiais.

Para melhor compreensão destes processos erosivos lineares, é necessário citar que eles sofrem influência de vários fatores entre eles se destacam a declividade, tipo de cobertura vegetal, precipitação, litologia e solos.

A erosão por ravinas e voçorocas é causada por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Todos derivam de rotas tomadas pelos fluxos de água, que podem ocorrer na superfície ou em subsuperfície (COELHO NETTO, 1995). Além disso, as ravinas podem evoluir para voçorocas, se considerado a interpretação de Guerra, em especial quando não são obliteradas

pelas práticas agrícolas, ou quando chuvas concentradas caem sobre encostas com ravinas, sem proteção vegetal e que estejam sob superpastoreio.

O alargamento e aprofundamento das ravinas podem dar origem a voçorocas, devido à ação erosiva das águas na base e nas partes laterais das ravinas (GUERRA, 1995; GUERRA; BOTELHO, 1996).

Dentre outros fatores, a textura e a profundidade do solo tem influência na maior ou menor quantidade de terra arrastada pelo escoamento superficial. Um solo arenoso com espaços porosos grandes, durante chuvas de baixa e de média intensidade, pode absorver toda água, não havendo, portanto, grandes problemas relacionados com a erosão (COELHO NETTO, 1995).

As condições físicas em subsuperfície influenciam no surgimento de feições, dentre elas destacam-se aquelas que definem a qualidade da estrutura e do espaço poroso do solo. A estrutura do solo é mais bem distinguida por ajustes de características e propriedades físicas do solo, o que dificulta encontrar uma variável simples que a represente adequadamente em termos quantitativos (VOLK; COGO; STRECK, 2004).

A análise das propriedades do solo é extremamente relevante no entendimento da erosão, pois em conjuntos com outros fatores, determinam a maior ou menor susceptibilidade à erosão. Entre elas podemos destacar: textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e o pH do solo (COELHO NETTO, 2005).

Estudos de Augustin e Aranha (2006) contataram que o processo que mais se destaca na erosão subsuperficial são os *pipings*, sendo considerado pelos autores o mais importante. O escoamento subsuperficial pode levar à formação de uma rede interligada de fluxos, promovendo o surgimento de voçorocas através do colapso do teto e alargamento por processos superficiais.

Segundo Coelho Netto (2005) os fluxos superficiais ou subsuperficiais definem os mecanismos erosivos deposicionais e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo), que compõem o respectivo ambiente de drenagem.

Não há consenso quanto ao surgimento de processos erosivos em subsuperfície, visto que, existem múltiplas variáveis que pode dar origem a esses processos (THOMAS, 1994).

Os mecanismos mais citados na literatura acerca da erosão subsuperficial, são os túneis e dutos, que surgem através da percolação da água em subsuperfície, induzindo erosão em túnel que forma dutos que funcionam como drenos naturais quando o solo está quase saturado ou saturado (COELHO NETTO, 2005).

Segundo Coelho Netto (2005) os dutos (*pipes*) ou túneis são grandes canais, abertos em subsuperfície com tamanhos variados (centímetros à vários metros). O processo de formação desses dutos relata a autora, está relacionado ao intemperismo, sob condições especiais geoquímicas e hidráulicas, havendo a dissolução e carreamento de minerais em subsuperfície.

Segundo Oliveira (2010) no interior das feições erosivas existem vários mecanismos erosivos: pedestais (*demoiselles*) feições residuais; sulcos e ravinas formadas pelo escoamento superficial concentrado; alcovas de regressão, iniciadas pelo escoamento superficial ou exfiltração do lençol freáticos ou pela combinação dos dois; filetes subverticais, esculpidos em material pouco coesivo; dutos de convergência e caneluras, comuns em incisões de pequeno porte, indicam variação de características mecânicas das coberturas superficiais; marmitas ou panelas, se originam a partir de erosão por quedas-d'água; quedas de areia, resultam da liquefação espontânea de material inconsolidado e não coesivo; quedas de torrões, caracterizados por movimento de massa, seja por solapamento da base de taludes ou desprendimento de material: fendas e dutos, formado por movimentos translacionais profundos; poças de ressurgência, que indicam área de ressurgência do lençol freático.

### **1.1.5 A paisagem na serra do Tepequém**

A paisagem da serra do Tepequém por suas peculiaridades geológicas, geomorfológicas, biológicas e paisagísticas, tem sido atrativo para fins econômicos, científicos e turísticos. Trabalhos anteriores na temática geológica são destacados nos estudos de Montalvão et al. (1975), Borges e D'Antona (1988), Luzardo (2003), Tavares Junior (2004), Reis et al. (2009) Fernandes Filho (2010). Na temática geomorfológica destacam-se os estudos de Beserra Neta (2008) e Nascimento (2013) os quais descrevem a morfologia do topo da serra do Tepequém, com

variações altimétricas de mais de 500 metros, e o seu condicionamento ao arranjo estrutural o que descaracteriza a morfologia de platô.

A paisagem da serra registra características históricas importantes, tornando possível observar intensas modificações advindas da atividade garimpeira diamantífera a partir da década de 30. O garimpo atraiu imigrantes de vários estados brasileiros tendo seu auge no período entre 1941 e 1943 (GUERRA, 1957).

No auge da exploração diamantífera ocorreram intervenções antrópicas, como exemplo, abertura de cavas e o desvio de rios para extrair o diamante. A vegetação das margens dos rios Paiva e cabo Sobral também foram comprometidas.

As marcas de resíduo de suruca (termo regional, usado para descrever os resíduos da coleta do diamante), deixadas na paisagem pelos garimpeiros podem ser vistas às margens dos rios e também no entorno e no talvegue das voçorocas do Barata e do caminho.

Outra intervenção antrópica bem marcante na paisagem é a cachoeira do Funil que adquiriu a forma atual (forma de funil) após explosões de dinamites na rocha dando forma ao tilim (corredor estreito esculpido nos arenitos) e, por consequência, promovendo o desvio do rio Cabo Sobral. A partir desses exemplos é possível imaginar a transformação da paisagem a partir da ação antrópica.

Melo e Almeida Filho (1996) relatam que durante anos a atividade garimpeira foi a única desenvolvida para muitos moradores da região norte. Na serra a situação não foi diferente, a atividade garimpeira diamantífera e de ouro contribuiu significativamente degradação dos rios Paiva e Cabo Sobral, principalmente pelo uso de técnicas rudimentares, que desencadeiam a contaminação dos rios pelo mercúrio, desmatamentos das matas ciliares e assoreamento dos rios (Figura 1).

A partir da década de 30, a paisagem foi sendo alterada em função de atividades paralelas e subsequentes ao garimpo como comercialização de alimentos, visto que o contingente populacional aumentou deste o advento do mesmo.

Após a proibição da atividade garimpeira foram desenvolvidas atividades com intuito de permitir a continuidade e desenvolvimento da serra. A prática da piscicultura foi incentivada, assim, seriam aproveitadas as cavas deixadas pelo garimpo; foi criada a associação de moradores e foi implantado um projeto que visava o plantio de flores e frutas (CUNHA, 2013).

O turismo tem gerado um fluxo maior de pessoas, principalmente quanto havia realização dos festivais (tambaqui, morango), interferindo diretamente na evolução da paisagem, uma vez que, os turistas não obedecem às regras ambientais (CUNHA, 2013).

A paisagem sofre intervenção antrópica que tende a desencadear marcas negativas na paisagem, como a compactação do solo pelo tráfego dos quadriculos sobre os morros e colinas promovendo desprendimento dos colúvios, compactando os solos e removendo a vegetação, interferindo diretamente na dinâmica natural e auxiliando no desenvolvimento do processo erosivo.

Figura 1: Demonstração da evolução da paisagem a partir da década de 30 com advento do garimpo de diamantes.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2012

## 1.2 TECNOLOGIAS APLICADAS AOS ESTUDOS DE EVOLUÇÃO DE PAISAGEM

O desenvolvimento da tecnologia vem sendo apreciado por ser analisado como suporte ao progresso e ao bem-estar social, pois os avanços alavancam os estudos científicos. Atualmente a tecnologia está presente no modo de vida da sociedade, representada pela cibernética, automação, engenharia genética, computação eletrônica e etc., são alguns dos ícones que a sociedade tecnológica convive diariamente (SILVEIRA; BAZZO, 2009).

As tecnologias digitais promovem dinâmica, integração e vem transformando a sociedade em uma sociedade de rede, caracterizada por uma comunicação horizontal, onde indivíduos e instituições trocam informações e conhecimento fazendo circular novos conteúdos. A tecnologia modifica as relações sociais e de produção no Brasil, principalmente com a modernização da agricultura intensiva nos anos 50. Os incentivos públicos permitiu que houvesse um aumento da tecnologia no que diz respeito às técnicas de produção assim como na assistência técnica. As tecnologias digitais e a transferência de informações e conhecimentos tecnológicos servem como instrumentos de veículo comunicacional, assim como, favorece a construção e a apropriação de novos saberes (TORRES, 2013).

A tecnologia é fruto da aliança entre ciência e técnica, a qual produziu a razão instrumental, como no dizer da Teoria Crítica da Escola de Frankfurt. Esta aliança proporcionou o agir-racional-com-respeito-a-fins, conforme assinala Habermas, a serviço do poder político e econômico da sociedade baseada no modo de produção capitalista (séc. XVIII) que tem como mola propulsora o lucro, advindo da produção e da expropriação da natureza (MIRANDA, 2002).

Então, se antes a razão tinha caráter contemplativo, com o advento da modernidade, ela passou a ser instrumental. É nesse contexto que deve ser pensada a tecnologia moderna; ela não pode ser analisada fora do modo de produção, conforme observou Marx (MIRANDA, 2002).

A tecnologia é um modo de produção, o qual utiliza todos os instrumentos, invenções e artifícios e que, por isso, é também uma maneira de organizar e perpetuar as vinculações sociais no campo das forças produtivas (BASTOS, 1998).

A tecnologia tem sido utilizada como instrumento de análise do espaço, através da aquisição de informações acerca da distribuição geográfica de fenômenos e objetos e tem sido aliada na organização das sociedades. As informações eram contidas em mapas e documentos em papel impresso, o desenvolvimento da informática na segunda metade do século XX, possibilitou armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, culminando no advento da prática do Geoprocessamento (COUTO, 2009). O tratamento de dados espaciais digitais se tornou importante, por possibilitar informação espacializada, maior precisão, acessibilidade e velocidade na aquisição e processamento de dados (LEITE 2008).

Várias são as opções tecnológicas disponíveis, como exemplo têm-se os SIG's que tem várias funcionalidades, e englobam em um só sistema, as funções de documentação, análise, representação, visualização e monitoramento, que podem auxiliar o estudo da evolução da forma urbana e suas respectivas interferências na paisagem. Os SIG's são conjunto de hardware e informações geográficas para obtenção, armazenamento, diagnóstico, gerenciamento e visualização de dados, que estão referenciados em determinado espaço da superfície da Terra (ROCHA, 2007).

A tecnologia voltada para fotografia aérea iniciou-se no Brasil, em 1950, permitindo avanços nas pesquisas geográficas e geomorfológicas, como visualização tridimensional das morfologias, possibilitando fazer associações aos trabalhos de campo, facilitando a construção de hipóteses que fossem mais apropriadas para explicar os fenômenos geomorfológicos em ambiente intertropical (VITTE, 2006).

Os SIG's têm sido um aliado nos estudos do espaço geográfico e vem sendo amplamente empregados, pois, dão suporte para análise espacial e modelagem de fenômenos, e principalmente no monitoramento de processos. Os bancos de dados georreferenciados podem registrar, mapear e quantificar com precisão, as mais diversas feições dos processos erosivos (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003).

## **2 OBJETIVO GERAL**

Entender os processos erosivos e suas influências no modelado da paisagem atual da serra do Tepequém.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar os processos erosivos modeladores da paisagem atual;

Caracterizar a morfometria das feições erosivas lineares (voçorocas);

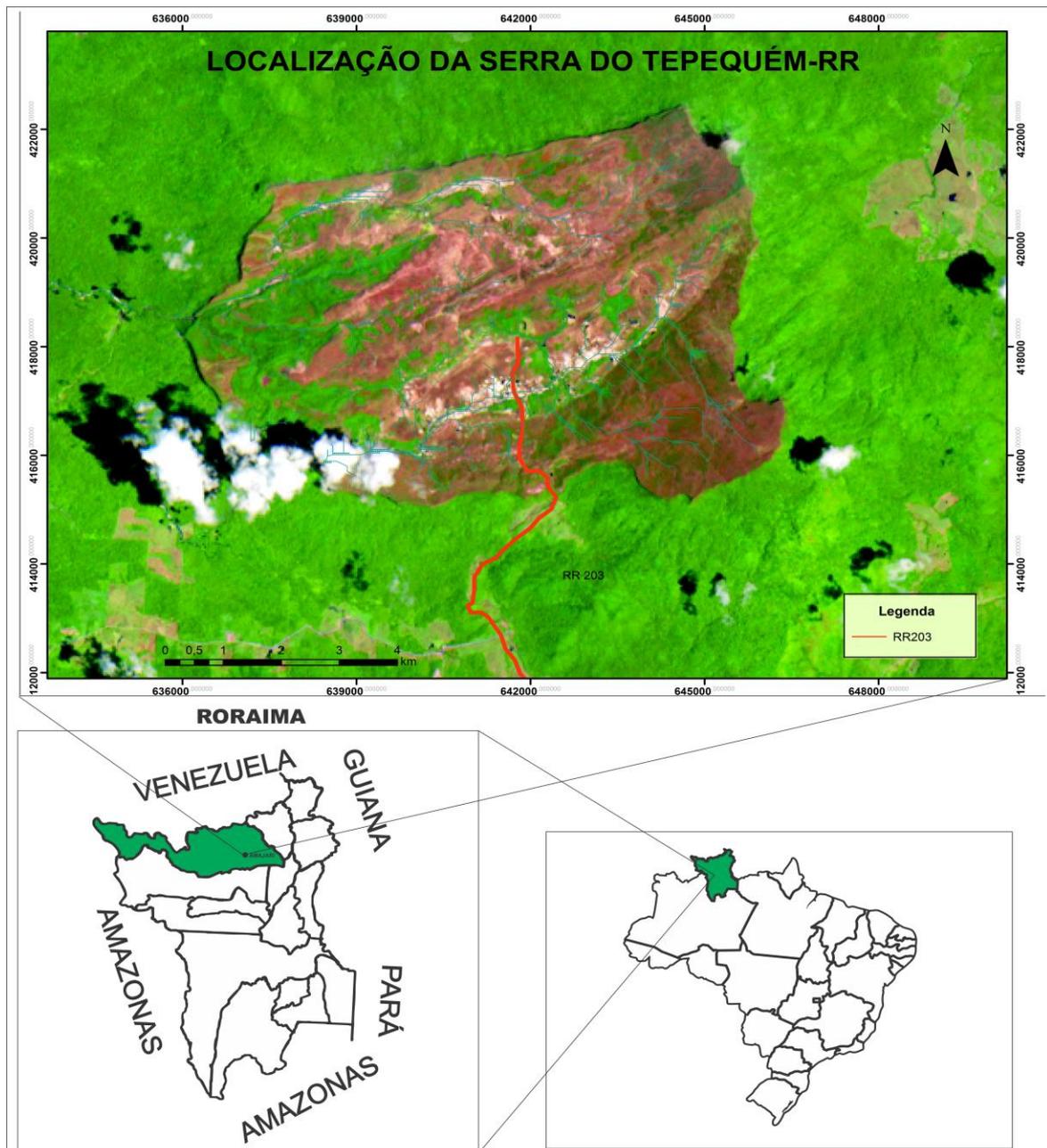
Identificar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos em áreas de voçorocas.

### 3 MATERIAIS E METÓDOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área do estudo constitui a serra do Tepequém localizada no município de Amajari no norte do estado de Roraima, o acesso se dá pela BR 174 e posteriormente pela RR 203 (Figura 2).

Figura 2: Localização da serra do Tepequém, no município do Amajari, estado de Roraima. Imagem satélite LANDSAT 8, sensor OLI.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2015.

### 3.2 FISIOGRAFIA

A serra do Tepequém corresponde a um testemunho isolado elaborado em rochas sedimentares de idade Paleoproterozóica, composta por arenitos, arenitos conglomeráticos, siltitos e argilitos, pertencentes a Formação Tepequém. O embasamento é constituído por rochas vulcânicas do Grupo Surumu, composto por riolito, riodacitos e ignibritos (CPRM, 1999).

A configuração morfológica é constituída por diferentes compartimentos geomorfológicos representados por planícies entre morros alinhados, morros e colinas e escarpas abruptas. No interior da serra encontra-se a planície intermontana com altitudes que variam de 575 a 670 metros, interrompidas por morros e colinas residuais de altitudes em torno de 760 metros e escarpas de entorno elaboradas predominantemente em arenitos cujas altitudes variam de 575 a 1100 metros, alinhados na direção NE-SW, concordantes com os alinhamentos regionais (Figura 3) (BESERRA NETA, 2008).

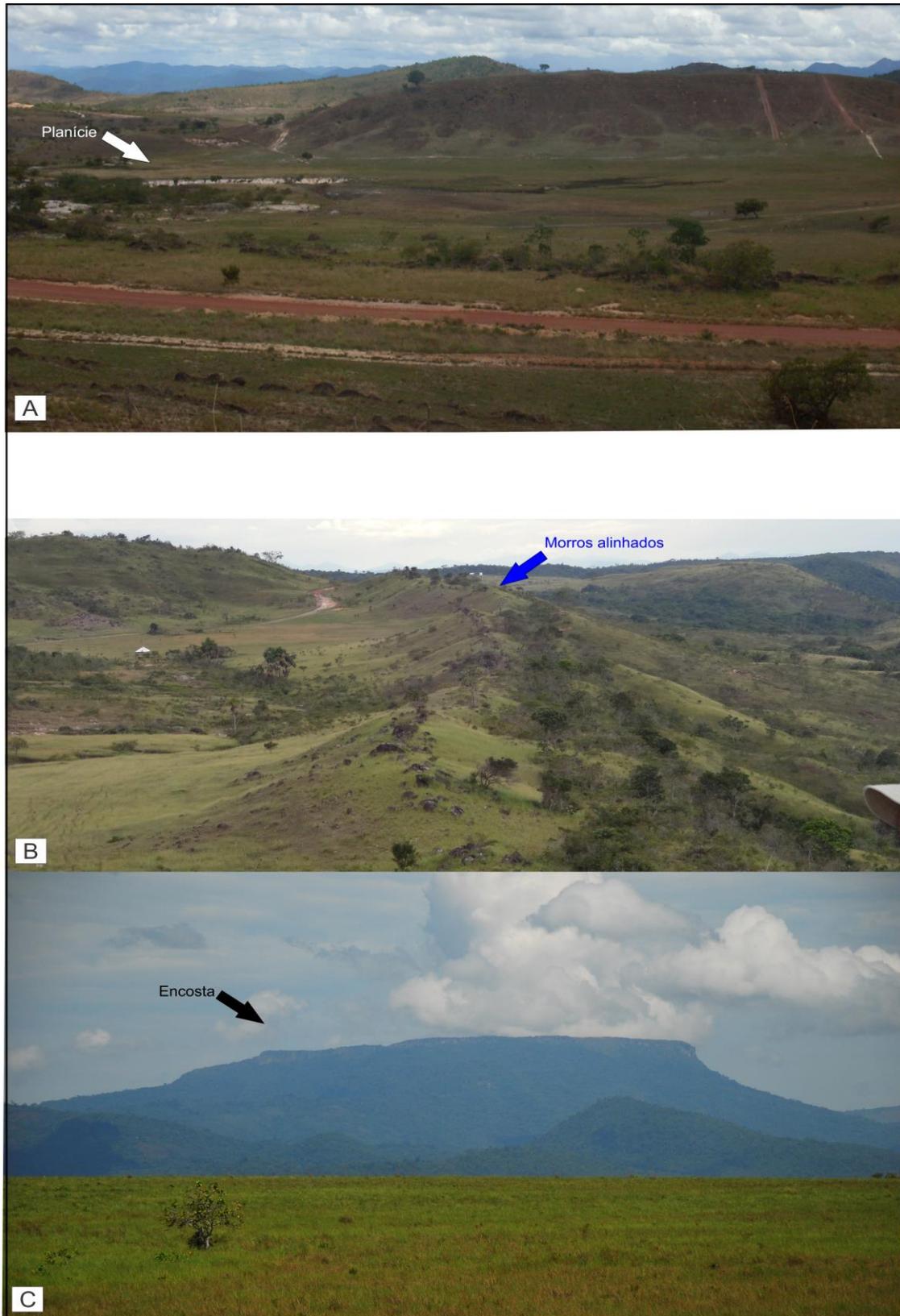
Os solos foram classificados na serra segundo Almeida (2014) como sendo: Neossolo Litólico Quartzarênico, Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico plintossolo Pétrico, Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Cambissolo Háplico, Neossolo Litólico Quartzarênico e Gleissolo Háplico + Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Neossolo Quartzarênico Órtico.

O clima, segundo a classificação de Köppen é quente e úmido (Am) com temperaturas médias de 22°, com elevado índice pluviométrico em torno de 2.250 mm anuais (BRASIL, 1975), caracterizado por duas estações bem definidas: a estação seca e a chuvosa.

A serra do Tepequém apresenta duas formações de vegetação bem distintas: a Savana arbustiva e esparsa que recobre parcialmente o solo e a Floresta Ombrófila densa com árvores de porte alto. A Savana predomina na serra recobrando quase totalmente (norte, sul e leste da serra); a Floresta Ombrófila Densa apresenta-se em maior proporção na parte oeste da serra.

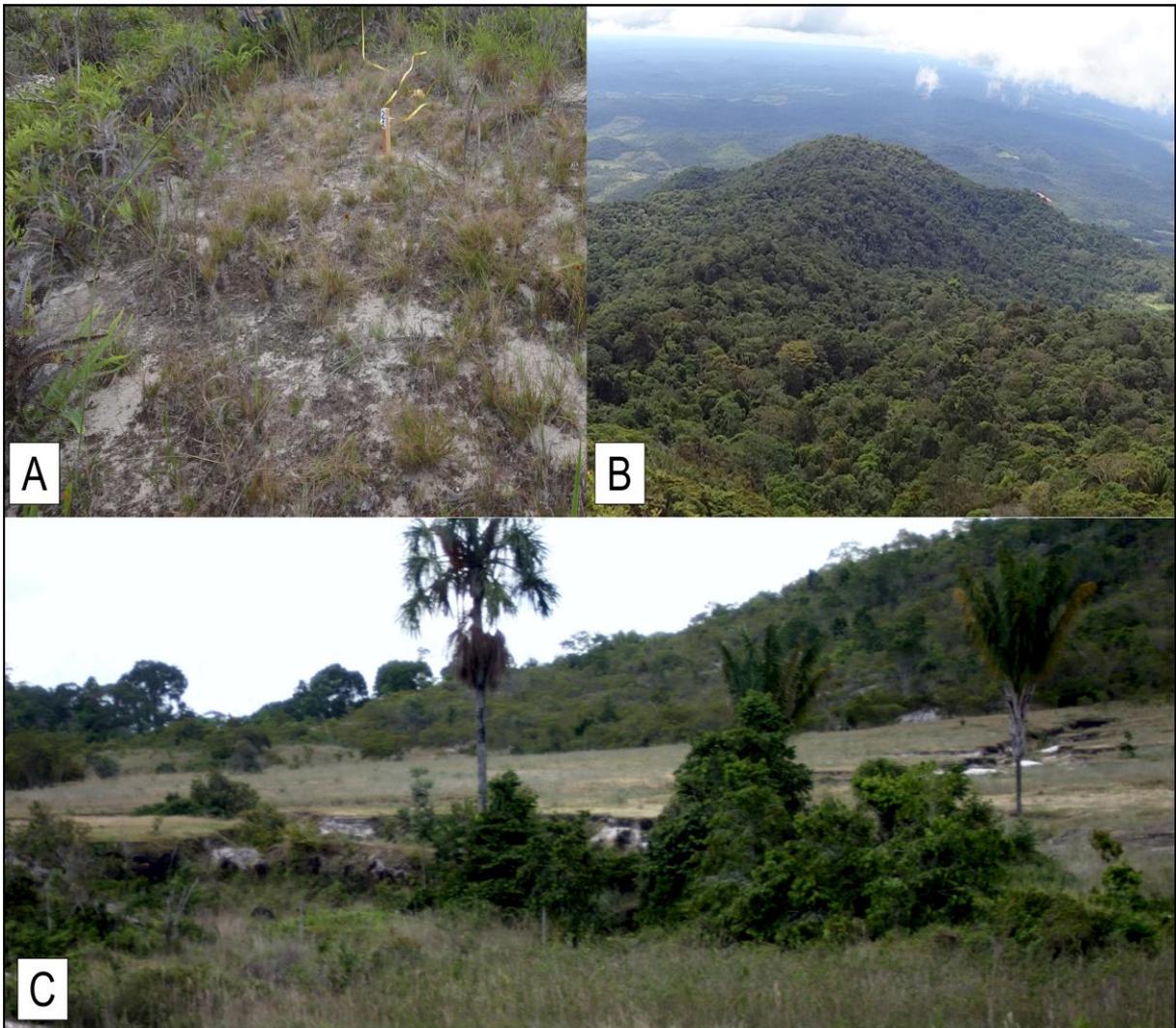
Existem ainda as matas ciliares, estas se apresentam pontualmente acompanhando os cursos de água, em algumas pequenas áreas elas não estão presentes devido à alteração da paisagem em decorrência da atividade garimpeira, nestas áreas o solo está exposto em forma de aluviões (Figura 4).

Figura 3: Formas de relevos identificadas no topo da serra do Tepequém. Na figura A, demonstração de planície, na B, morros alinhados e na C, encosta.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Figura 4: Tipologia de cobertura vegetal identificadas no topo da serra do Tepequém. Na figura A, gramínea, na B, floresta e na C, matas ciliares.

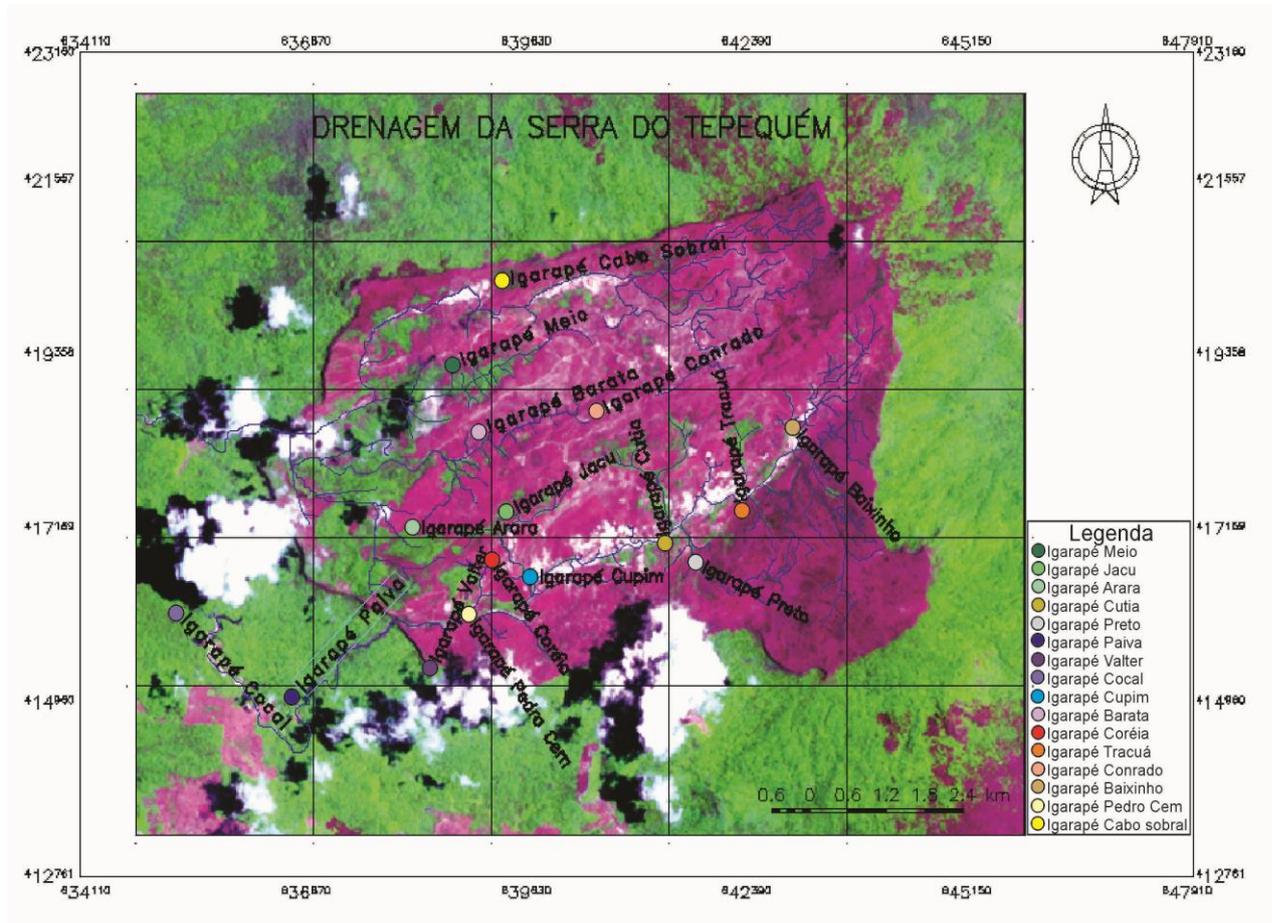


Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Os principais cursos de água encontrados no topo da serra são rio Cabo Sobral, ao norte, na parte mais central o Barata e do meio, e no sul, o rio Paiva, também são observados rios secundários: Meio, Jacu, Arara, Cutia, Preto, Valter, Cocal, Cupim, Coréia, Tracuá, Conrado, Baixinho e Pedro cem (Figura 5).

A organização da rede hidrográfica atual deve-se a organização estrutural, esta é condicionada as falhas e fraturas seguindo a mesma direção dos alinhamentos estruturais regionais (NE-SW), permitindo a organização e a conexão entre os rios. A rede de drenagem organiza-se nas áreas de planície.

Figura 5: Rede de drenagem no topo da serra do Tepequém.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2012.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico e cartográfico da temática, a fim de compreender a evolução geológica-geomorfológica e histórica.

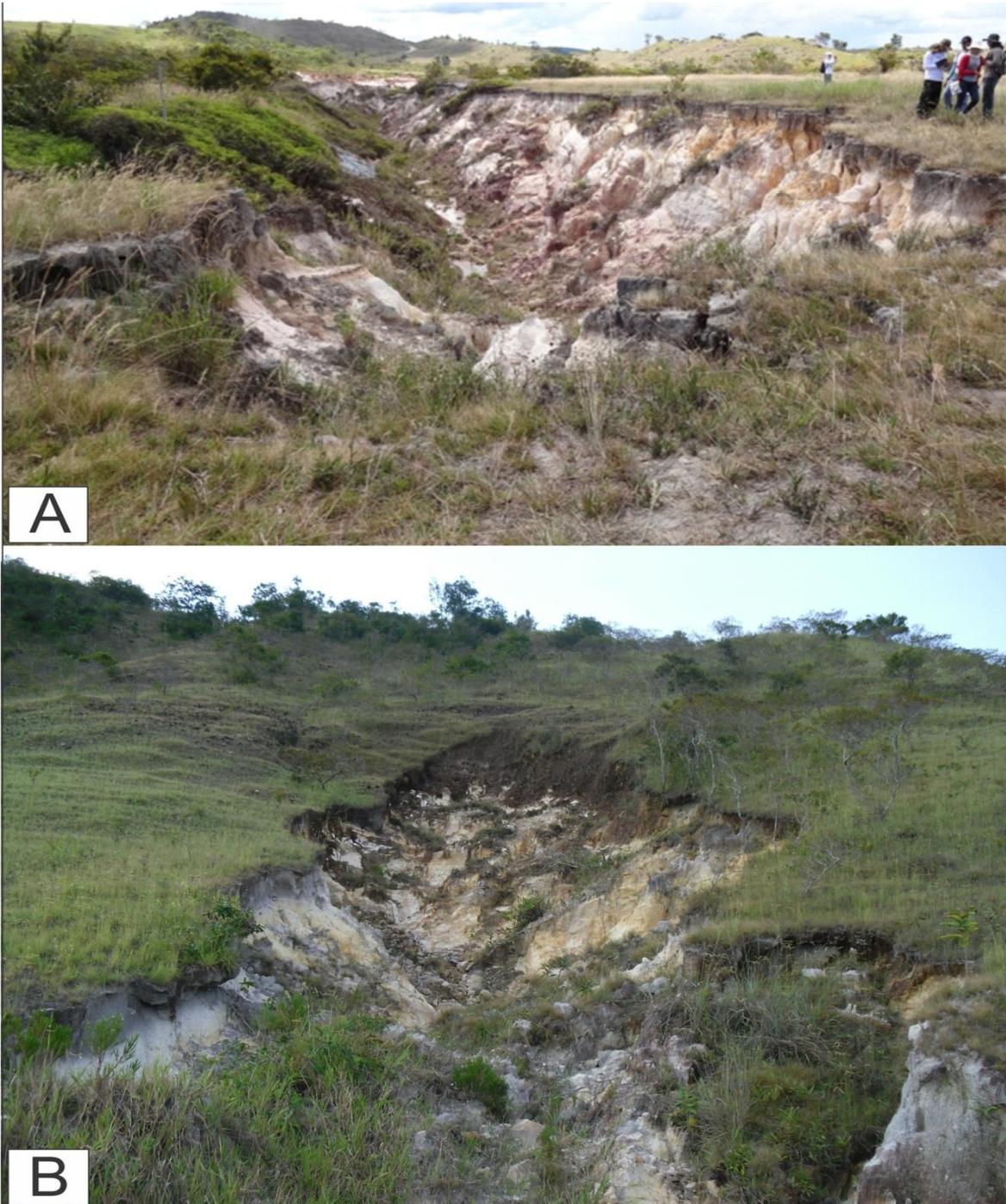
#### 3.3.1 Coleta de dados em campo

A organização do trabalho de campo realizado na área teve início com a escolha de cinco voçorocas para identificação dos processos superficiais e subsuperficiais que ocorrem no entorno e no interior e, para coleta de sedimentos/solos. Para o estaqueamento, procedimento que consistiu em fincar estacas nas bordas das voçorocas foram selecionadas duas voçorocas, uma localizada na encosta de um morro e outra situada em área de planície (Figura 6). O estaqueamento das duas voçorocas foi realizado segundo a metodologia de Guerra (2005) (Figura 7) e compreendeu as seguintes etapas:

Escolha das voçorocas privilegiando a localização, morfologia e os tipos de solos;

- a) Identificação do perfil da voçoroca e forma de acesso;
- b) Identificação de feições geomorfológicas superficiais (escamamentos, pedestais, marmitas e caneluras) e subsuperficiais (área de abatimento, dutos, alcovas de regressão), que ocorrem no interior e no entorno das voçorocas;
- c) Coleta de amostras de solos, no perfil das voçorocas selecionadas para análises física, química e mineralógica.

Figura 6: (A) Voçoroca do Barata localizada em região de planície; (B) Voçoroca instalada em área de encosta, localizadas no topo da serra do Tepequém.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2013.

### 3.4 ESTAQUEAMENTO DAS VOÇOROCAS DO BARATA E DA ENCOSTA

a) O estaqueamento na voçoroca do Barata iniciou pela cabeceira, as estacas foram fincadas com auxílio de marreta a distância de 5m a partir da borda da voçoroca e a distância entre as estacas foi de 20m, no total essa voçoroca recebeu 68 estacas, as medidas foram realizadas com uma trena de 50m.

b) A voçoroca da Encosta recebeu 13 estacas com espaçamento de 20 metros entre si e afixadas a uma distância de 5 m da borda.

c) Dois meses após o estaqueamento foi realizado trabalho de campo para obtenção de dados objetivando acompanhar a possível evolução das bordas das voçorocas. As medições subsequentes foram realizadas nos meses de setembro de 2013, fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2014.

d) Foram 4 (quatro) as visitas à campo para medição das voçorocas, em quatro voçorocas foram identificadas feições superficiais e subsuperficiais.

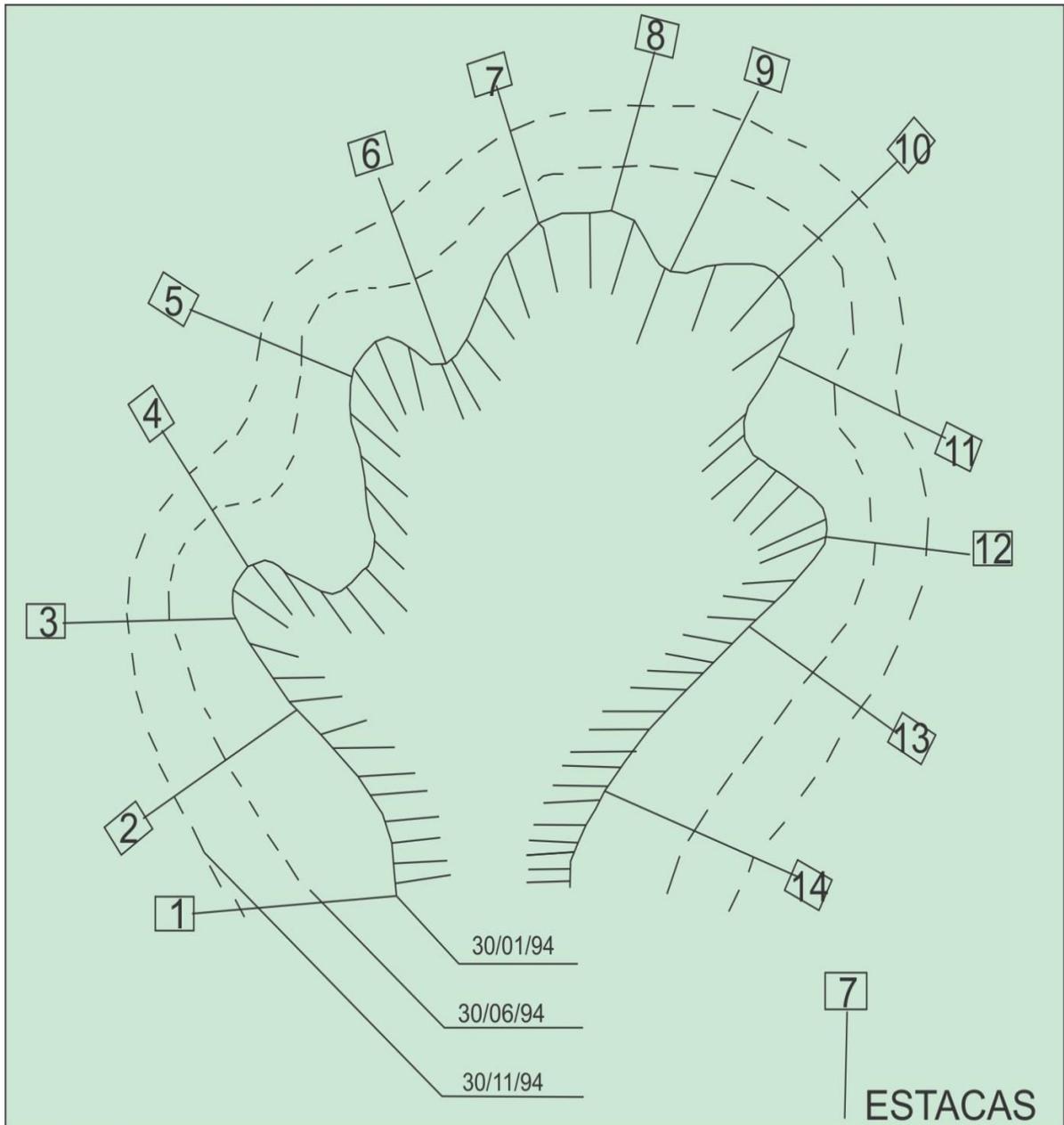
e) Em campo foram obtidas imagens fotográficas (câmera) de relevo, hidrografia, vegetação, solo e feições geomorfológicas superficiais (escamamentos, pedestais, marmitas e caneluras) e subsuperficiais (área de abatimento, dutos, alcovas de regressão), que contribuem no remodelamento da paisagem atual, a fim de entender a interação e a dinâmica desses fatores, na evolução das erosões lineares (voçorocas), assim como na evolução da paisagem atual da serra do Tepequém;

h) Essa técnica apesar de ser baseada no estaqueamento realizado por Guerra tem particularidades, como o intervalo de tempo das medidas (3 em 3 meses). Com as adaptações referentes à técnica, pretendeu-se atender melhor a realidade da serra e aproveitar com mais eficiência o monitoramento.

h) O estaqueamento teve a finalidade de mensurar a evolução das voçorocas em um intervalo de tempo, assim como, comparar a evolução das voçorocas no período seco e no chuvoso. O método de Guerra foi escolhido, pois se trata do mais acessível, visto que, o programa não dispõe de equipamentos que permitam utilizar outra técnica;

i) As feições erosivas ativas foram mapeadas, considerando: o relevo, a vegetação, dados pluviométricos, erosividade, escoamento difuso e concentrado, áreas de abatimento e dutos biogênicos.

Figura 7: Modelo de estaqueamento, conforme Guerra (2005).



Fonte: Guerra (2005).

### 3.4.1 Coleta de solos

Para análises químicas e físicas foram coletadas 21 (vinte e uma) amostras de solo segundo as etapas abaixo:

- a) Identificação do local de coleta no talude da voçoroca;
- b) Limpeza do perfil utilizando (enxada), a fim de destacar as características (cor, textura e plasticidade) que permitem distinguir os horizontes;
- c) A coleta de cada horizonte foi realizada da base para o topo, a fim de evitar contaminação;
- d) As amostras foram reservados em sacos plásticos para posterior análise.
- e) Foram enviadas 18 (dezoito) amostras para análises físicas, (porosidade e densidade) e químicas (pH e matéria orgânica) para o Laboratório de Engenharia florestal, departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa-MG
- f) Para realização da mineralogia foram selecionados 30 gramas das 21 (vinte e uma) amostras coletadas.

### 3.4.2 Análises laboratoriais

As análises realizadas em laboratório foram a de textura e granulometria, segundo a técnica do manual de solos da EMBRAPA (1997), seguindo as seguintes etapas:

- a) Foi pesada 100 gramas de cada amostra das (21) vinte e uma coletadas, os solos que já estavam reservadas e identificadas em sacos plásticos segundo cada horizonte, coletados em cinco (5) voçorocas;
- b) As amostras foram desagregadas em gral de porcelana em seguida colocados em um béquer de 1000 ml e adicionado 400 ml de água;
- c) Cada amostra foi levada ao aparelho de lavagem ultrassônica de marca ultra cleaner-UNIQUE por 10 minutos para o processo de lavagem, sendo repetido até que a água se tornasse limpa;
- d) A areia foi depositada em recipiente de vidro e reservada para secagem;
- e) O silte e a argila foram depositados em tubos de ensaio e submetidos ao processo de centrifugação no aparelho de marca: CENTRIBIO de referência SO-

2B por 2 minutos, esse procedimento fez com que o silte fosse depositado no fundo do tubo e a argila ficasse em suspensão misturada à água. A argila foi descartada e o silte foi depositado em potes e reservado para secagem.

f) A secagem da areia e do silte foi realizada na estufa de marca QUIMIS durante 5 (cinco) dias (em intervalos alternados) a 105 graus.

g) Esse procedimento foi realizado em dezessete (17) amostras, coletadas nos perfis de 5 (cinco) voçorocas.

h) Após a secagem o silte foi pesado e guardado em sacos plásticos.

i) A areia depois de seca foi pesada e levada para agitador de peneiras com aro de 20 cm de diâmetro, 5 cm de altura e aberturas de: 4mm, 2mm, 1mm, 500 $\mu$ m, 250 $\mu$ m, 125 $\mu$ m, e 63 $\mu$ m da marca Bertel, para separação da areia fina média e grossa.

j) Em seguida a areia de cada peneira foi pesada e depositada em sacos plásticos;

k) A areia extraída da peneira 500 mm foi separada para observação da morfologia dos grãos, conforme a esfericidade e arredondamento seguiu o modelo de Suguio (1980), foi realizada no laboratório de sedimentologia do prédio Hydros-IGEO-UFRR que adotou as seguintes etapas:

a) Separação de 100 grãos de quartzo de 500  $\mu$ m, na ausência deste, foi utilizado grãos de 250 ou 125 $\mu$ m.

b) Depois de separados os grãos foram levados a lupa binocular OPTON (zoom de 2XWD 45 mm e lente WF 10X/22) para identificar a morfologia.

### **3.4.3 Identificação mineralógica**

A identificação mineralógica das amostras de solos foram realizadas por difração de raios-X, no laboratório do curso de física da Universidade Federal de Roraima, conforme as etapas descritas abaixo:

a) Separação de 30 gramas de solos de cada horizonte;

b) A amostra foi pulverizada no gral de ágata, até que estivesse bem desagregada e fina;

c) O solo foi inserido na lâmina e comprimido até que estivesse aderência suficiente para não cair quando girado para baixo;

- d) A amostra foi levada ao equipamento de XRD 6000 da marca XIMADZU, para medição;
- e) A análise foi realizada pelo software XPERT, que identifica os minerais presentes no solo. Foram considerados relevantes os 3 (três) picos mais alto.
- f) A leitura dos picos foi identificada no banco de dados do XPERT, e depois foi levada para o software ORIGIN 6.0 para gerar os gráficos.

#### **3.4.4 Processamento e fotointerpretação de imagens e de sensores remoto**

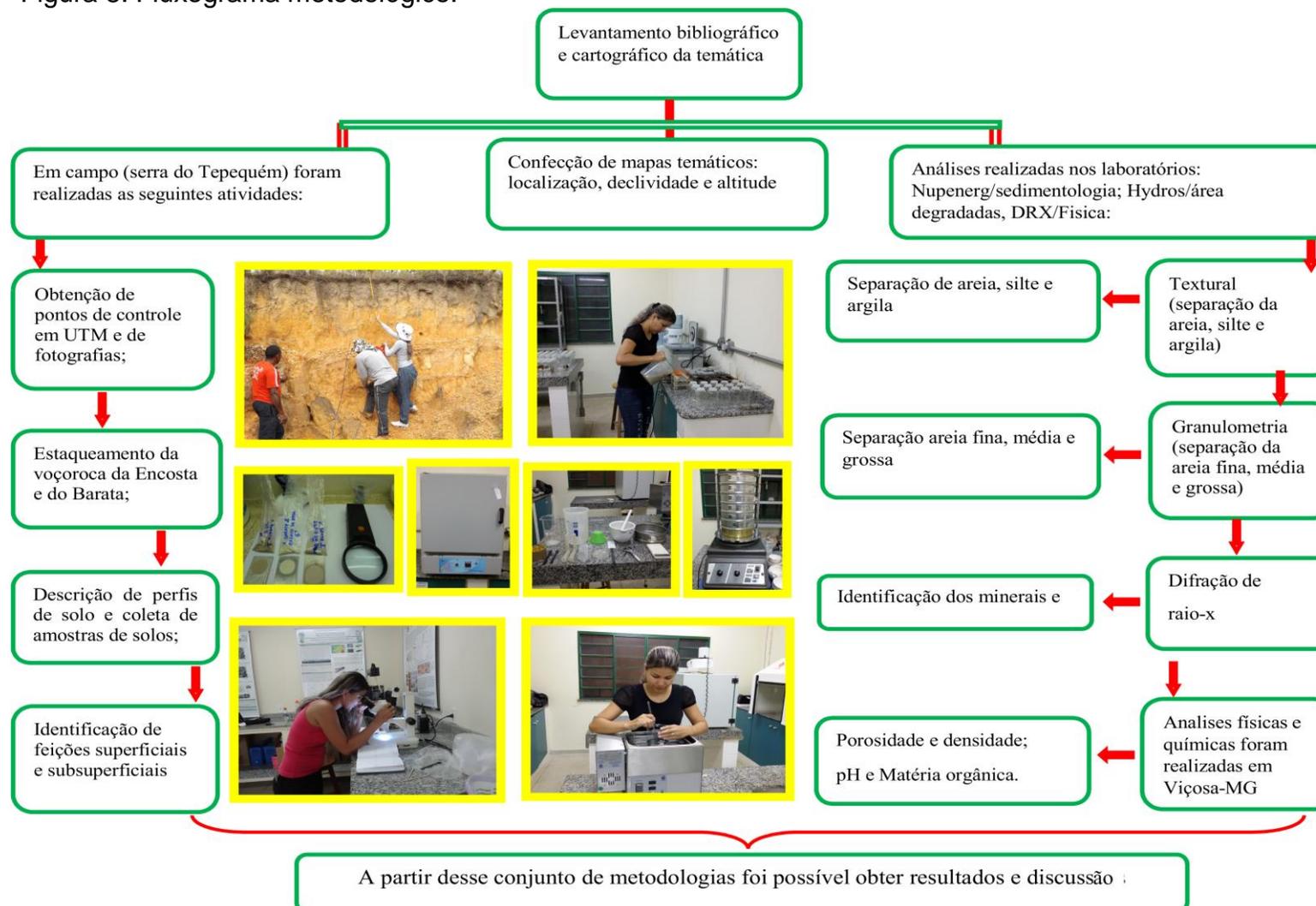
Essa etapa iniciou pela obtenção da imagem de satélite LANDSAT 8, LANDSAT 8, sensor OLI, extraída do banco de dados do site Earth Explorer e imagem de SRTM que foi obtida no site da Embrapa. Ambas serviram de suporte para confecção dos mapas temático contidos nesta pesquisa.

O tratamento das imagens foi realizado no laboratório de informática do programa de Pós-graduação em Geografia da UFRR e seguiu as seguintes etapas:

- a) Correção atmosférica pelo método de subtração de pixels;
- b) Fusão da imagem das bandas 4,5 e 7 com a banda 8, a fim de melhorar a qualidade da imagem e obter resolução de 15m;
- c) A Confecção do mapa de declividade foi determinada a partir da imagem de SRTM da base Topo data com resolução de 30m, contendo 10 classes;
- d) A partir da imagem de SRTM foram confeccionados mapas temáticos, com intuito de extrair informações dos aspectos fisiográficos que compõem a serra, como exemplo, pode-se destacar o mapa de solos, declividade e de relevo.

O processamento das imagens de satélite e de Radar, foram executados no programa ARCGIS 10.1, utilizando-se de recursos como ArcMap e ArcScene (Figura 8).

Figura 8: Fluxograma metodológico.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2015

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 MODELADO ATUAL DA PAISAGEM DA SERRA DO TEPEQUÉM

A erosão do solo na serra do Tepequém está diretamente relacionada às formas de relevo, clima, solos e tipo de cobertura vegetal.

A serra do Tepequém atualmente têm suas chuvas concentradas entre os meses de abril a setembro, nos meses seguintes normalmente ocorre redução do índice pluviométrico.

No ano de 2006, foi registrado um total de 2.523,5mm de chuva, concentrando os maiores índices nos meses de: janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, representando 85% do total. Esse ano demonstrou um comportamento peculiar, com índice pluviométrico mais alto em janeiro, visto que, se trata do período seco, e o índice no mesmo mês, nos anos subsequentes foi relativamente baixo (Figura 9A).

Esse comportamento torna esse período mais chuvoso mais propenso à erosão.

O índice pluviométrico anual em 2007 foi de 2.075,1mm; os meses que apresentaram maior índice pluviométrico foram: abril, maio, junho julho, agosto e setembro num total de 77% das chuvas (Figura 9A).

O índice pluviométrico total em 2008 foi de 1.293 mm, com os maiores índices para os meses de: fevereiro, maio, junho, julho, agosto, outubro e dezembro, representando 74% do total (Figura 9B).

O ano de 2009 apresentou índice pluviométrico total baixo, num total de 631 mm, e os meses com maior índice pluviométrico foram: fevereiro, março, maio e junho e representaram 60% do total de chuvas no ano (Figura 9B).

Em 2010, o total de chuvas anual foi de 769,3 mm e os meses com maiores índices foram: maio, junho, julho, agosto e outubro, representando 80% do total (Figura 9C).

O total anual do índice pluviométrico no ano de 2011 foi de 793 mm, concentrando as chuvas nos meses de: fevereiro, abril, maio, junho, julho e outubro, correspondendo a 77% do total (Figura 9C).

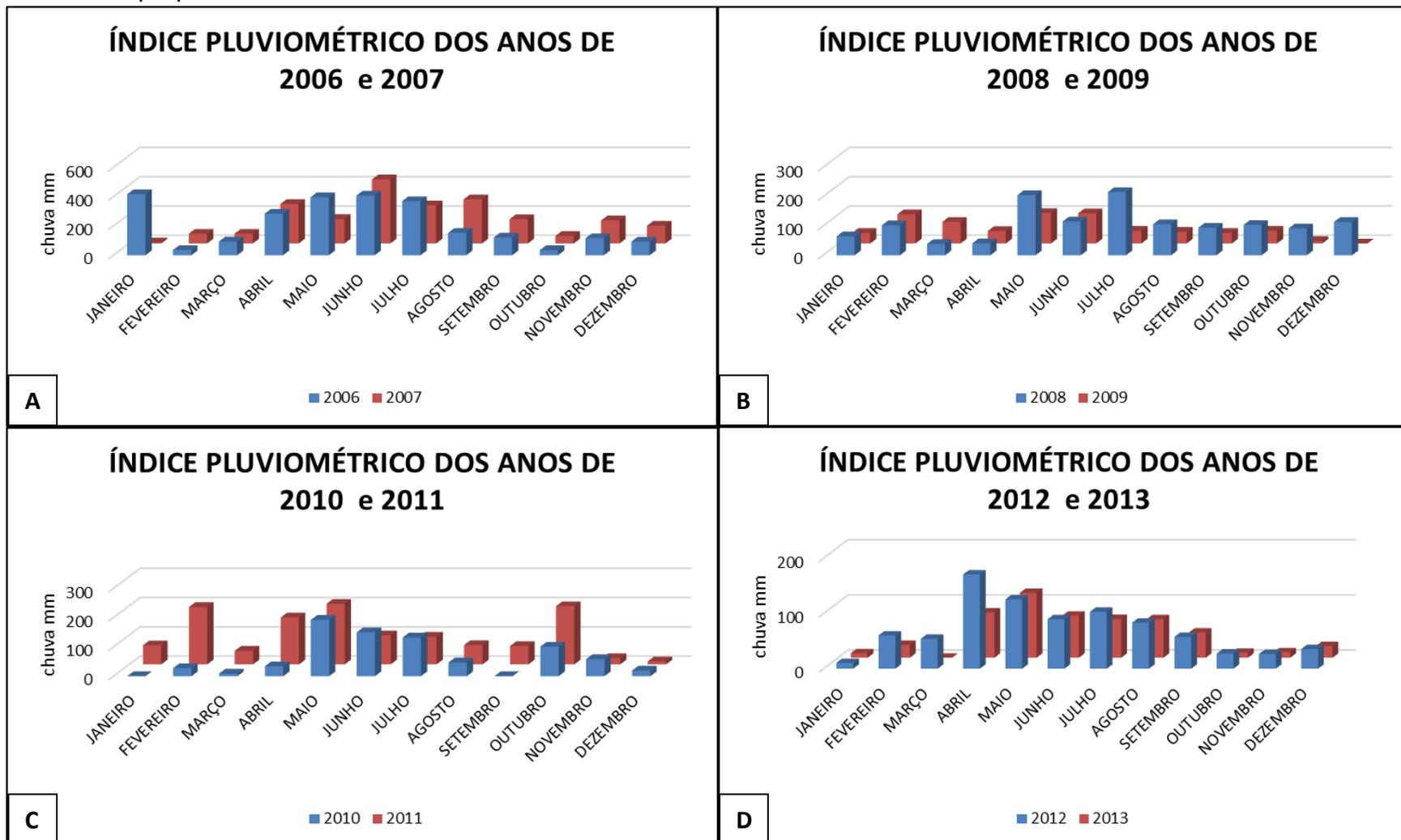
No ano de 2012, o total de chuvas anual foi de 844 mm, os meses que apresentaram maiores concentrações de chuvas foram: abril a setembro, totalizando 74% (Figura 9D).

No ano de 2013, as chuvas se concentraram nos meses de abril a setembro, representando 86% do total (741,5). Nesse ano, houve uma diminuição na quantidade de chuvas precipitadas (Figura 9D).

Essa precipitação encontra uma morfologia de relevo de encostas íngremes que favorecem o escoamento, assim como permitem em função do comprimento de rampa, aumento de velocidade das águas (Figura 10), com declividade superior  $0,1^\circ$  nas áreas mais planas, permitindo o escoamento superficial e a concentração das águas nas planícies, tornando o trabalho erosivo mais atuante.

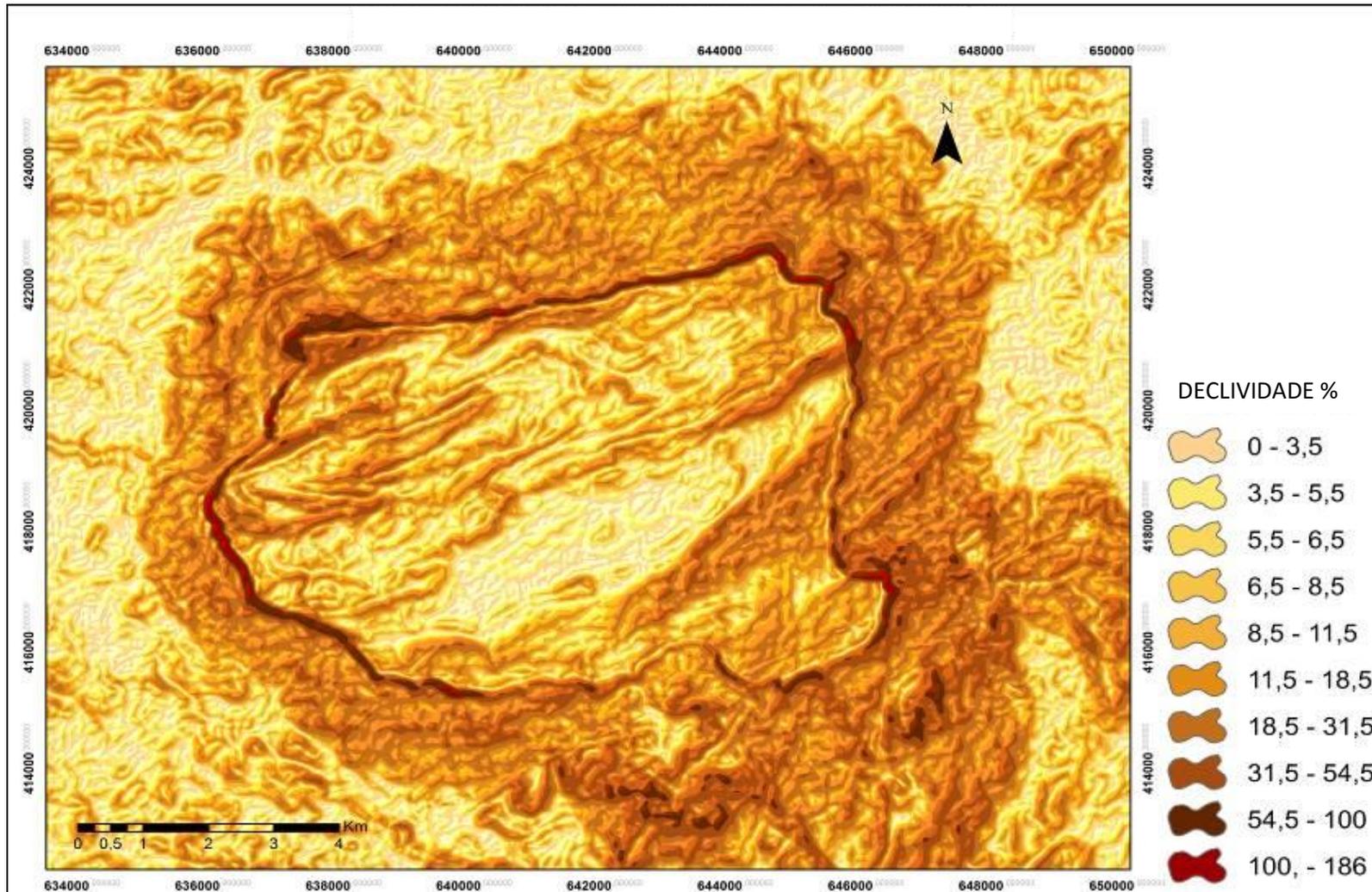
A susceptibilidade para erosão dos solos torna-se facilitada pela rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia, visto que a morfologia contribui para que haja escoamento superficial em detrimento da infiltração.

Figura 9: Regime pluviométrico mensal dos anos de 2006 a 2013, registrado na Estação Experimental 08361005, localizada na serra do Tepequém.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2015.

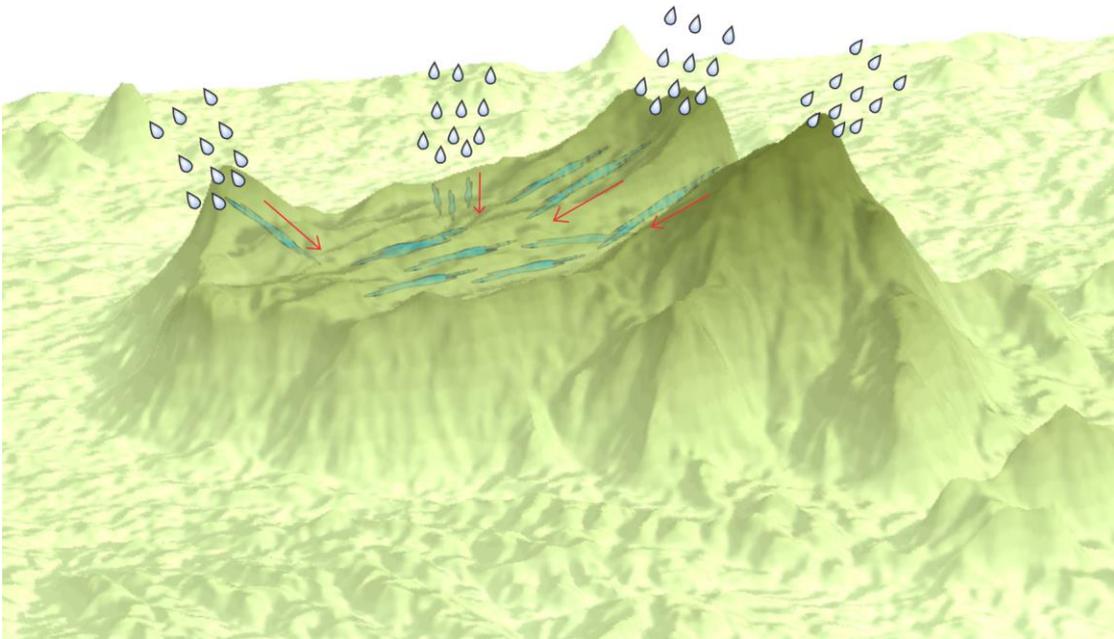
Figura 10: Mapa de declividade do topo da serra do Tepequém



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Através da observação do relevo da serra foi possível perceber o resultado do trabalho realizado pelos agentes erosivos, como planícies esculpidas, recortadas pelas voçorocas, dando início ao escoamento das águas subsuperficiais e a formação de possíveis canais fluviais (Figura 11). Sendo assim, o relevo desempenha um papel importante, contribuindo para evolução da paisagem.

Figura 11: Serra do Tepequém como resultante dos processos exógenos com destaque para as chuvas.

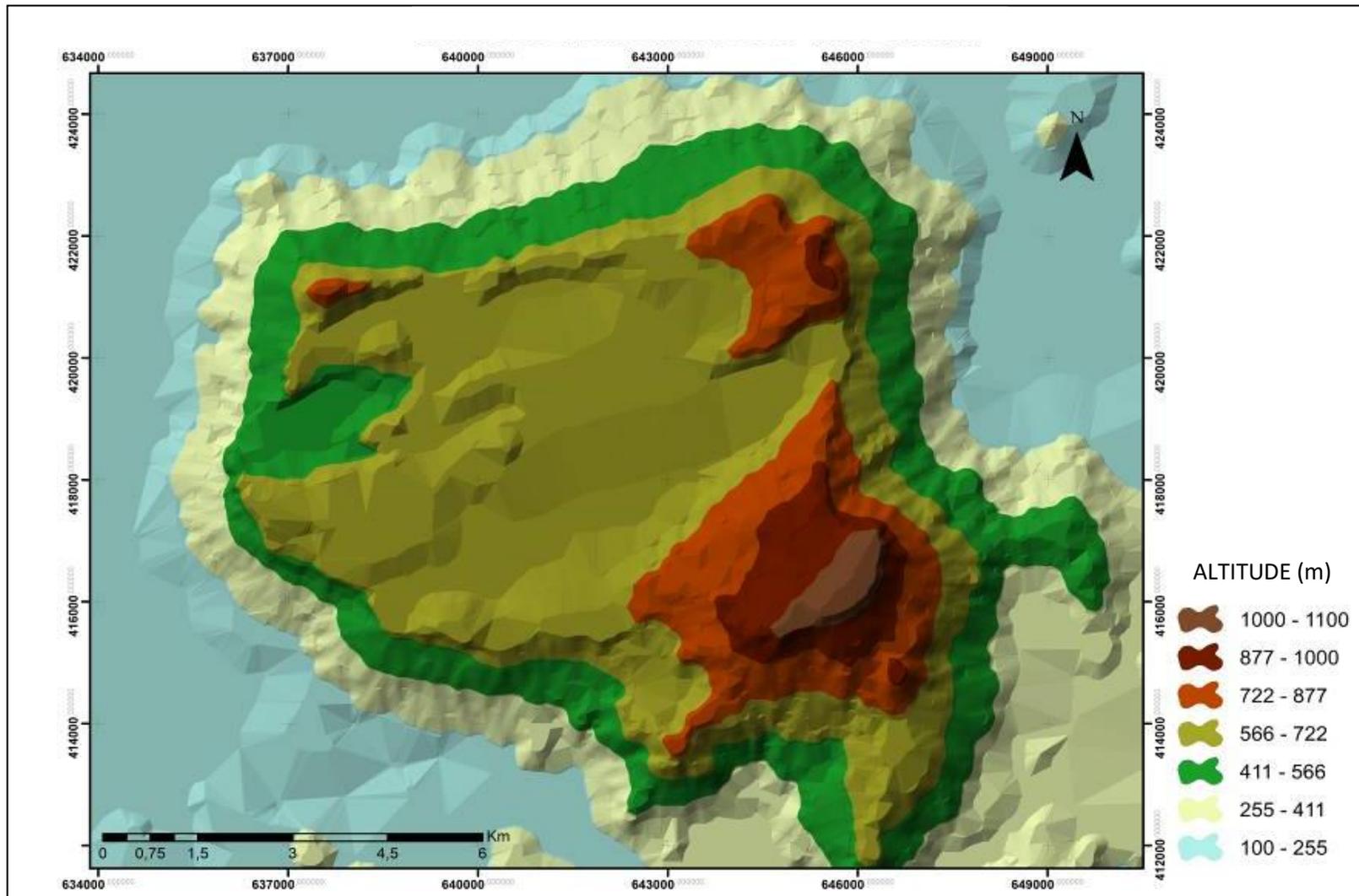


Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A dinâmica da precipitação e do relevo permite a concentração de sedimentos nas planícies, uma vez que, os morros, colinas e serras (Figura 12) influenciam na convergência do fluxo das águas para as áreas planas, permitindo a corrida superficial das chuvas nas encostas, carregando materiais, promovendo o desgaste laminar e promovendo o aumento das incisões lineares nas planícies intermontanas

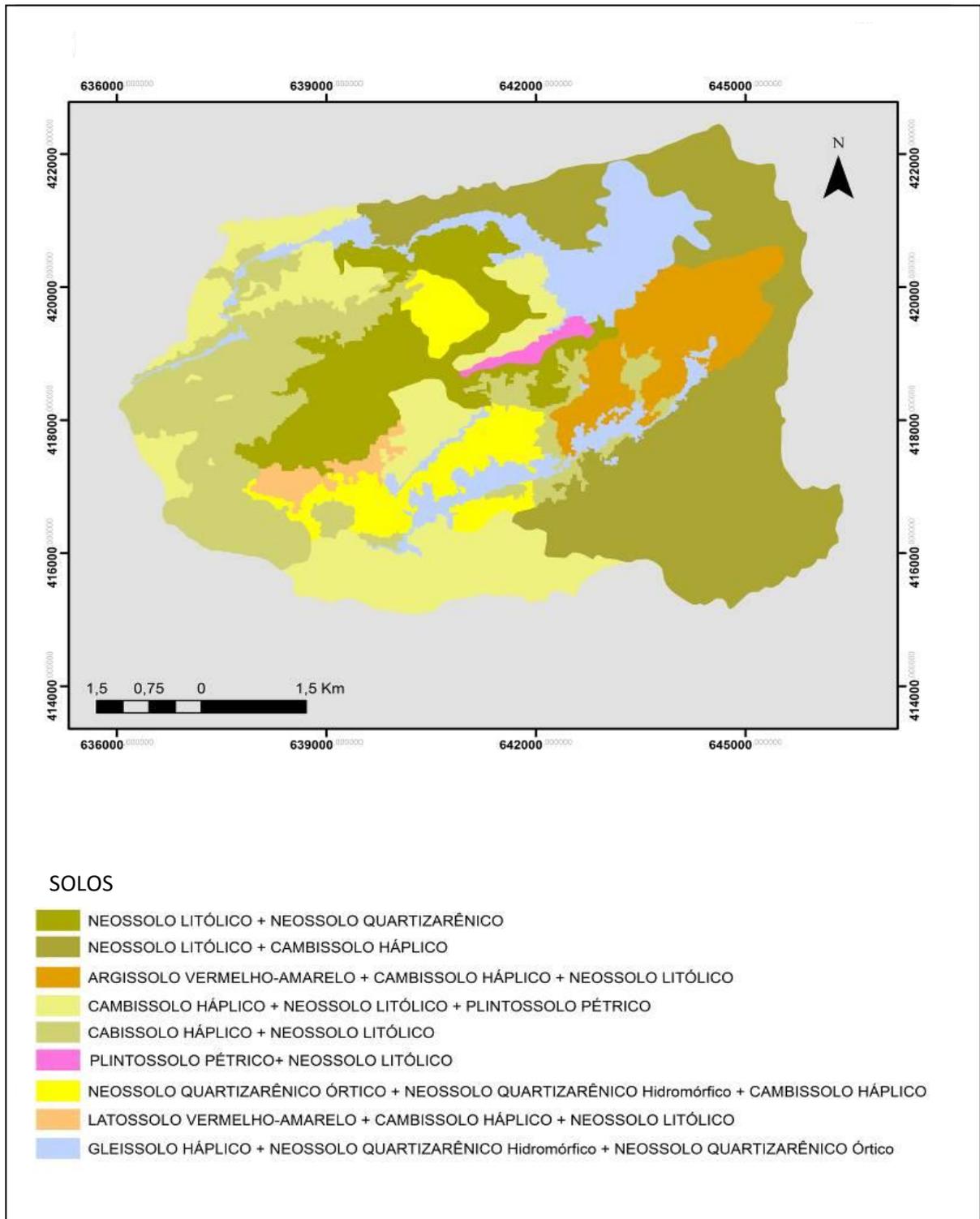
Essas planícies são recobertas parcialmente por uma vegetação do tipo savana, o que favorece o processo erosivo, sendo possível observar que as ravinas e voçorocas se concentram justamente nessas áreas de planícies, outro fator que permite o avanço do processo erosivo é o tipo de solos que são muito arenosos, incoesos, com baixo teor de matéria orgânica, em decorrência do substrato que é formado por arenitos, siltitos e argilitos, permite a evolução de solos predominantemente arenosos e secundariamente silticos-argilosos (Figura 13).

Figura 12: Mapa altimétrico, destacando as diferenças de altitude na serra do Tepequém-RR.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Figura 13: Mapa dos tipos de solos identificados no topo da serra do Tepequém



Fonte: Almeida, E. B. 2014.

O condicionamento ao arranjo estrutural e o estreito espessamento do solo permitem que o fluxo das águas subsuperficiais entre em contato com águas superficiais favorecendo a erosão, em duas frentes erosivas, uma em subsuperfície e outra em superfície.

A constituição do solo depende e, é influenciada pelo tipo do material geológico, visto que, os solos têm diferentes graus de intemperismo, variando a resistência aos processos.

Esta afirmação pode ser constatada na tese de Beserra Neta (2008) que destaca maior desenvolvimento de feições erosivas nos terrenos areno-siltosos intemperizados, que derivam de arenitos arcoseanos, arenitos de granulação grosseira e arenitos finos que são intercalados por pelitos pertencentes a formação Tepequém.

Assim, como no Tepequém, Augustin e Aranha (2013) no seu estudo: “A ocorrência de voçorocas em Gouveia/MG: características e processos associados” destacam a interação do relevo e da precipitação no surgimento das voçorocas relatando que as ocorrências de voçorocas podem estar associadas a fatores antrópicos, assim como, a páleo-relevos, que propiciam as condições básicas para que ocorra um desequilíbrio entre a quantidade e a velocidade da água de chuva, e a quantidade de material efetivamente mobilizado dentro do canal.

#### **4.1.1 Feições erosivas identificadas nas voçorocas estudadas.**

Foram identificadas feições erosivas superficiais e subsuperficiais, nas áreas de parede, fundo do vale, bem como no entorno das voçorocas, as quais serão descritas a seguir:

Voçoroca do Barata: No interior do vale da voçoroca no geral é comum observar as feições do tipo: estrutura de abatimento, dutos, fendas, escamamentos, demoiselles, filetes verticais e marmitas (Figura 14).

a) Feições do tipo estruturas de abatimento foram encontradas na borda direita na voçoroca, possivelmente foi desenvolvida pela concentração das linhas de fluxo subterrâneo e superficial, uma vez que, o lençol freático carrega as partículas finas

em subsuperfície, ocorrendo o solapamento da base, formando áreas de abatimento com morfologia arredondada (pseudo dolinas). Essas feições apresentaram as seguintes dimensões: largura variando de 0,12m a 1,90m e comprimento de 0,14 m a 1,80m. Essas feições são responsáveis pela evolução do talude direito (porção mediana) e tendem a unirem-se as voçorocas.

b) Os dutos estão situados a partir de 30 cm da superfície do solo, possuem aproximadamente 7 a 33 cm de largura e comprimento de 7 a 36 cm, possivelmente sua gênese está associada à biogênese, participação de formigueiros, cupins etc. Estão localizados no horizonte superficial, na parede direita e ao longo da extensão da voçoroca.

c) As Fendas identificadas possuem aberturas de 1 a 18 cm, localizam-se na cabeceira da voçoroca e na área de entorno da parede direita da voçoroca, elas são responsáveis pela fragilização da cabeceira e da parede da voçoroca, uma vez que permitem a entrada da água, promovendo o desmoronamento do solo e a evolução da cabeceira e dos locais aonde se instalou. As fendas marcam a forte evolução da erosão, vista pela quantidade de resíduos depositados logo abaixo da borda da voçoroca.

d) Escamamentos estão presentes a montante e jusante na parede direita da voçoroca. Eles indicam que a erosão laminar vertical está atuante, e que o material abaixo dos sedimentos finos é mais resistente. Essas feições foram identificadas tanto no horizonte A, como nas camadas de arenito e siltito.

e) As feições *demoiselles* estão presentes na parede direita da cabeceira e segue por toda a extensão da voçoroca, tem formato alongado afinando levemente à medida que segue para o topo e são recobertas por seixos de quartzos, apresentaram variação de tamanho (a partir da cabeceira de 3 a 7 cm) ao longo da voçoroca. Essas feições evidenciam a atuação da ação erosiva da chuva, assim como, o desgaste e evolução horizontal da voçoroca, uma vez que seu topo representa o nível anterior (antes da precipitação) do solo.

f) Filetes verticais são encontrados na extensão da voçoroca na parede direita. Possivelmente seu surgimento e evolução estão associados ao escoamento superficial que levam as águas para o interior da voçoroca.

g) Marmitas ocorrem ao longo da porção mediana a jusante no fundo do canal, de tamanhos variados (19 cm a 99 cm), formato arredondado, provavelmente resultam da ação turbilhonar da água e promovem desníveis, contribuem no aprofundamento do canal, pois o canal era mais profundo aonde essas feições tinham dimensões maiores.

Figura 14: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca do Barata



A voçoroca da Encosta exibiu as seguintes feições: escamamentos, dutos e filetes verticais (Figura 15).

- a) Escamamentos foram identificados nas paredes em diversos pontos da erosão, indicando fluxos laminares.
- b) Dutos foram identificados no colúvio que corresponde ao horizonte A (a partir de 20 cm), de pequenas dimensões (6 a 21 cm de largura e 6 a 46 cm de comprimento), podem estar associado à ação biogênica. Essas feições contribuem para a desestabilização das paredes das voçorocas, pois aumentam com o passar do tempo.
- c) Filetes verticais indicam que há convergência de água subsuperficial para o interior da voçoroca.

Nota-se que o processo erosivo está atuando brandamente, pois o número de feições identificados foi reduzido. A perda de solo em função da resistência aos processos erosivos possivelmente foi menor, possibilitando desenvolvimento da vegetação nos paredes e talvegue da voçoroca.

As feições encontradas no interior e no entorno das erosões, dinamizam o ambiente, promovendo a evolução da erosão e, por conseguinte da paisagem.

Figura 15: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca da Encosta



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Feições encontradas no interior do vale, paredes e entorno da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva: dutos, demoiselles e escamamentos.

- a) Dutos de dimensões variadas (7 a 45 cm de largura e 7 a 56 cm de comprimento) com e sem preenchimento de solo/sedimento estão presentes na parede esquerda e na porção montante. Essas feições sugerem a atuação biogênica de formigas, cupins e raízes de plantas, essas cavidades permitem a passagem da água e remoção de materiais finos, e com tempo irão aumentar a cavidade fragilizando o talude e bordas da voçoroca.
- b) Demoiselles estão presentes pontualmente na voçoroca aonde não há presença de cobertura vegetal do tipo samambaias pteridófitas. Essas feições possuem dimensões que variam de 5 a 6 cm de altura; evidenciam a perda do solo horizontalmente, evidenciando o desgaste erosivo realizado pela chuva.
- c) Na parede esquerda da voçoroca estão presentes feições do tipo escamamentos, que são responsáveis por indicar que sedimentos finos foram transportados e depositados na parede da voçoroca.

Atualmente, essa voçoroca tem apresentado número reduzido de feições, e as que foram identificadas são pontuais e ocupam uma porção reduzida na parede direita. Possivelmente a presença da vegetação (Figura 16) (que está crescendo e ocupando mais espaço) tem ajudado na estagnação da voçoroca, assim como, tem auxiliado no processo de contenção da erosão.

No entanto, as feições na voçoroca (Figura 17) não foram identificadas com tanta frequência em função da presença da vegetação que está se recuperando e espalhando-se pelas paredes e talvegue da voçoroca. Esse fator tem ajudado na estagnação da voçoroca, e vem ajudando no processo de contenção a montante da erosão.

Figura 16: Cobertura vegetal presente no talvegue e paredes na voçoroca.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

O efeito dos mecanismos (dutos, demoiselles e escamamentos) tem contribuído moderadamente para a evolução da erosão na voçoroca e entorno.

Figura 17: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca do caminho da cachoeira do Paiva



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento

A voçoroca da Vila exibiu as seguintes feições: estrutura de abatimento, demoiselles, escamamentos, dutos, alcova de regressão e filetes subverticais (Figura 18).

a) Estruturas de abatimento espalham-se pela planície no entorno da erosão. Das voçorocas estudadas esta apresentou o maior número dessas feições, provavelmente porque o terreno é muito arenoso (horizonte A, 97% e no horizonte B, 92%) e o lençol freático raso (2,84 m). Essas feições contribuem para a evolução mais rápida das bordas e da cabeceira da voçoroca.

b) Escamamentos estão presentes nas paredes e no talvegue da voçoroca, demonstrando a atuação da erosão laminar no entorno e interior da voçoroca que apresenta vegetação muito rala e esparsa.

c) Dutos vazios e preenchidos foram identificados nas paredes da voçoroca, apresentam dimensões variadas (0,6 a 0,41m de largura e 0,7 a 0,52 m de comprimento) localizam-se no horizonte A, com distância média de 50 cm da superfície, possivelmente são provenientes da ação biogênica, visto que, na área foi observado casa de cupins e formigueiros.

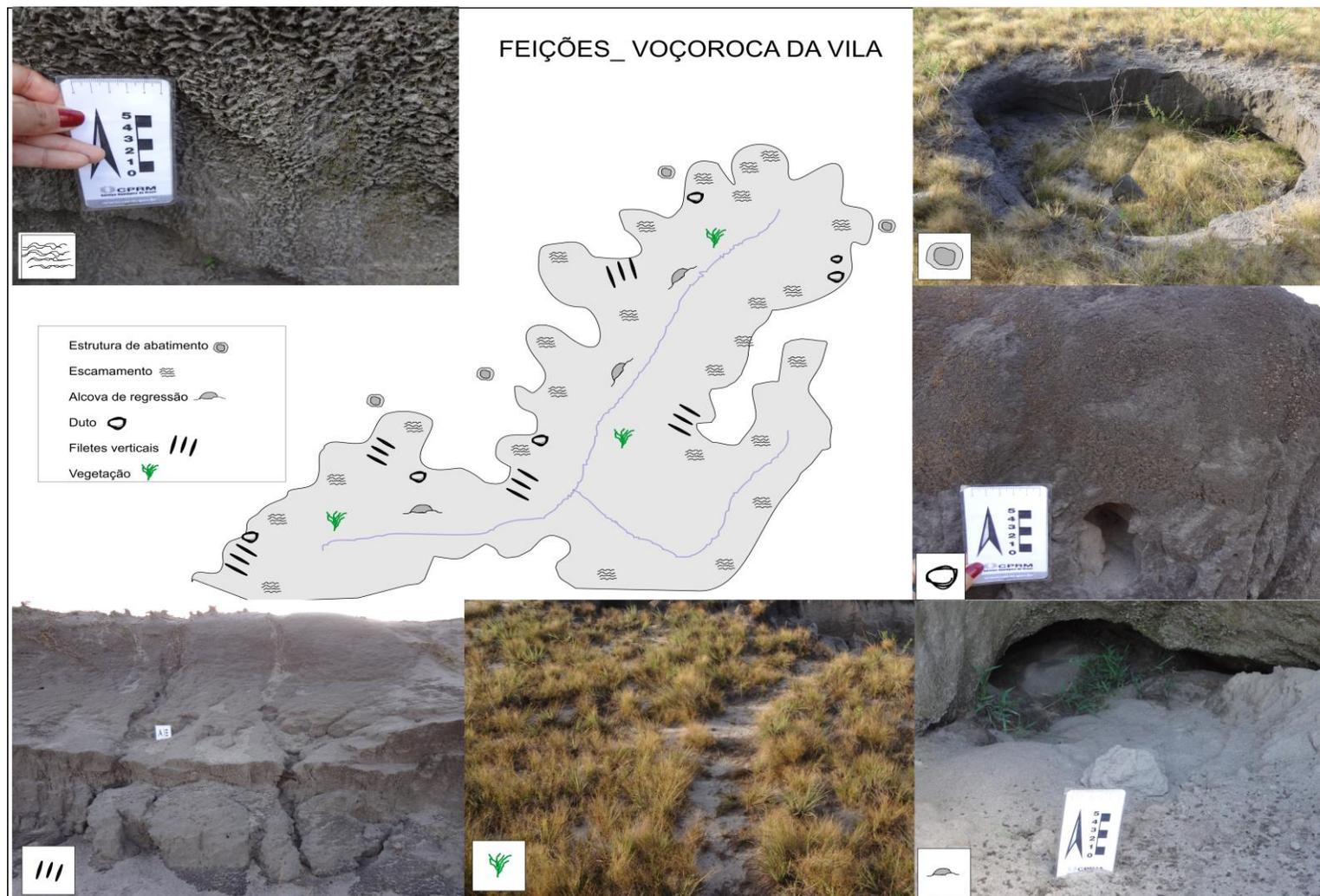
d) Alcovas de regressão foram identificadas próximas ao talvegue, no horizonte B, o solo é arenoso e incoeso o que facilita a infiltração da água. A localização indica que foram geradas pela ação do lençol freático, visto que ainda se encontra umidade suficiente para esse entendimento.

e) Filetes verticais apresentam-se frequentemente nas paredes da erosão, demonstrando claramente que se tornaram rota preferenciais de águas superficiais, que devido ao solo arenoso e friável, permitiu a remoção e carregamento do sedimento.

A voçoroca da vila não tem uma frente erosiva atuante, seu crescimento ocorre em toda a extensão, com presença expressiva de feições, evidenciando que voçoroca encontra-se ativa, e que vem passando por constantes transformações, resultando em uma evolução significativa da paisagem.

Esses processos auxiliam na identificação dos locais onde está ocorrendo maior evolução, uma vez que são testemunhos de atuações que se encontram no entorno paredes e talvegue da voçoroca.

Figura 18: Demonstração das feições erosivas identificadas na voçoroca da Vila



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

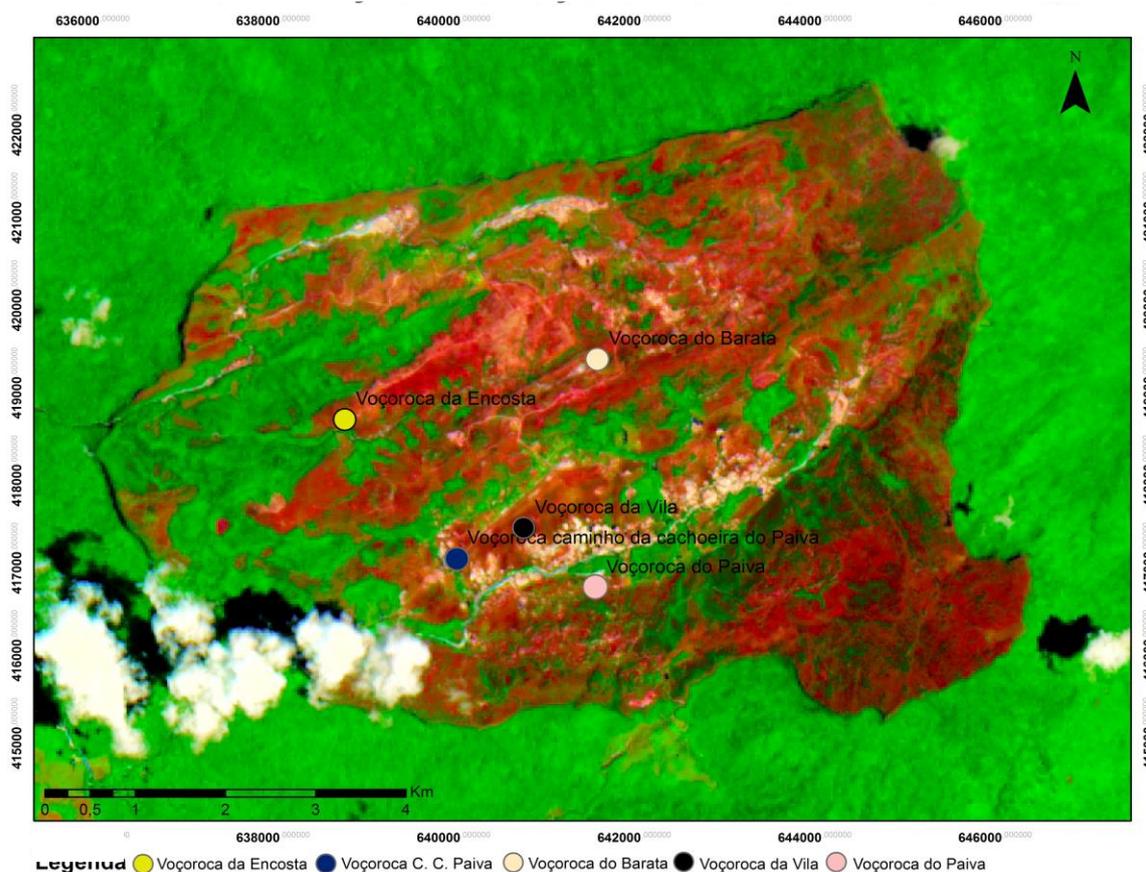
Oliveira, Beserra Neta e Tavares Júnior (2014) destacam que a presença das feições na voçoroca do Barata, fragilizam e aceleram o processo erosivo.

Fortalecendo a análise sobre as feições, Oliveira (2010) destaca que as feições (mecanismos) atuam na formação e na evolução de incisões erosivas lineares, esclarece ainda que, as feições são apagadas por eventos chuvosos e também vegetação.

#### 4.2 QUANTO À LOCALIZAÇÃO E DIMENSÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS LINEARES (VOÇOROCAS)

As feições erosivas lineares na serra do Tepequém foram se desenvolvendo ao longo do tempo, sendo possível perceber suas variações e localização (Figura 19).

Figura 19: Mapa de espacialização das erosões lineares na serra do Tepequém-RR.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

Integram o presente estudo as feições erosivas assim denominadas: voçoroca do Barata, Paiva, caminho cachoeira do Paiva e Vila, as quais serão apresentadas a seguir:

a) Voçoroca do Barata - Está localizada na área de planície nas coordenadas UTM (Zona 20N) de 641638 e de 419312 e altitude 668 metros, encravada entre morros alinhados de direção NE-SW, instalada numa zona de contato litológico entre arenito e siltito. O solo é do tipo Cambissolo Háplico + Neossolo Litólico plintossolo Pétrico e o terreno na área de entorno da voçoroca estudada apresenta uma declividade de  $2,9^{\circ}$  (Figura 20).

Figura 20: Voçoroca do Barata, que se localiza em área de planície na serra, bordejada por morros e colinas.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

O canal tem formato de V a montante, tendo atingido lençol freático e canal retilíneo. Na porção intermediária, em direção à jusante, no lado esquerdo, há uma descaracterização do canal, formando vales menores com feições pontiagudas, mostrando que a erosão foi bem atuante, restando apenas morros testemunhos (Figura 21).

Figura 21: Descaracterização do canal da voçoroca do Barata, formando vários morros testemunhos e vales.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

A voçoroca da Barata possui extensão 408 m, largura média de 14,50 m e profundidade média de 12,30 m.

A voçoroca do Barata se desenvolve numa sequência de camadas (solos/sedimentos e rochas), sendo a mais superficial representada pelo colúvio denominada como horizonte A, apresentou espessura de 0,69 m, coloração cinza alaranjada, com presença de raízes; a presença de uma linha de pedras de 1,0 cm, formada por seixos de quartzo de coloração meio amarelada e morfologia angular, subangular e subarredondada o que sugere que a área fonte está próxima, demonstrando que a área de planície recebeu (recebe) sedimento dos morros de entorno (Figura 22).

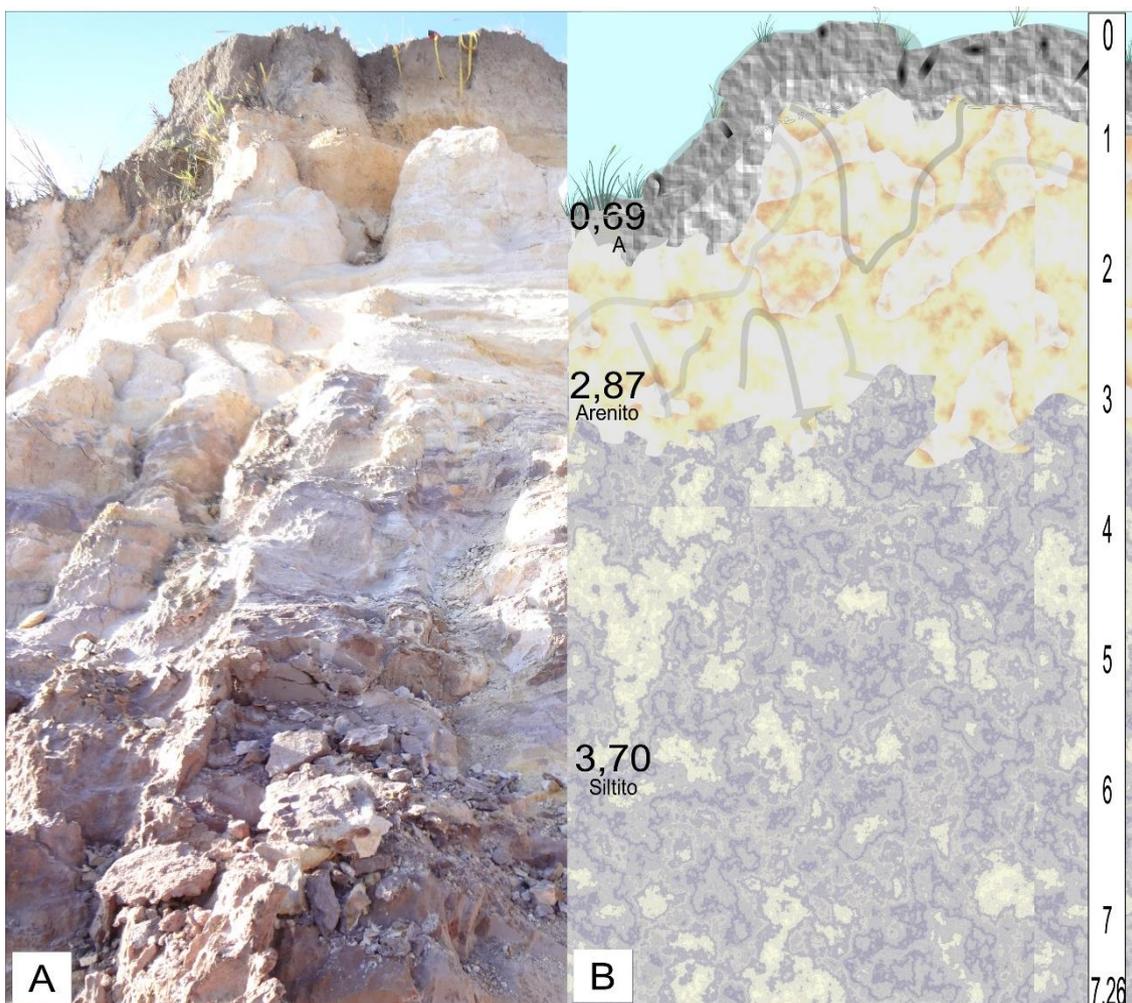
Figura 22: Linha de pedras presente na parede da voçoroca do Barata.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

No próximo horizonte inferior foi encontrada rocha alterada (HC), representada pelo arenito, com espessura de 2,87 m, cor amarelada. Na base encontra-se o siltito com espessura de 3,70 m, com tonalidade lilás (Figura 23).

Figura 23: Perfil da parede da voçoroca do Barata na figura A e na B, croqui da mesma.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

A parede esquerda da voçoroca apresenta em quase sua totalidade conformação rochosa e se encontra parcialmente recoberto por vegetação (samambaia pteridófitas) o que lhe confere processo erosivo moderado ou quase nulo. A parede direita tem formação arenosa (saprólito) e se encontra quase completamente desprovido da cobertura vegetal e demonstra intenso processo erosivo.

A área objeto de estudo vem sendo utilizada para criação de gado (pecuária extensiva), essa atividade expõe a área do entorno da parede direita, haja visto, que esse entorno passa a compor uma área com intenso pisoteio dos animais. Também foi observado que a atividade garimpeira ainda é desenvolvida, mesmo que de forma pontual e artesanal, o que contribui para acelerar a evolução da voçoroca, ou seja, a ação antrópica intensifica e colabora no processo de aceleração da voçoroca.

A vegetação composta de gramíneas, não recobre totalmente o solo facilitando a formação de crostas superficiais e favorecendo o escoamento superficial.

b) Voçoroca da Encosta – A voçoroca da Encosta localiza-se na encosta de um morro nas coordenadas UTM (Zona 20N) de 638793 e de 418583 e altitude 668 metros, esta é uma particularidade que influenciou na escolha da mesma como objeto desse estudo, visto que, no geral, as voçorocas encontram-se em área de planície. O solo na área é Neossolo Litólico Quartzarênico.

Essa erosão apresentou as seguintes dimensões: extensão 41 m, profundidade 4,20 m e largura de 2,68 m.

O canal da voçoroca é retilíneo e tem formato de V, o perfil dela é composto por horizonte A e o saprólito (horizonte C, ou seja, rocha alterada). O Horizonte A apresentou cor marrom escura e largura de 0,80 m. O saprólito tem coloração amarelada com mosqueamento de ferro e apresentou largura de 3,36 m (Figura 24).

Figura 24: Perfil da parede da voçoroca da Encosta na figura A, e na B, o croqui da mesma.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

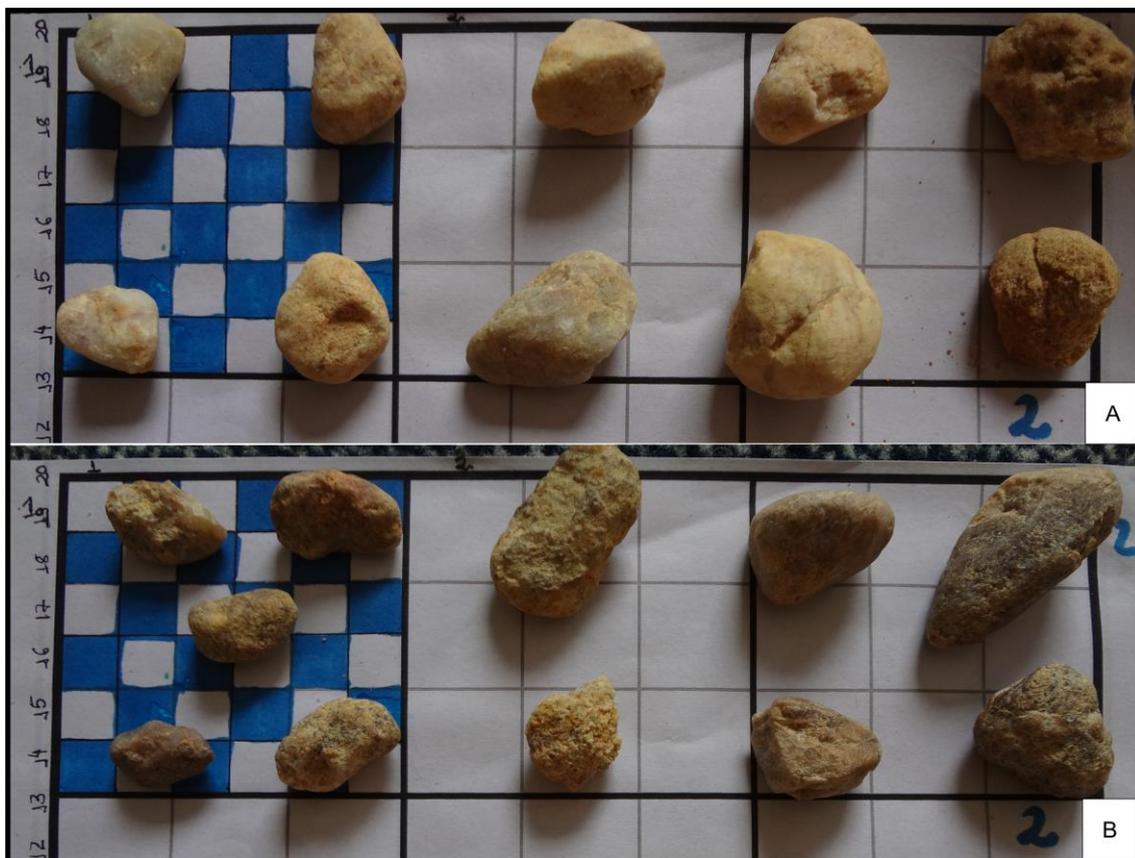
A voçoroca da encosta diferente das demais aqui estudadas apresentou dimensões relativamente pequenas em comparação com as outras erosões estudadas. As características do terreno como declividade alta (o superior a  $10^\circ$ ), relevo (a erosão se desenvolveu na rampa do morro) e solo (espessura delgada, ou seja, o desenvolvimento do solo é muito lento em função da infiltração ser menor do que o escoamento superficial) dificultam a erosão a montante.

c) Voçoroca do Paiva, localiza-se em área de planície nas coordenadas UTM (Zona 20N) de 641567 e de 416664 e altitude 613 metros. O solo na área é Neossolo Litólico Quartzarênico. Apresenta sucessão de camadas que se distinguem principalmente pela cor do solo: o horizonte O (horizonte orgânico) com vegetação do tipo gramínea rasteira. O horizonte superficial A, de cor

escura (acinzentada) por conter acúmulo de matéria orgânico, apresentou largura de 0,55 m. No horizonte seguinte encontra-se o arenito (rocha alterada), de coloração amarelada e largura de 0,54 m. Em seguida, verifica-se a primeira linha de pedras, compostas por veios de quartzo, com largura de 18 cm (Figura 25A).

Abaixo da linha de pedras tem-se outra camada de arenito com largura de 0,63 m e apresentando as mesmas características da camada superior. Em seguida, verifica-se uma segunda linha de pedras com largura de 8 cm (Figura 25B), composta por veios de quartzo.

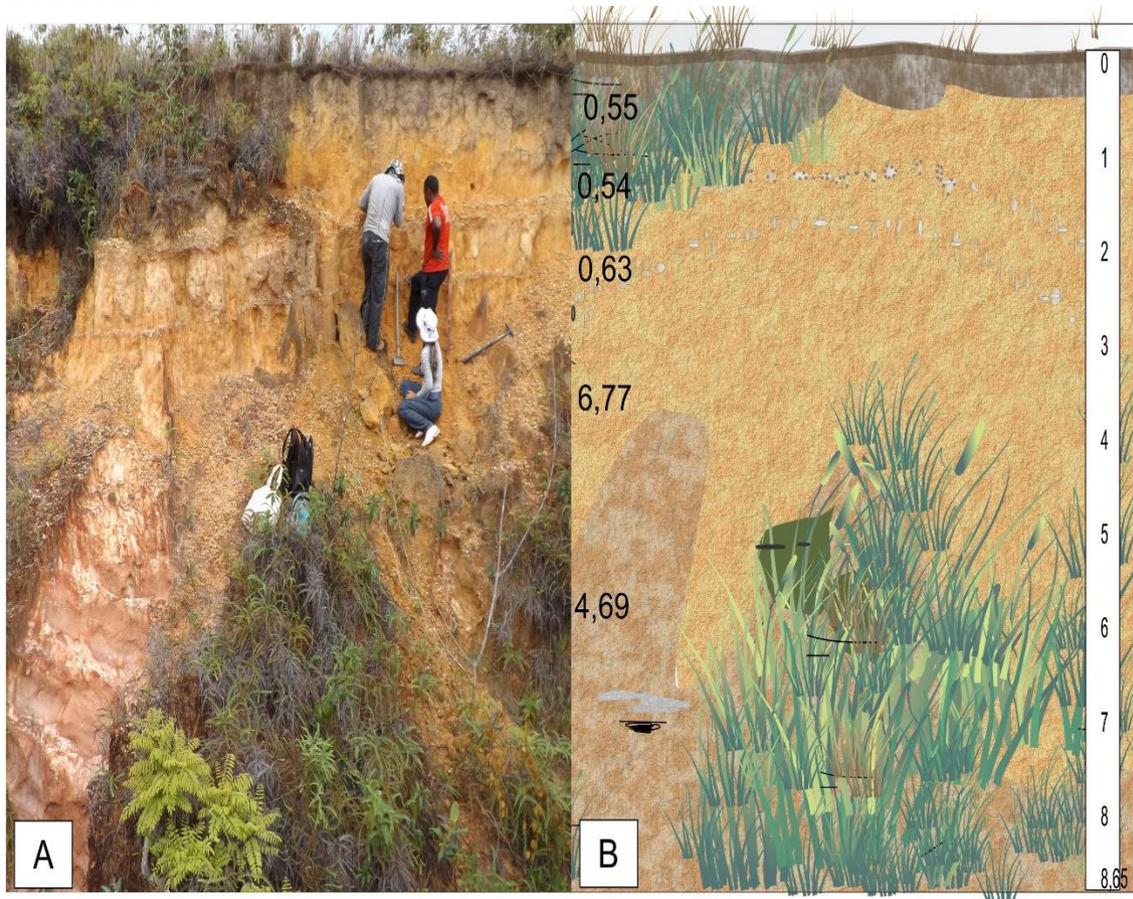
Figura 25: Ilustração das linhas de pedras identificadas na voçoroca do Paiva na figura A, 1ª LPs e na B, 2ª Lps.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Na camada da base tem-se a intercalação do arenito (amarelado) medindo 6,77 m com siltito (lilás) com largura de 4,69 m (Figura 26).

Figura 26: Perfil da parede da voçoroca do Paiva na figura A e na B, o croqui da mesma.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

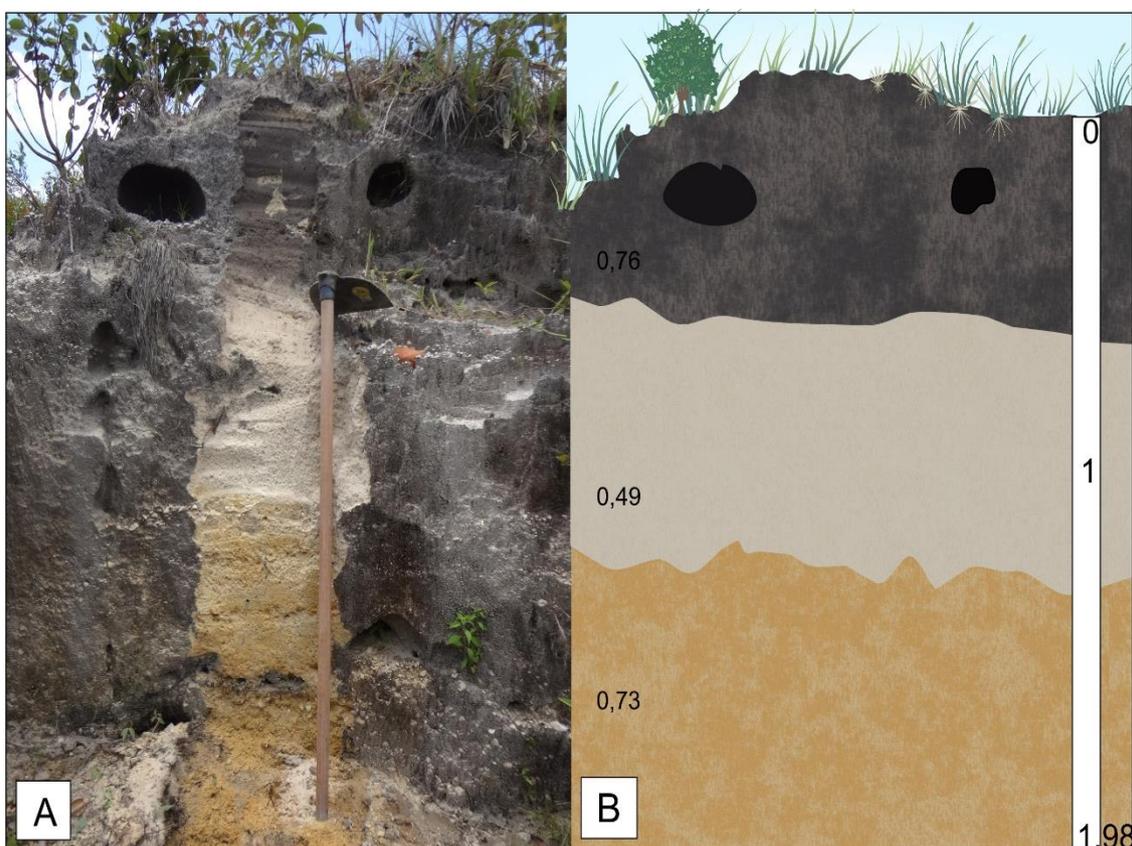
A vegetação no entorno é do tipo gramínea, com presença de arbusto de pequeno porte; samambaias recobrem algumas partes dos taludes da voçoroca, o que indica estabilização pontual da erosão. No canal da voçoroca existe a presença ininterrupta de água, evidenciando que a erosão já atingiu o lençol freático.

d) Voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva localiza-se na porção sudoeste da serra e está na planície em sopé de morros alinhados, nas coordenadas UTM (Zona 20N) de 640030 e de 416998 e altitude 616 metros. O solo na área é do tipo Gleissolo Háplico + Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Neossolo Quartzarênico Órtico. A declividade do terreno é de 2° e a vegetação da área de entorno é arbustiva, espaça o que deixa o solo

parcialmente exposto.

A extensão da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva é de 75,78 m, largura média 3,10 m e profundidade média de 1,98 m. No perfil tem-se horizonte tipo A com 0,76 m, apresenta cor escura devido ao acúmulo de matéria orgânica, horizonte E com 0,49 m, de cor esbranquiçada devido o processo de translocação de matérias para o horizonte seguinte, o horizonte B 0,73 m, com mosqueamento amarelo e vermelho o que sugere a presença de óxidos e dióxidos de ferro (Figura 27).

Figura 27: Perfil da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva na Figura A, e na B, o croqui da mesma.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

No talvegue da voçoroca pode ser observada água que escoar de montante para jusante, mostrando que a erosão já atingiu o lençol freático.

A área tem vestígio de suruca (rejeito do processo de garimpagem do diamante), o que demonstra garimpo manual, o que nos indica que a ação antrópica intervém e contribui no processo de degradação da área.

Na superfície de entorno, constatou-se a presença de crostas de selagem, causada pelo *splash*, que possivelmente são resultado de um solo desprovido de cobertura vegetal proveniente do espaçamento da vegetação.

Essa erosão diferente das demais citadas neste trabalho encontra-se em fase de recuperação, podendo-se notar um perfil em U bem definido, acúmulo de sedimentos no perfil transversal a e recomposição da vegetação nos taludes e fundo do canal (Figura 28).

Figura 28: Demonstração da vegetação nas paredes e fundo do canal.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

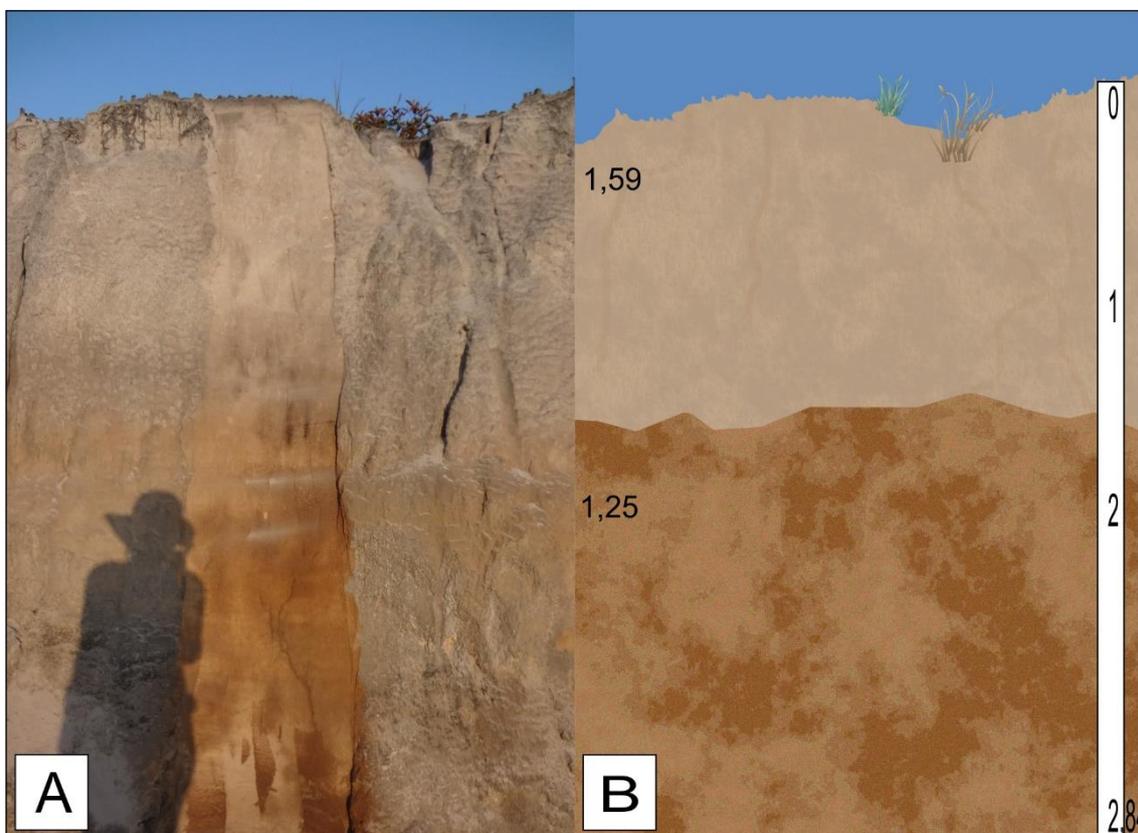
Beserra Neta (2008) em seu estudo demonstra que essa voçoroca possuía avanço remontante em sua cabeceira, pois a mesma apresentava fendas e acúmulo de material, situação que não foi observada nessa incisão visto que, a montante não é possível observar fendas nem acúmulo de material, pois vegetação recobre o solo, levando ao entendimento de que a mesma vem se estabilizando, ou seja, o avanço da feição erosiva esta diminuindo.

e) Voçoroca da Vila localiza-se a sul-sudoeste da serra, na planície intermontana, nas coordenadas UTM (Zona 20N) de 640778 e de 417345 e altitude 609 metros. O solo é Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Cambissolo Háplico.

A declividade do terreno é de 0,10° e a voçoroca é de gramínea esparsa, possui várias bifurcações, o talvegue tem formato de U, e a medida que se aproxima da jusante vai se alargando e formando grandes ramificações, se espalhando por toda a planície até se conectar com rede de drenagem. Esta apresenta solos arenosos e bastante incoesos.

A extensão dessa erosão é 55,5 m, largura média de 6,8 m e profundidade de 2,84 m. No perfil da voçoroca foram encontrados os horizontes A e B; o horizonte A tem espessura de 1,59 m, Possui coloração marrom esbranquiçada; o horizonte B tem espessura 1,25 m possui coloração amarelada vermelhada, devido à presença de óxidos e dióxidos de ferro (Figura 29).

Figura 29: Perfil da parede da voçoroca da Vila na figura A, e na B, o croqui a mesma.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

As feições superficiais e subsuperficiais nas voçorocas indicam que a erosão está evoluindo, Bigarella et al. (2007) ratifica que a atuação dessas feições nas voçorocas se deve a processos ligados ao escoamento superficial e outros processos ligados a ação das águas subsuperficiais, promovendo erosão acelerada comandando a eclosão e a continuidade do processo erosivo que pode assumir formas catastróficas.

#### **4.2.1 Quanto à morfologia**

A morfologia das voçorocas está intimamente ligada à resistência litológica, desenvolvimento do solo, intensidade das chuvas, cobertura vegetal e etc.

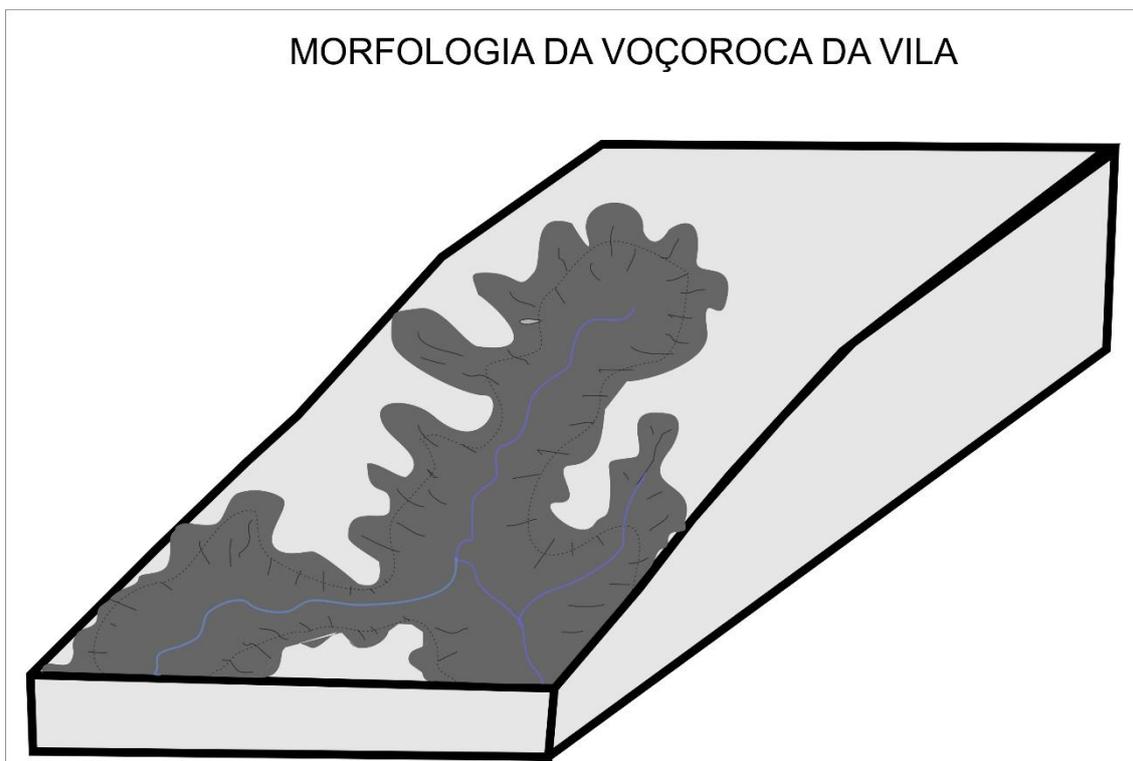
Os processos hidrológicos superficiais e subsuperficiais são responsáveis pelo remodelamento das feições erosivas lineares, aliado às demais características do local.

As morfologias predominantes nas voçorocas estudadas na serra do Tepequém foram: Linear, bifurcada e mista. Abaixo será apresentada cada modelado:

a) Bifurcada ou irregular: Esse tipo de modelado foi encontrado nas voçorocas da Vila, Caminho da cachoeira do Paiva e do Paiva.

A morfologia bifurcada da voçoroca da Vila, provavelmente se deve à predominância e quantidade de processos identificados no entorno e ao redor da mesma (Figura 30), que possui várias bifurcações em sua extensão.

Figura 30: Representação esquemática da morfologia da voçoroca da Vila.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

As estruturas de abatimento e dutos provavelmente são as principais responsáveis pelas bifurcações, uma vez que elas surgem ao redor da erosão, e ao longo do tempo vão crescendo e evoluindo até se unirem as voçorocas (Figura 31).

Figura 31: Ilustra a voçoroca e nas bordas algumas das estruturas de abatimento.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Outros processos são envolvidos no desenvolvimento da morfologia da voçoroca, entre eles podemos citar as caneluras, dutos, *demoiselles* e escamamentos. Mais nessa erosão o processo em que mais se repetiu e permitiu a evolução e a configuração atual foram as estruturas de abatimento.

A voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva possui morfologia bifurcada (Figura 32), essas bifurcações são bem definidas na porção montante. Essa morfologia atual pode ser proveniente de processos superficiais. No entanto, não foi possível identificar quais são os possíveis processos responsáveis por essa morfologia que domina atualmente, pois a voçoroca possui vegetação em 80% dos taludes e canal.

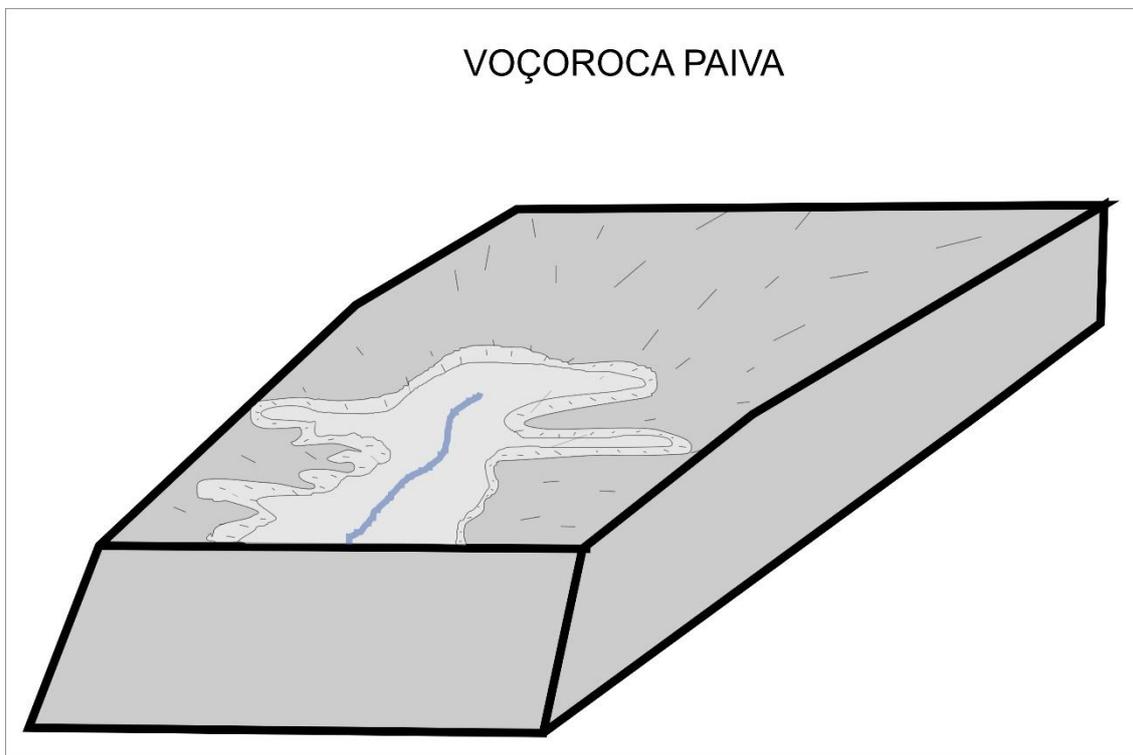
Figura 32: Representação esquemática da morfologia da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A morfologia da voçoroca do Paiva é bifurcada, essa configuração possivelmente se deve as reentrâncias irregulares que dão forma tortuosa a voçoroca, indicando a predominância dos mecanismos que são responsáveis por acentuar e intensificar essa feição erosiva (Figura 33).

Figura 33: Representação esquemática da morfologia da voçoroca do Paiva.

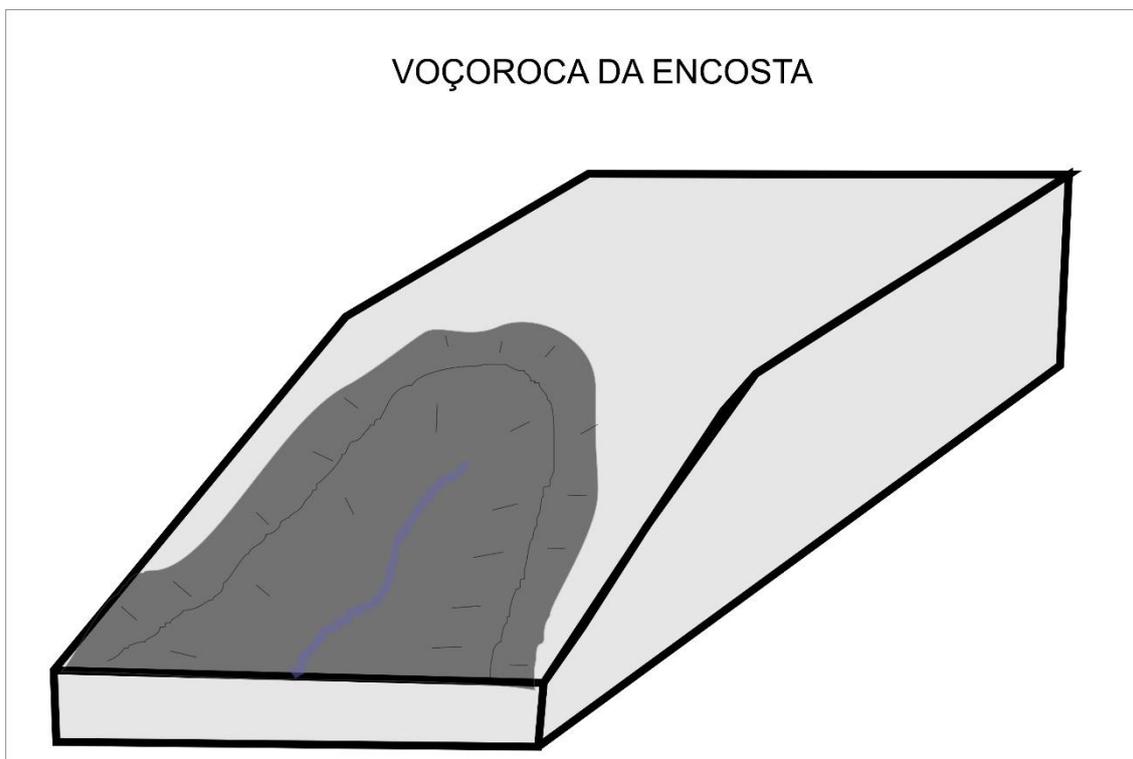


Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

b) Linear: Voçoroca da Encosta.

A voçoroca da encosta é linear, possui resistência a processos superficiais e processos subsuperficiais não foram identificados, possivelmente a inexistência deles é ao desenvolvimento lento do solo (fina camada) (Figura 34).

Figura 34: Representação esquemática da morfologia da voçoroca da Encosta.

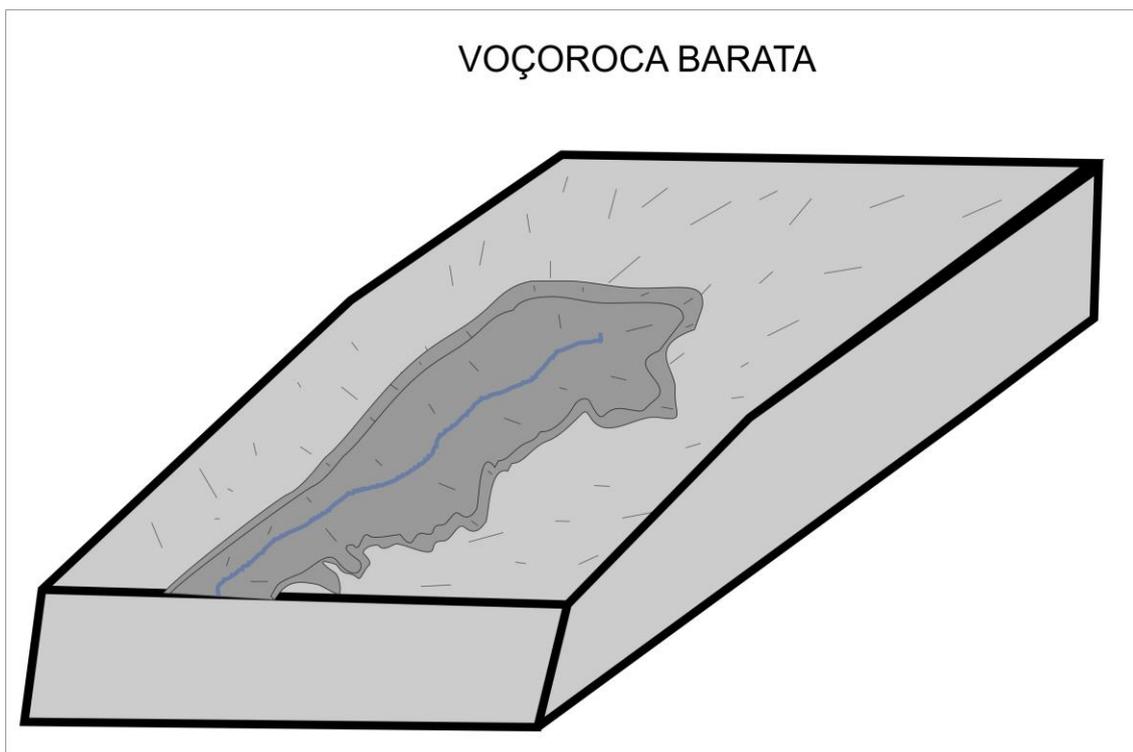


Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

c) Mista: Voçoroca do Barata

A voçoroca do Barata possui morfologia mista: linear e bifurcada. A resistência litológica aliada a declividade, impediu o desenvolvimento do solo e de feições no talude esquerdo, já que, o limite nesse ponto é o sopé de morro, permanecendo linear. A parede direita está mais fragilizada em função da alteração da rocha e promovem sua evolução, sendo assim, está mais susceptível aos mecanismos (fendas, estruturas de abatimento, dutos), desenvolvendo o formato contorcido produzindo a forma bifurcada (Figura 35).

Figura 35: Representação esquemática da morfologia da voçoroca do Barata.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

### 4.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS

#### 4.3.1 Granulometria dos solos

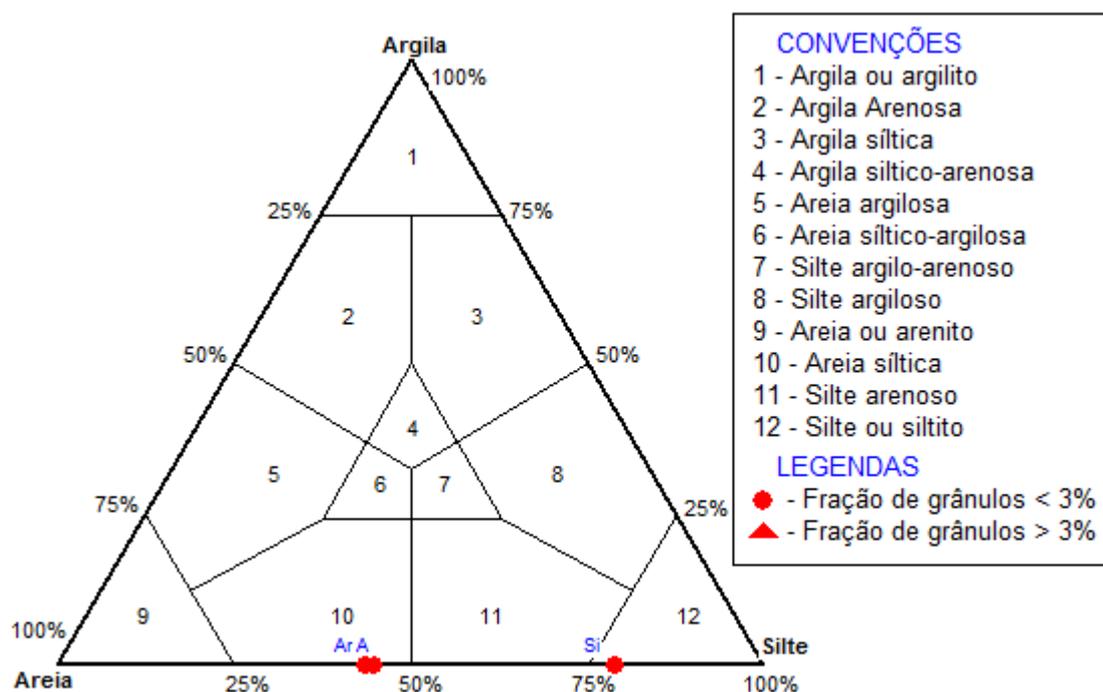
a) Voçoroca do Barata - Os resultados das análises granulométricas demonstraram que no horizonte A e no arenito predominam a granulometria arenosa com 61% e 52%, respectivamente, em ambos, predominou a fração de areia fina; no siltito diferentemente, a fração predominante foi do silte com 78% (Figura 36 e 37).

Figura 36: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Barata.

GRANULOMETRIA %	ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MEDIA	AREIA GROSSA
<b>HORIZONTE A</b>	17	22	58	3	0
<b>ARENITO</b> (rocha alterada)	3	45	50	2	0
<b>SILTITO</b> (rocha alterada)	4	78	18	0	0

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

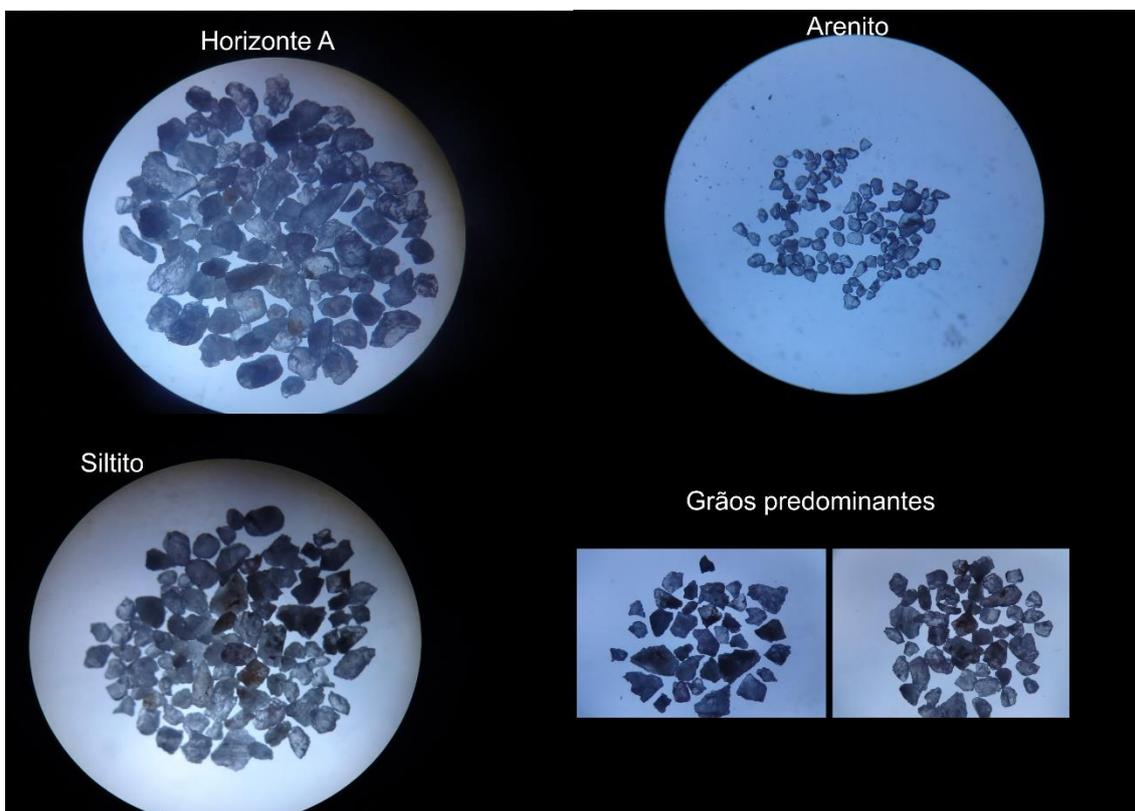
Figura 37: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca do Barata.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A morfologia presente no Horizonte A, arenito e siltito, foi de grãos angulosos, subangulosos, subarredondados e arredondados, predominando os subangulosos, o que sugere desagregação física a partir da rocha e que foram introduzidos recentemente no ciclo sedimentar e que a área fonte está próxima, pois o transporte e os choques com outras partículas ainda não foram suficientes para quebrar as arestas e arredondá-los. Já o aspecto fosco, revela que o transporte foi realizado pelo vento. Foram encontrados grãos brilhantes em quantidades consideráveis no Horizonte A e no siltito, demonstrando que houve ação da água (Figura 38).

Figura 38: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca do Barata, com detalhe para os grãos angulares e subangulares que predominou no perfil.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

No horizonte A, o percentual de 25% de grãos subarredondados demonstra que a área fonte está próxima, sugerindo que parte dos grãos que formam o horizonte são alóctones, e como foram encontrados grãos fosco e brilhantes respectivamente, significa que o transporte foi realizado pela vento e por água.

Na voçoroca do Barata foram coletadas amostras de solos em dois locais, um próximo a montante e o outro mais próximo a jusante.

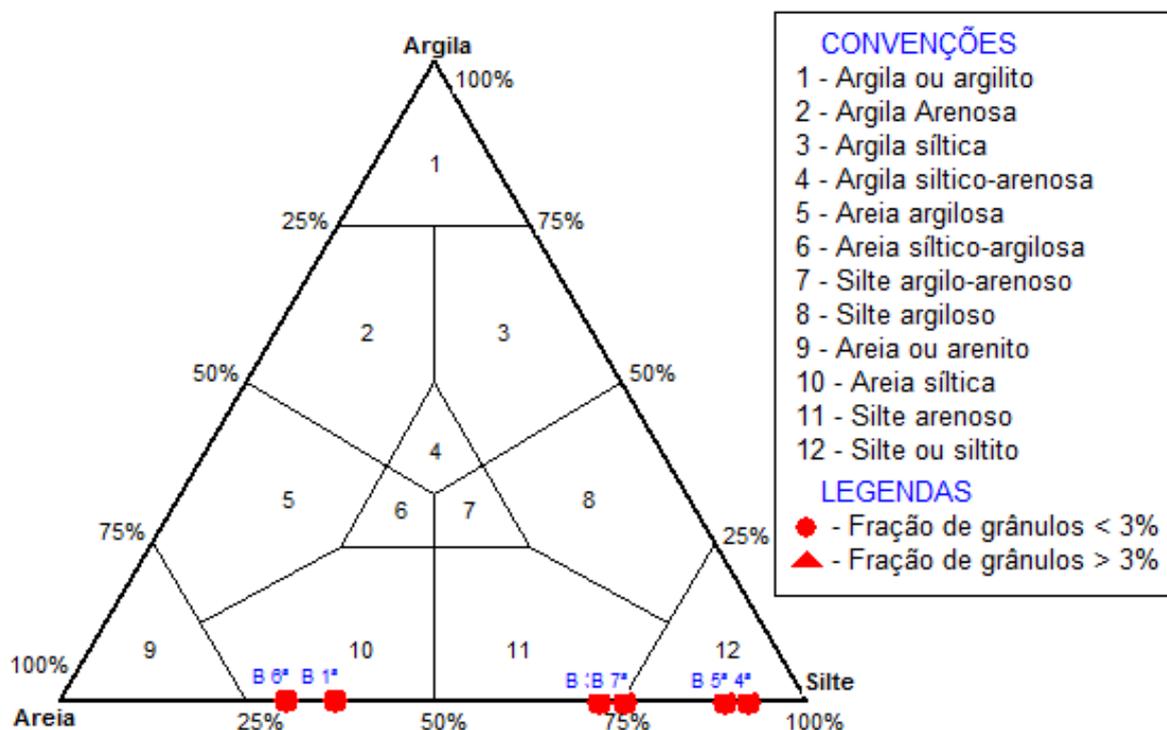
Nas análises granulométricas no segundo local de coleta (Barata 2) a fração predominante foi a arenosa representando 62% do total. No arenito 3 e 4 a fração dominante foi o silte com total de 84% e 92% respectivamente, já no arenito próximo a base a fração predominante foi a areia com 69%. No siltito 7 e 7 o maior percentual encontrado foi de silte com 92% e 74%, (Figura 39 e 40).

Figura 39: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Barata2.

<b>GRANULOMETRIA %</b>	<b>ARGILA</b>	<b>SILTE</b>	<b>AREIA FINA</b>	<b>AREIA MEDIA</b>	<b>AREIA GROSSA</b>
<b>HORIZONTE A</b>	18	20	39	17	6
<b>ARENITO 3</b> (rocha alterada)	1	84	11	2	2
<b>ARENITO 4</b> (rocha alterada)	1	92	7	0	0
<b>SILTITO 5</b> (rocha alterada)	2	92	6	0	0
<b>ARENITO 6</b> (rocha alterada)	4	27	58	4	0
<b>SILTITO 7</b> (rocha alterada)	5	74	21	0	0

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

Figura 40: Demonstração da granulometria predominante nas camadas da voçoroca do Barata 2, conforme gráfico de Shepard.

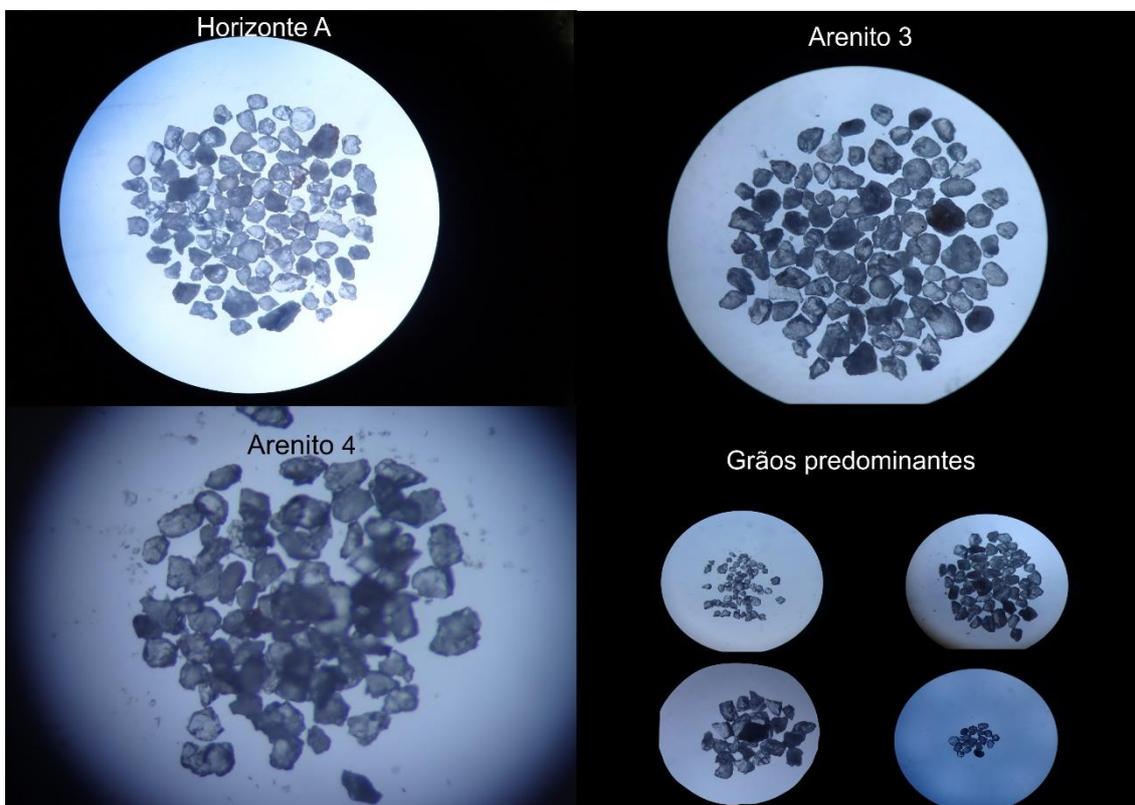


Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

O resultado da análise morfológica no perfil da voçoroca do Barata 2, apresentou grãos angulares, subangulares, subarredondados e arredondados, com predominância dos subangulares com média de 62,16%, seguidos pelos angulares (20,16%) e subarredondados (14%).

Assim como no primeiro perfil estudado na voçoroca, predominou os grãos subangulosos que indicam a área fonte próxima ao local onde foi realizada a coleta, uma vez que as arestas demonstram que o rolamento foi insuficiente para arredondar os grãos. Prevalece o aspecto brilhante dos grãos, o que revela que foram transportados em meio aquoso. Apesar da predominância de grãos brilhantes, cabe ressaltar a presença de grãos foscos em quantidade considerável, indicando que parte dos grãos foram conduzidos em ambiente seco (Figura 41).

Figura 41: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca do Barata2, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados que predominaram no perfil.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

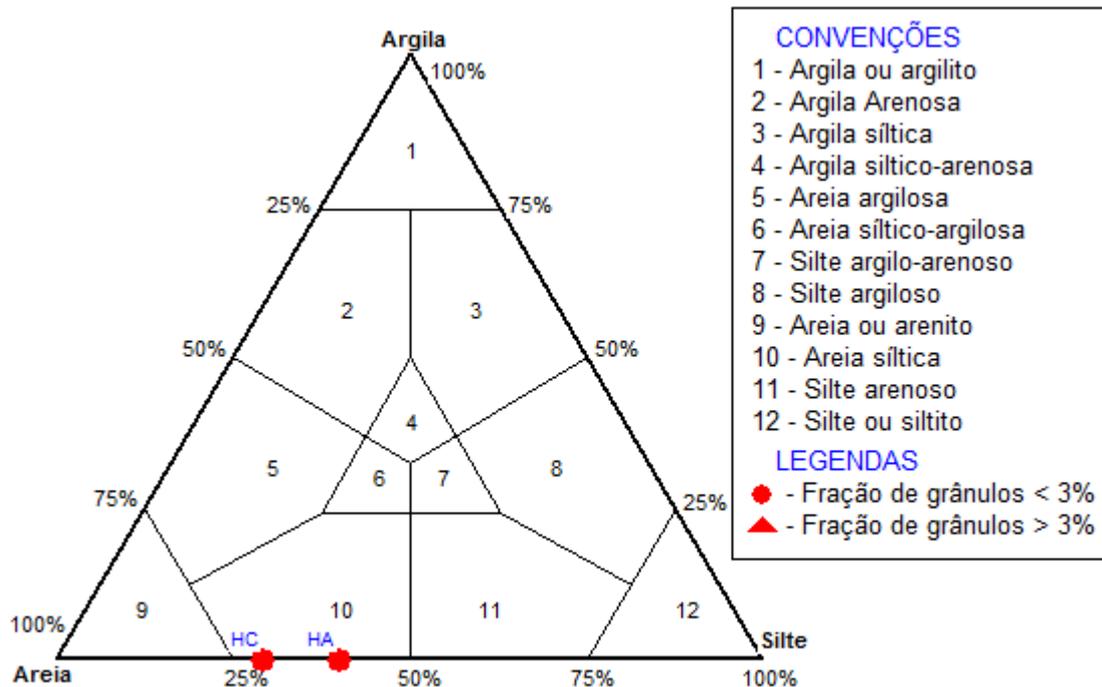
b) Voçoroca da Encosta - Os horizontes A e C (arenito) apresentaram maior proporção de areia 78% e 85% respectivamente. Em ambos predominou a fração de areia fina, (Figura 42 e 43)

Figura 42: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Encosta.

GRANULOMETRIA %	ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MEDIA	AREIA GROSSA
<b>HORIZONTE A</b>	4	18	50	27	1
<b>HORIZONTE C</b> (rocha alterada)	3	32	50	15	0

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

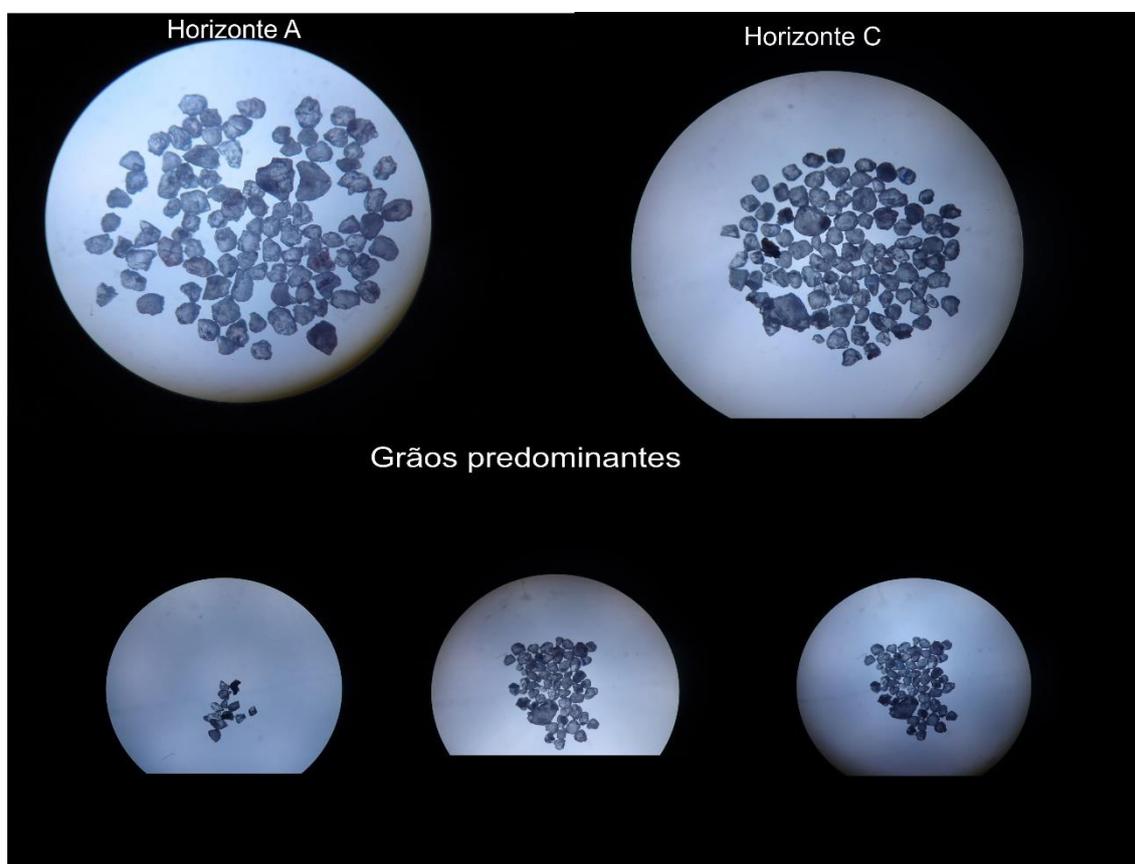
Figura 43: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca da Encosta.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Os resultados referentes à morfologia para a voçoroca da encosta indicaram que os grãos subangulosos predominam com média de 62%, seguidos dos angulares (15,5%) e subarredondados (15,5%), sendo assim, o transporte foi curto, o que indica a área fonte dos sedimentos como próxima. Os grãos brilhantes predominaram no horizonte C, mostrando que o transporte foi realizado em meio aquoso, já no horizonte A apresentou em maior proporção, aspecto fosco, indicando transporte em meio seco (Figura 44).

Figura 44: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca da Encosta, com detalhe para os grãos subangulares, angulares e subarredondados que foram identificados no perfil.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

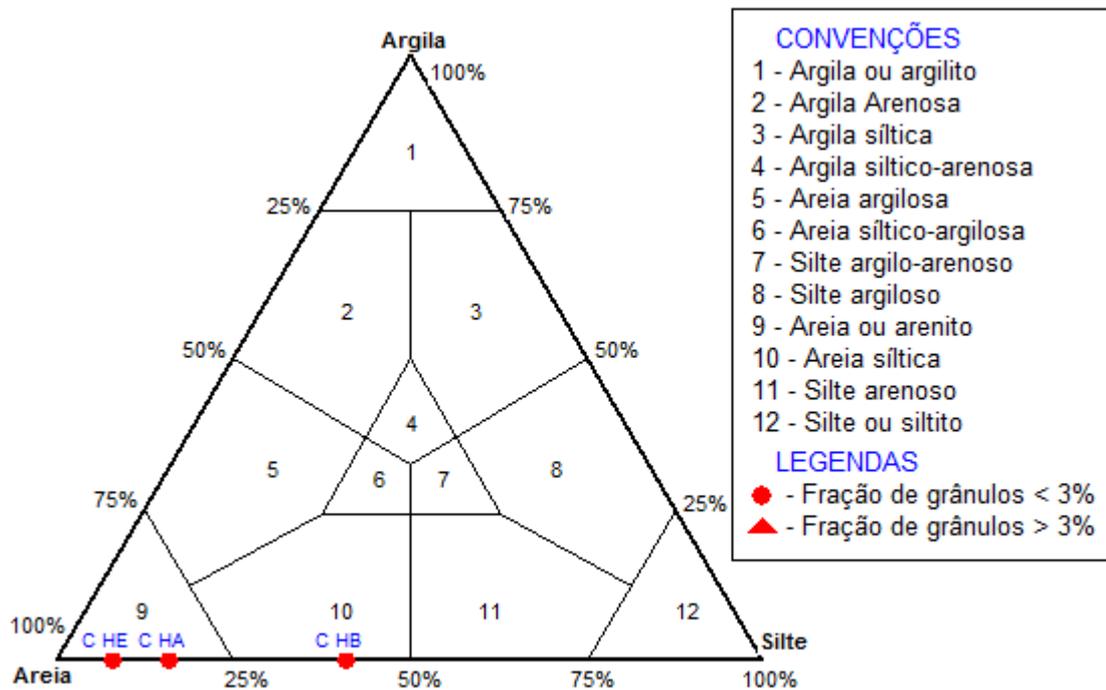
c) Voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva - De acordo com os resultados das análises granulométricas o perfil total é predominantemente arenoso, composto em maior proporção de areia fina, com porcentagem de areia para o horizonte A de 56%, Horizonte E 54% e para Horizonte B, 78%, (Figura 45 e 46).

Figura 45: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva.

<b>GRANULOMETRIA %</b>	<b>ARGILA</b>	<b>SILTE</b>	<b>AREIA FINA</b>	<b>AREIA MEDIA</b>	<b>AREIA GROSSA</b>
<b>HORIZONTE A</b>	2	42	47	7	2
<b>HORIZONTE E</b>	1	45	47	7	0
<b>HORIZONTE B</b>	4	18	73	4	1

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

Figura 46: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva.

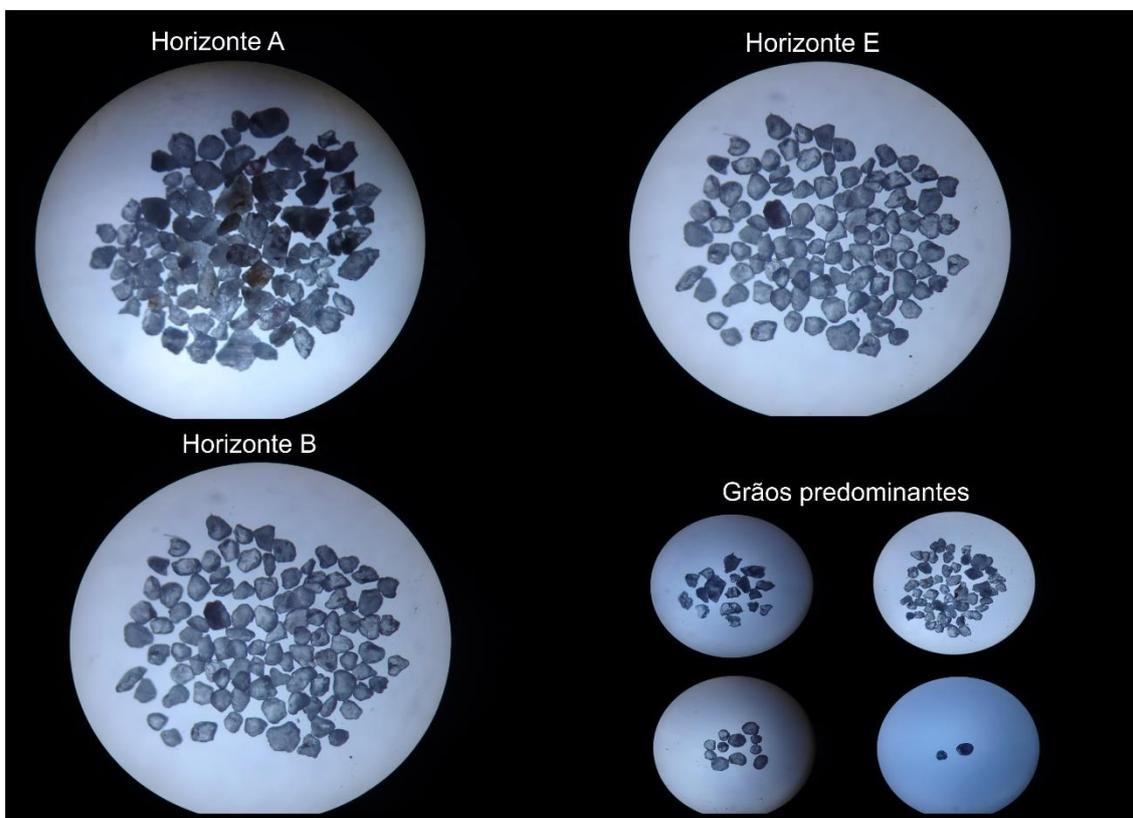


Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

O perfil é composto por grãos angulares (20,3%), subangulares (57,3%), subarredondados (14,3%) e arredondados (8%), predominando grãos subangulares o que evidencia que o transporte desse sedimento foi curto e que a área fonte está próxima, já os grãos arredondados e bem arredondados indicam transporte longo, ou seja, a área que forneceu o sedimento está distante.

Quanto ao aspecto no horizonte A os grãos brilhantes predominaram, indicando retrabalhamento em meio aquoso, já no horizonte E e B, o fosco dominou mostrando que maior parte dos grãos foram transportados em meio seco. (Figura 47).

Figura 47: Morfologia dos grãos presentes no perfil voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva, com detalhe para os grãos angulares, subangulares, subarredondados e arredondados.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

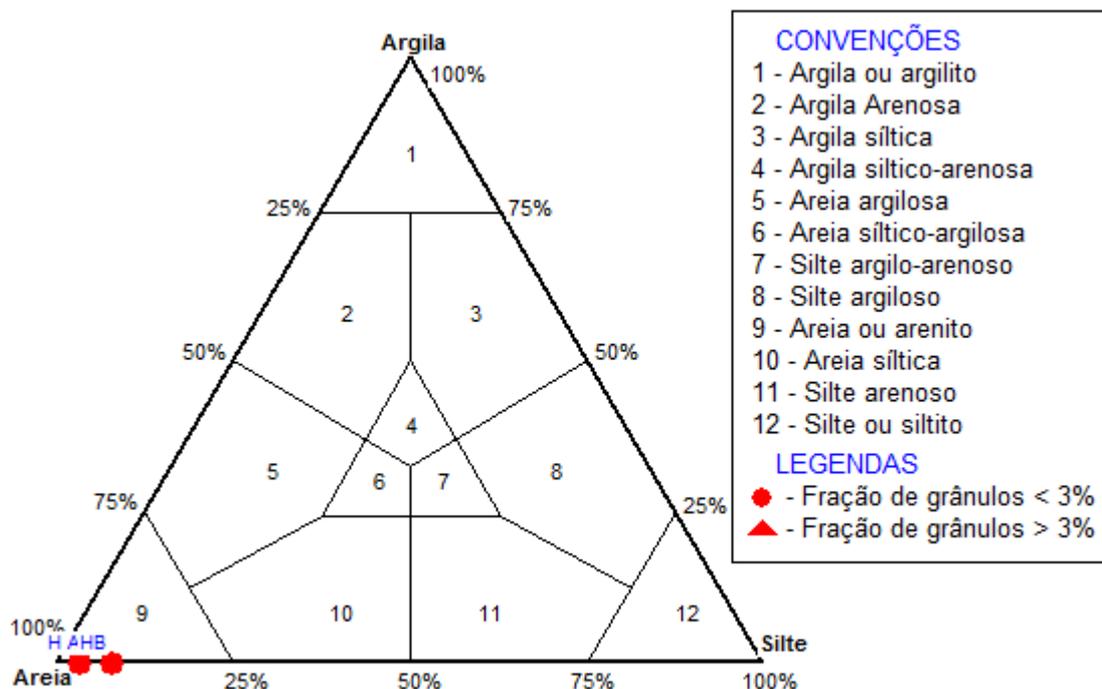
d) Os resultados das análises granulométricas determinaram que o perfil da voçoroca da vila é arenoso, de fração granulométrica média uma vez que apresentou 97% de areia no horizonte A e 92% no horizonte B, (Figura 48 e 49).

Figura 48: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca da Vila.

GRANULOMETRIA %	ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MEDIA	AREIA GROSSA
<b>HORIZONTE A</b>	1	2	47	50	0
<b>HORIZONTE B</b>	3	5	34	58	0

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

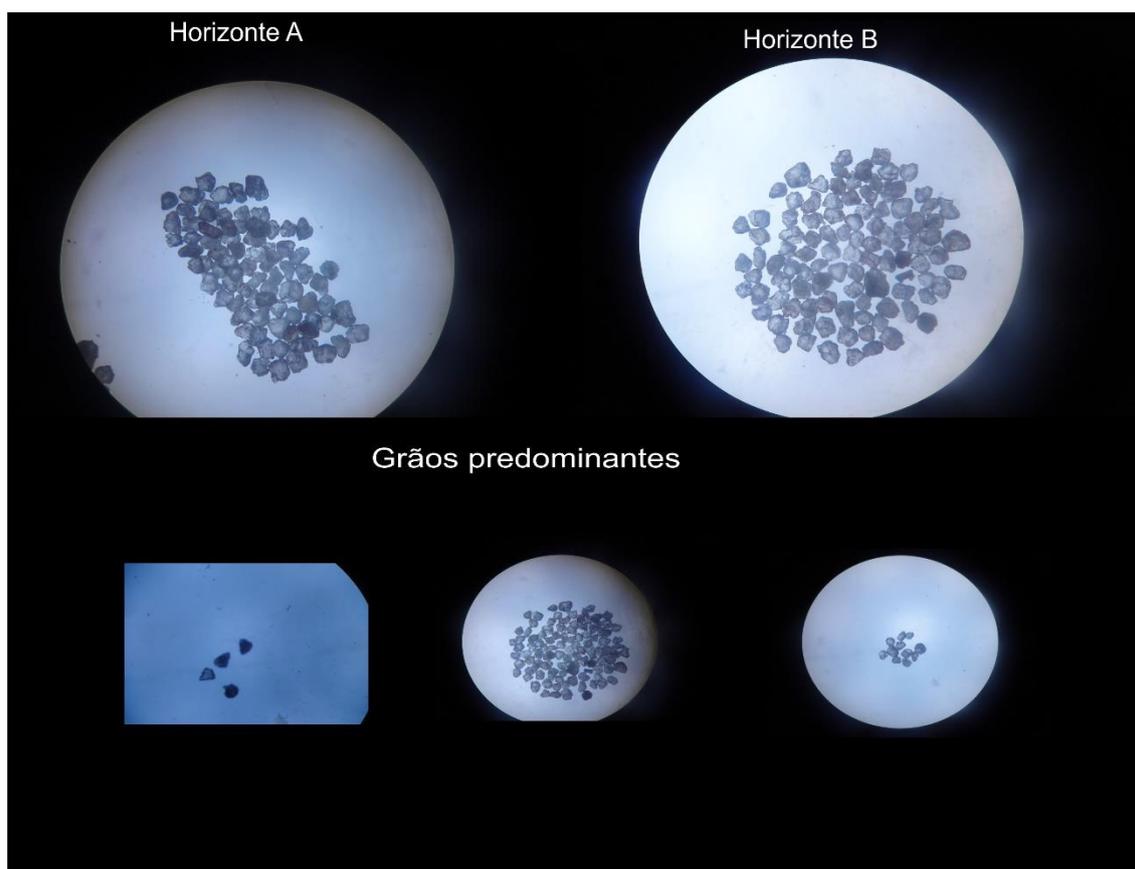
Figura 49: Demonstração da granulometria predominante nas camadas da voçoroca da Vila, conforme gráfico de Shepard.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A análise morfológica determinou que o perfil apresenta maior percentual de grãos subangulares com média de (79%), seguido pelos subarredondados (9%) e pelos angulares (6,5%); os grãos angulares e subangulares indicam que são provenientes de ambiente próximo, já os subarredondados indicam maior transporte, ou seja, a área fonte está relativamente distante (Figura 50).

Figura 50: Morfologia dos grãos presentes no perfil da voçoroca da vila, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

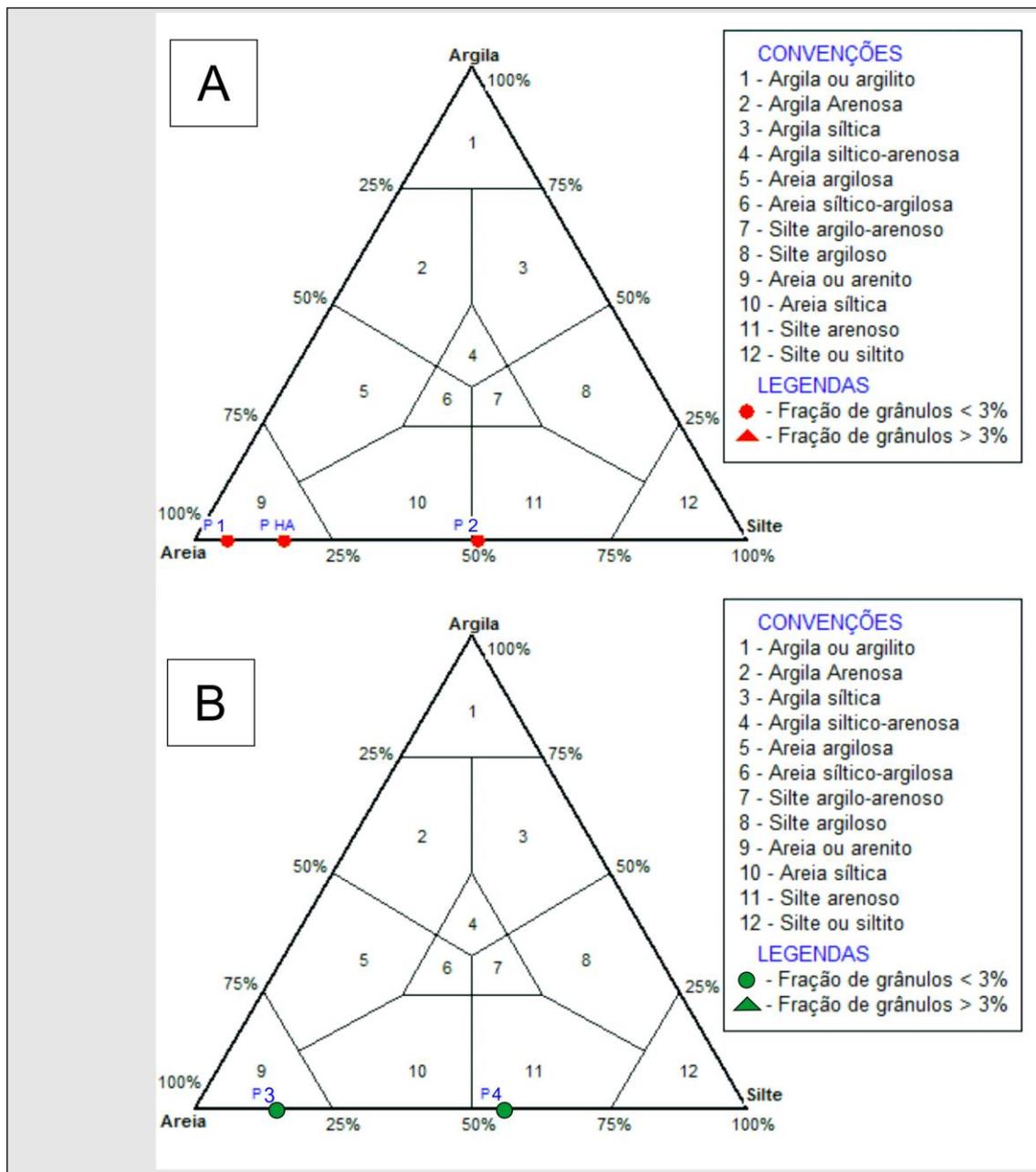
d) No perfil da voçoroca do Paiva foram encontrados os seguintes resultados das análises granulométricas: horizonte A, arenito 1, arenito 2 e arenito 3 predominou a fração arenosa, com 83, 94, 49 e 85%, respectivamente, sendo maior o percentual de areia média nos horizontes A e arenito 1; no arenito 2, há maior quantidade de areia fina, no arenito 3 também dominou a areia média e no siltito 5 a areia fina apresentou totalidade, (Figura 51 e 52).

Figura 51: Representação das quantidades de areia, silte e argila no perfil da voçoroca do Paiva.

<b>GRANULOMETRIA %</b>	<b>ARGILA</b>	<b>SILTE</b>	<b>AREIA FINA</b>	<b>AREIA MEDIA</b>	<b>AREIA GROSSA</b>
<b>HORIZONTE A</b>	4	13	40	43	0
<b>ARENITO 1</b> (rocha alterada)	2	4	31	63	0
<b>ARENITO 2</b> (rocha alterada)	7	44	42	6	1
<b>ARENITO 3</b> (rocha alterada)	4	11	34	51	0
<b>SILTITO 4</b> (rocha alterada)	1	56	43	0	0

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

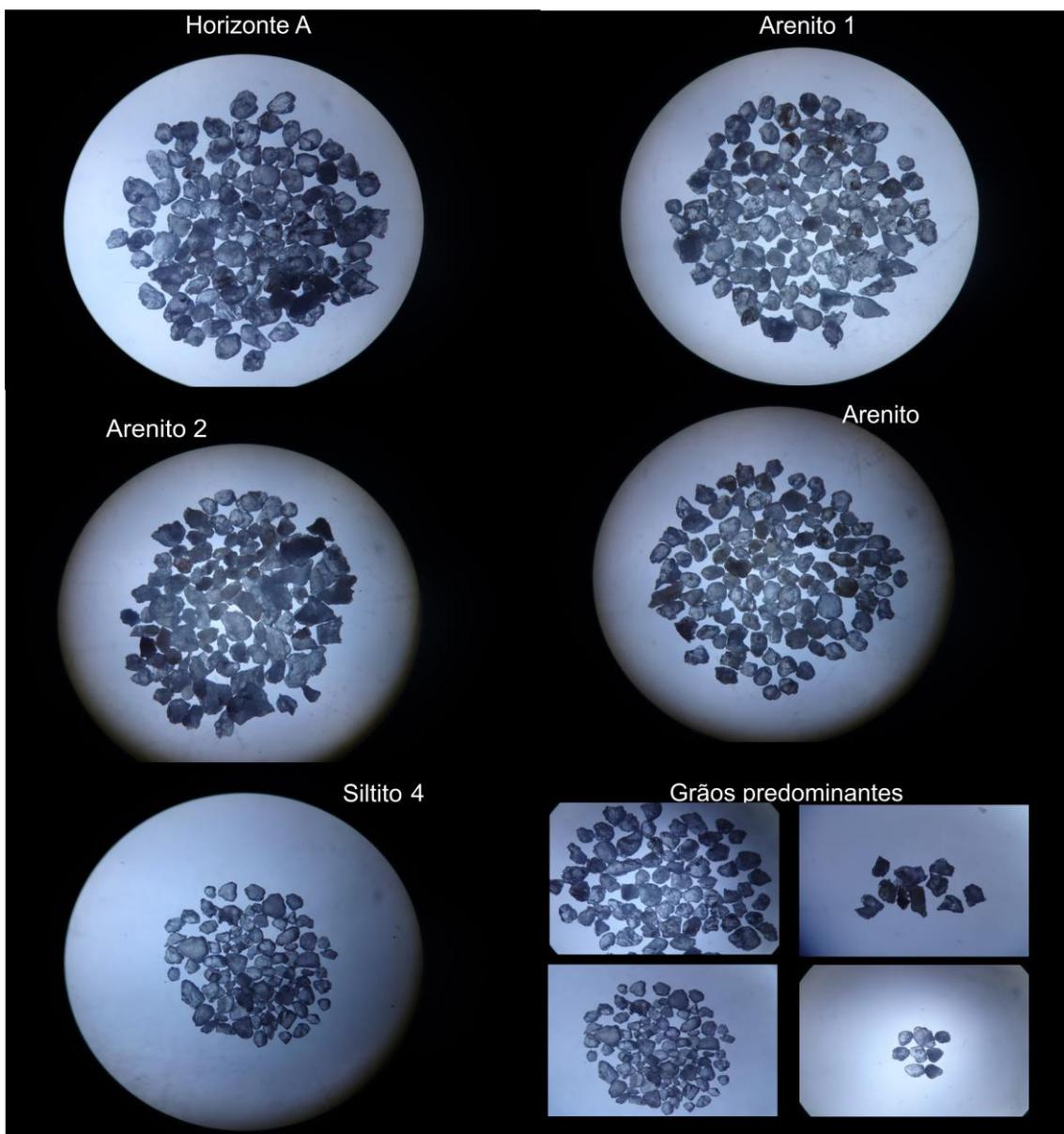
Figura 52: Gráfico de Shepard, demonstrando a granulometria das camadas da voçoroca do Paiva, nas figuras A e B.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

O perfil apresentou grãos angulares, subangulares, subarredondados e arredondados, predominando os subangulares com média 67,4%, seguidos pelos subarredondados (16%) e angulares (14,5%), sugerindo que a área fonte está próxima. O aspecto variou entre brilhante e fosco, sugerindo transporte pelo vento e pela água (Figura 53).

Figura 53: Morfologia dos grãos de quartzo presentes no perfil da voçoroca do Paiva, com detalhe para os grãos angulares, subangulares e subarredondados.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

### 4.3.2 Densidade de Partícula e Porosidade

Nos perfis de solo analisados, as camadas apresentaram valores de densidade das partículas variando entre 2,3 e 2,9, a densidade do solo expressou valores de 0,9 a 1,4 e a porosidade de 0,4 a 0,6 kg/dm<sup>3</sup>.

Os valores de densidade das partículas conforme os resultados não seguem um padrão crescente ou decrescente para voçorocas com presença de rocha alterada, já para voçorocas com horizontes A, E e B desenvolvidos, a densidade das partículas aumenta com a profundidade (Figura 54).

Os resultados de porosidade demonstraram que à medida que a densidade aumenta a porosidade diminui.

Figura 54: Resultados das análises físicas das voçorocas estudadas.

Amostras	Densidade de Partículas	Porosidade <sup>4</sup>
		— dm <sup>3</sup> /dm <sup>3</sup>
V. Caminho da Cachoeira Paiva HA	2,48	0,58
V. Caminho da Cachoeira Paiva HB	2,83	0,55
V. Caminho da Cachoeira Paiva HE	2,59	0,54
V. Vila HA	2,75	0,47
V. Vila HB	2,77	0,48
V. Encosta HA	2,70	0,52
V Encosta (rocha alterada)	2,51	0,56
V. Paiva HA	2,70	0,54
V. Paiva arenito 1	2,65	0,47
V. Paiva arenito 2	2,62	0,56
V. Paiva siltito 4	2,38	0,61
V. Paiva arenito 3	2,91	0,49
V. Barata 2 HA	2,60	0,54
V. Barata 2 (rocha alterada) 3	2,64	0,66
V. Barata 2 (rocha alterada) 4	2,55	0,65
V. Barata 2 (rocha alterada) 5	2,66	0,62
V. Barata 2 (rocha alterada) 6	2,70	0,52
V. Barata 2 (rocha alterada) 7	2,53	0,66

Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

### 4.3.3 Composição mineralógica

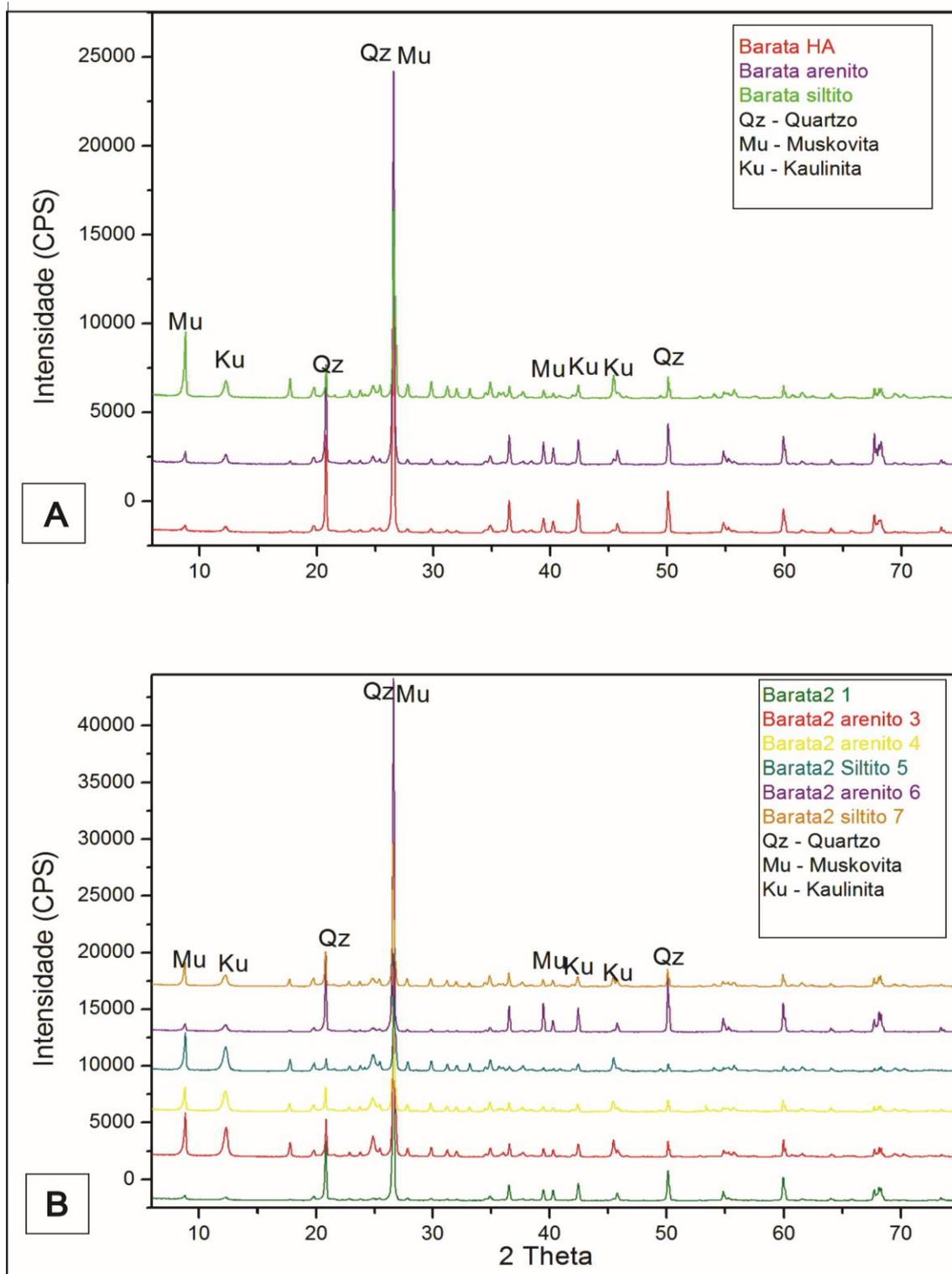
Os resultados da difração de raio-X, demonstraram alta concentração de quartzo no colúvio e em toda as camadas do solo e da rocha alterada, sugerindo que o mineral dominante nesta pesquisa foi quartzo; em menores concentrações foram identificados muscovita e caulinita, sucessivamente (Figura 55 a 57).

Os solos na serra apresentaram grande concentração de quartzo, variando de areia média a silte, a fração predominante foi de areia fina que são mais facilmente erodíveis, pois possuem pouca coesividade e são fáceis de serem transportado, o que deixa os solos menos resistentes ao processo erosivo.

As menores quantidades de muscovita e caulinita foram encontradas na 4ª e 6ª camada de arenito da voçoroca do Barata, nos horizontes E e B, da voçoroca no caminho da cachoeira do Paiva, nos horizonte A e no C da - voçoroca da Encosta e em todas as camadas de arenito da Voçoroca do Paiva.

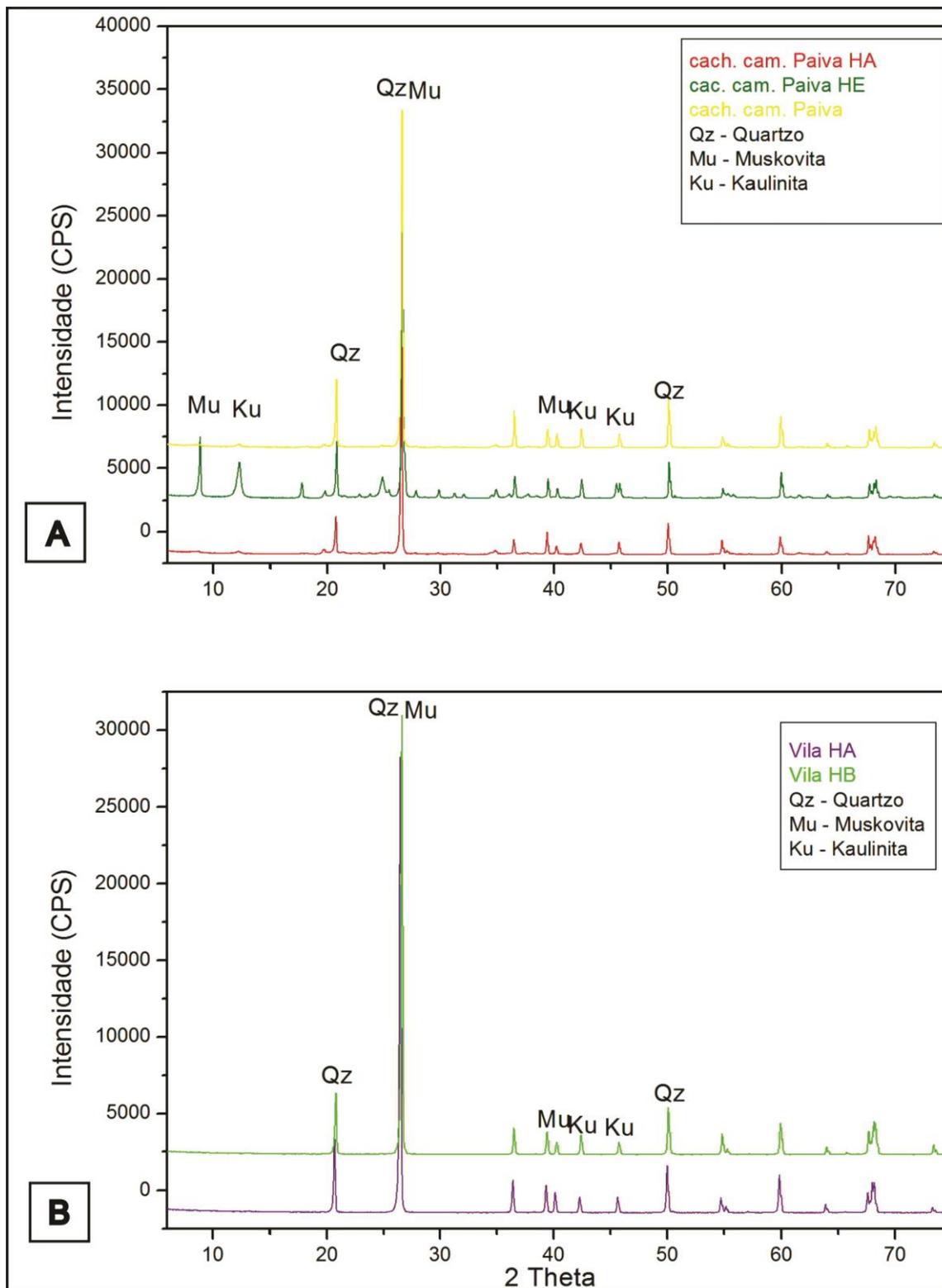
Beserra Neta (2007) identificou os mesmos minerais na área de estudo: quartzo, muscovita e caulinita, assim como, a predominância do quartzo, seguido pela muscovita e caulinita.

Figura 55: Principais minerais presentes na voçoroca do Barata, na figura A, primeiro perfil analisado e na figura B, o segundo.



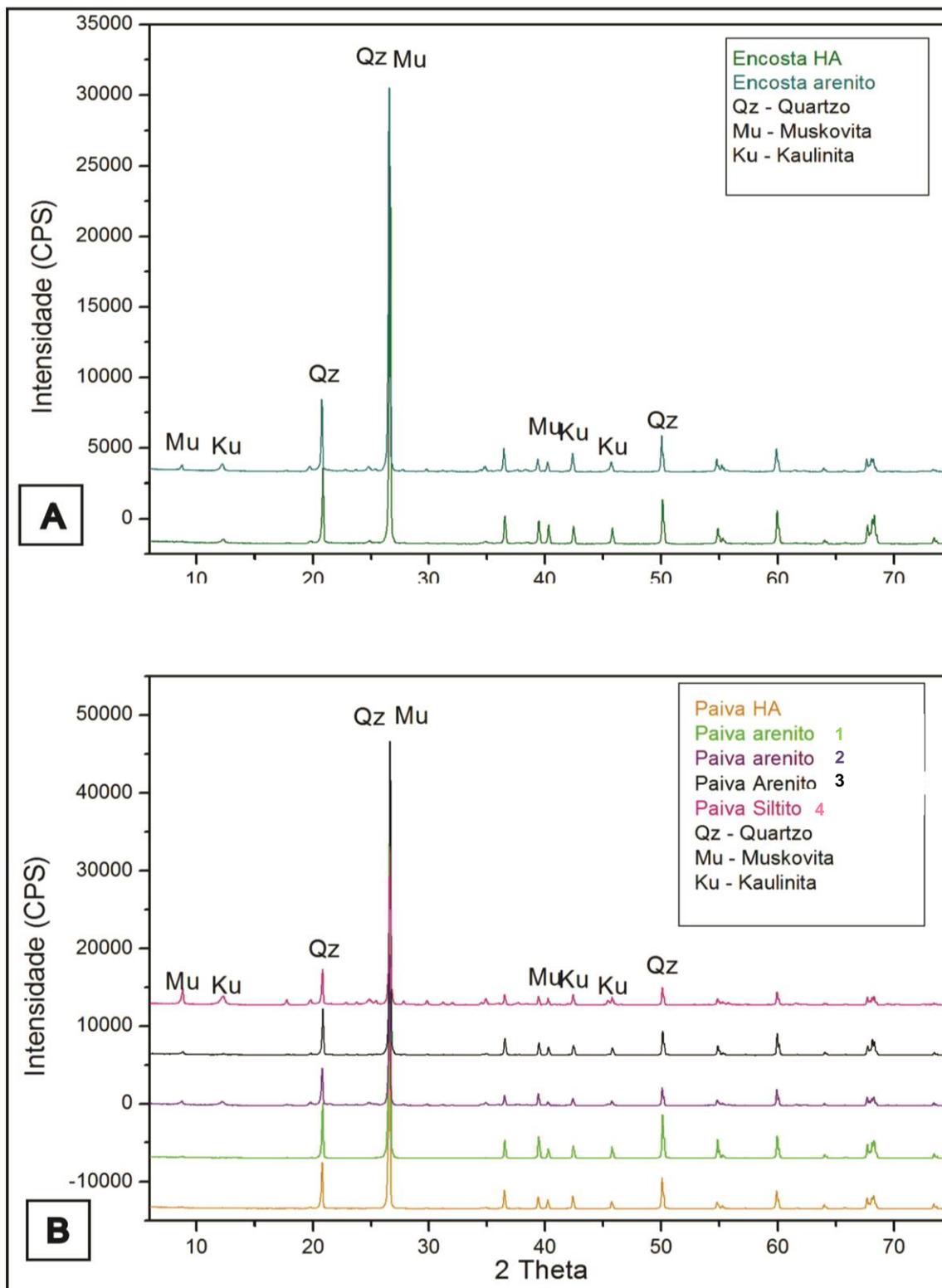
Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Figura 56: Principais minerais presentes na voçoroca do caminho da cachoeira do Paiva na figura A, e na B, da Vila.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Figura 57: Principais minerais presentes na voçoroca da Encosta na figura A, e na B, do Paiva.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

#### 4.3.4 Matéria Orgânica e pH dos Solos

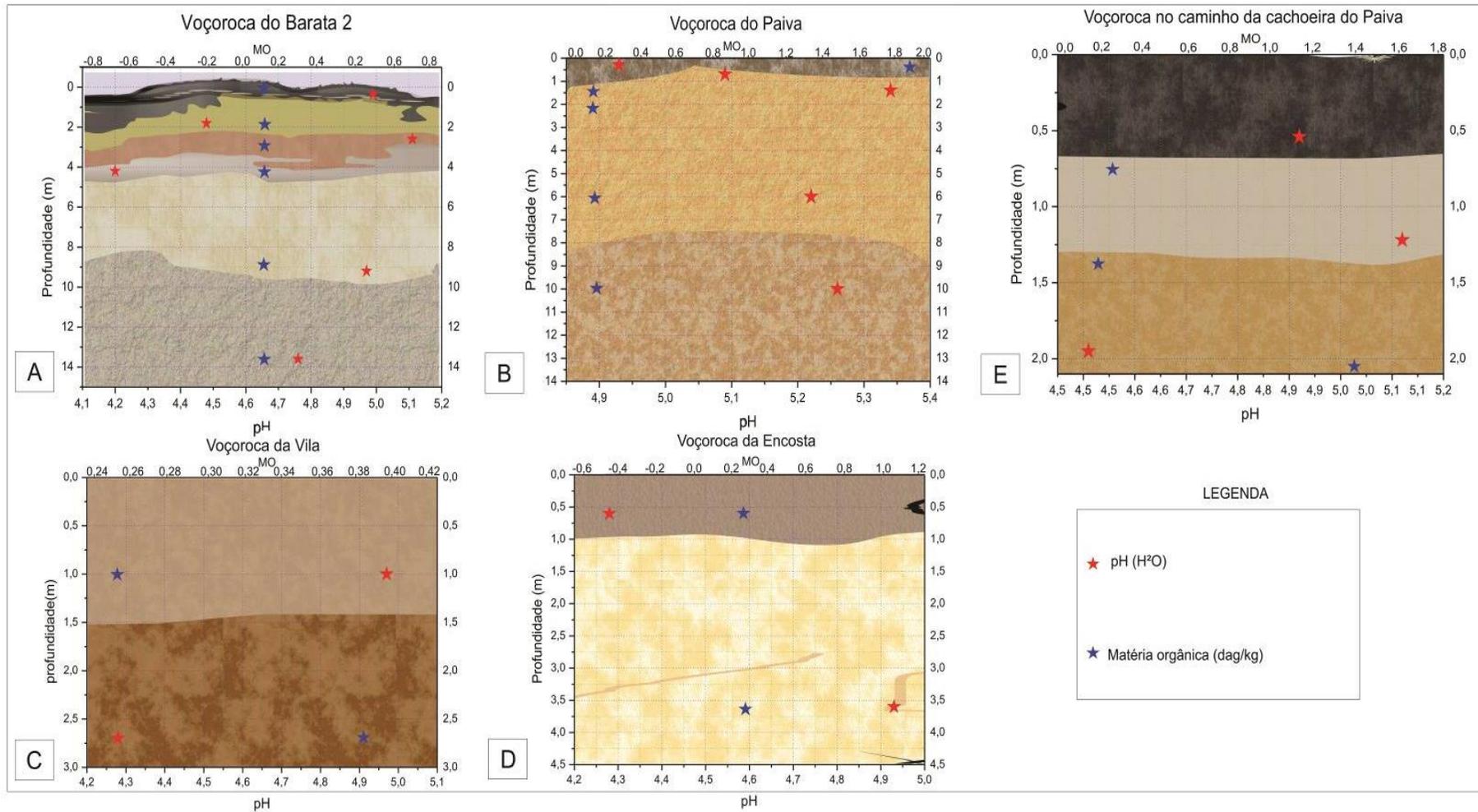
O conteúdo de matéria orgânica (MO), nos solos dos perfis investigados, variou 0,13 a 1,90%. As maiores concentrações de MO encontram-se no horizonte A da voçoroca do Paiva e caminho da cachoeira do Paiva, esse resultado deve-se a maior densidade da vegetação nos locais de entorno das voçorocas.

Nos horizontes E, B e C a concentração foi menor, com menores índices para os saprólitos da voçoroca do Barata 2 e Paiva.

A análise química nos solos das voçorocas estudadas, apresentou pH em água de 4,2 a 5,2, indicando solos fortemente ácidos a extremamente ácidos.

Cada voçoroca apresentou valores particulares de acidez, não decrescendo nem crescendo da base para o topo (Figura 58).

Figura 58: Demonstração dos valores de pH e matéria orgânica identificados nos perfis de solos das voçorocas estudadas



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

#### 4.4 EVOLUÇÃO DAS VOÇOROCAS

O processo erosivo está fortemente relacionado à quantidade de chuva, uma vez que o início do processo erosivo ocorre pela desagregação de partículas do solo que são removidas pelas águas das chuvas.

Guerra (2010) destaca que quase todo o planeta é impactado pela ação das águas das chuvas que desencadeiam os processos erosivos, no entanto, as regiões tropicais são mais afetadas em função do índice pluviométrico, o que ajuda a acelerar o processo erosivo.

Verificou-se através do monitoramento da voçoroca do Barata, evolução na borda direita, correspondentes as estacas de número 31 a 42 (Figura 59).

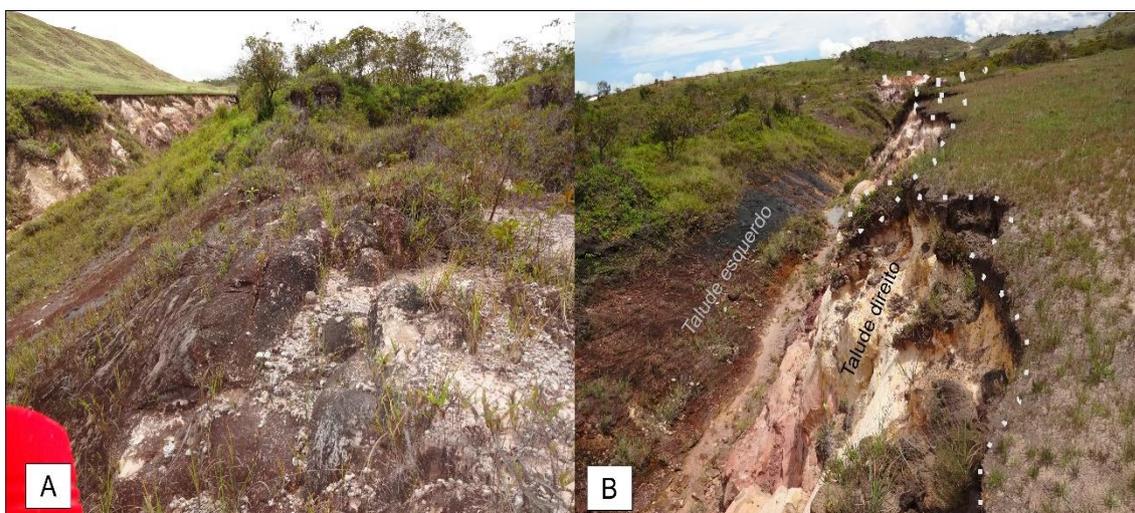
Figura 59: Ilustração da parede direita da voçoroca do Barata



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

Na borda esquerda, que corresponde à rocha alterada (intercalação do arenito e siltito), não houve evolução, isso se deve a resistência litológica, associada à vegetação de samambaias pteridófitas que recobrem o talude (Figura 60). Essa resistência à erosão em curto prazo reflete a resistência do material que compõe a superfície, uma vez que, para que haja evolução é necessário remoção de partículas do solo pela água ou vento.

Figura 60: Voçoroca do Barata, com destaque para parede esquerda recoberta pela vegetação na figura A e na B, parede direita desprovida da mesma.



Fotografia: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

O maior índice de erosão obtido com o estaqueamento foi detectado na cabeceira da voçoroca (1 a 6), com média variando entre 0,21 e 0,50 cm. Esse fato se deve a ação das águas das chuvas que promovem o escoamento superficial, levando as águas a convergirem para o interior da erosão, desagregando e arrastando os sedimentos.

Associada a evolução da cabeceira da voçoroca têm-se feições superficiais e subsuperficiais que fragilizam a montante e os taludes da voçoroca.

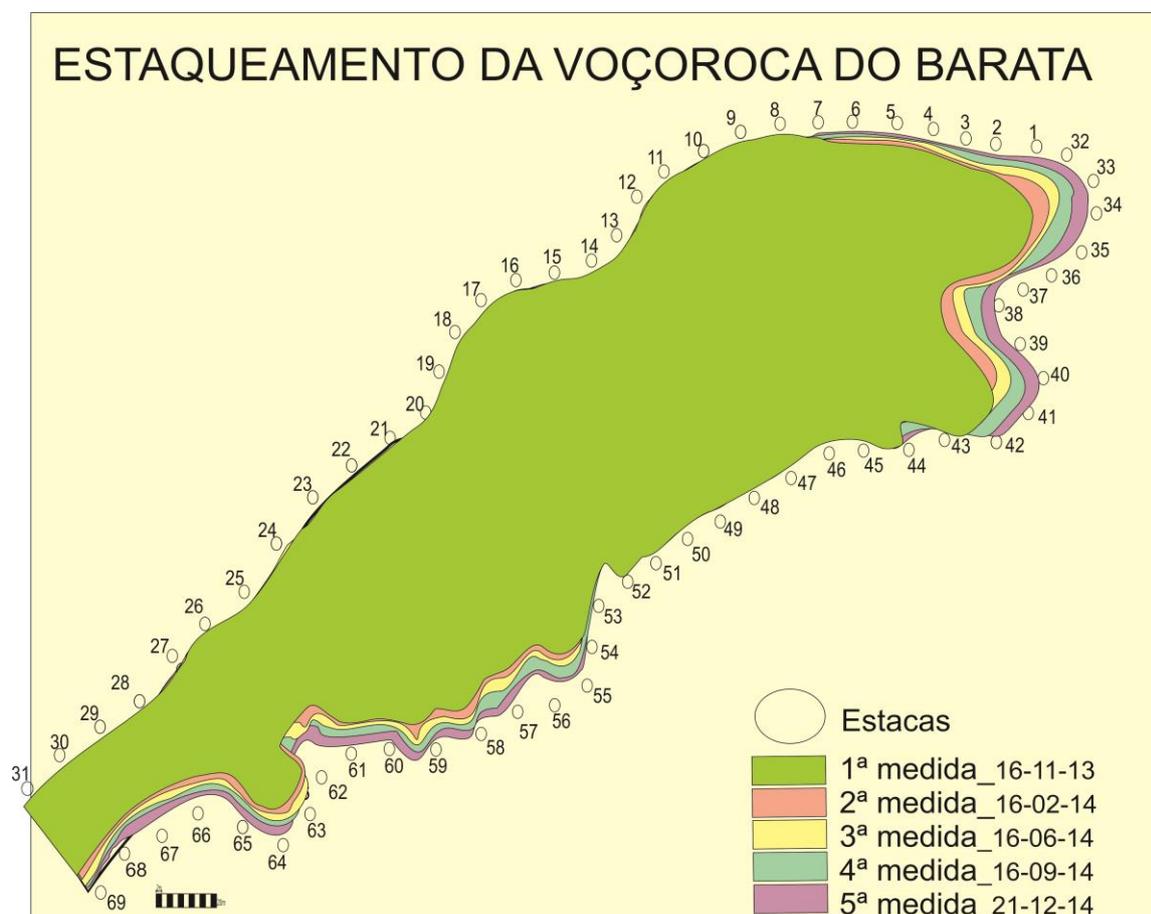
Mecanismos erosivos do tipo queda d'água, desmoronamento recente, duto interagem e aceleram a evolução na cabeceira desta voçoroca.

A borda direita da erosão (31 a 68) apresentou uma evolução média que variou de 0,01 a 0,66 m.

A evolução ocorreu de forma pontual, conforme a medida de cada estaca, uma vez que, em algumas a evolução foi muito pequena e já em outra foi considerável, a exemplo, tem-se à estaca de 49 que apresentou total de 5 centímetros e já à estaca 68, apresentou evolução total de 2,65 m.

A evolução ao longo da erosão de montante a jusante, ocorre de forma desigual, o que imprime formato bem variado ao longo do tempo (Figura 61).

Figura 61: Modelo esquemático do estaqueamento da voçoroca do Barata, destacando as medidas e sua evolução.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014

O regime hidrológico na serra é dividido em estação seca e chuvosa, a seca ocorre nos meses de outubro a março; a chuvosa acontece nos meses de abril a setembro.

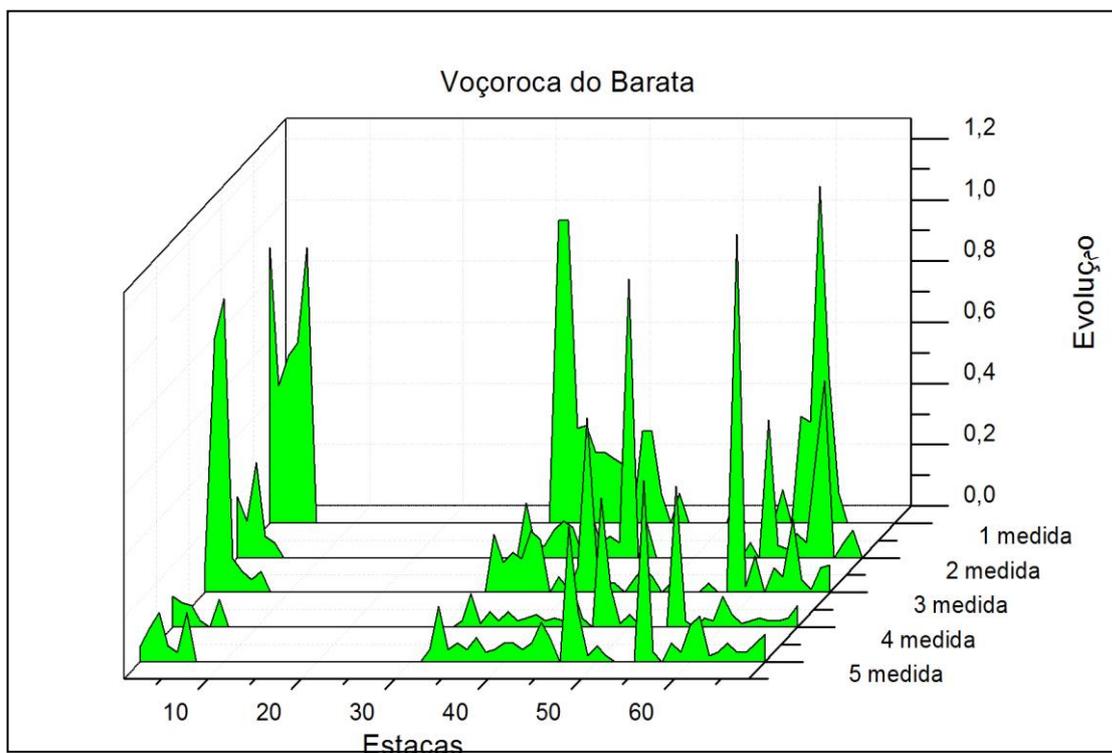
No ano (2013) foi iniciado o estaqueamento das voçorocas, período correspondente ao final do período chuvoso, o índice pluviométrico apresentou medias mensais bem variadas, com máxima de 31 mm e mínima de 0,01 mm, indicando que apesar da redução das precipitações, a quantidade influenciou na evolução das medidas na voçoroca.

A erosão na cabeceira onde estavam localizadas as estacas de 1 a 7 foram as que apresentaram maior evolução. A inserção de uma cerca para contenção do gado que se inicia na cabeceira, provoca a instabilidade do solo e facilita a remoção pelos processos erosivos.

Nas estacas de 7 a 31 que corresponde a borda esquerda não houve evolução da voçoroca.

O avanço do processo erosivo foi mais intenso no período compreendido entre os meses de junho a setembro, provavelmente em função das chuvas que aconteceram no mês de setembro aliado ao início da pecuária extensiva que foi inserida após o estaqueamento da voçoroca do Barata (Figura 62).

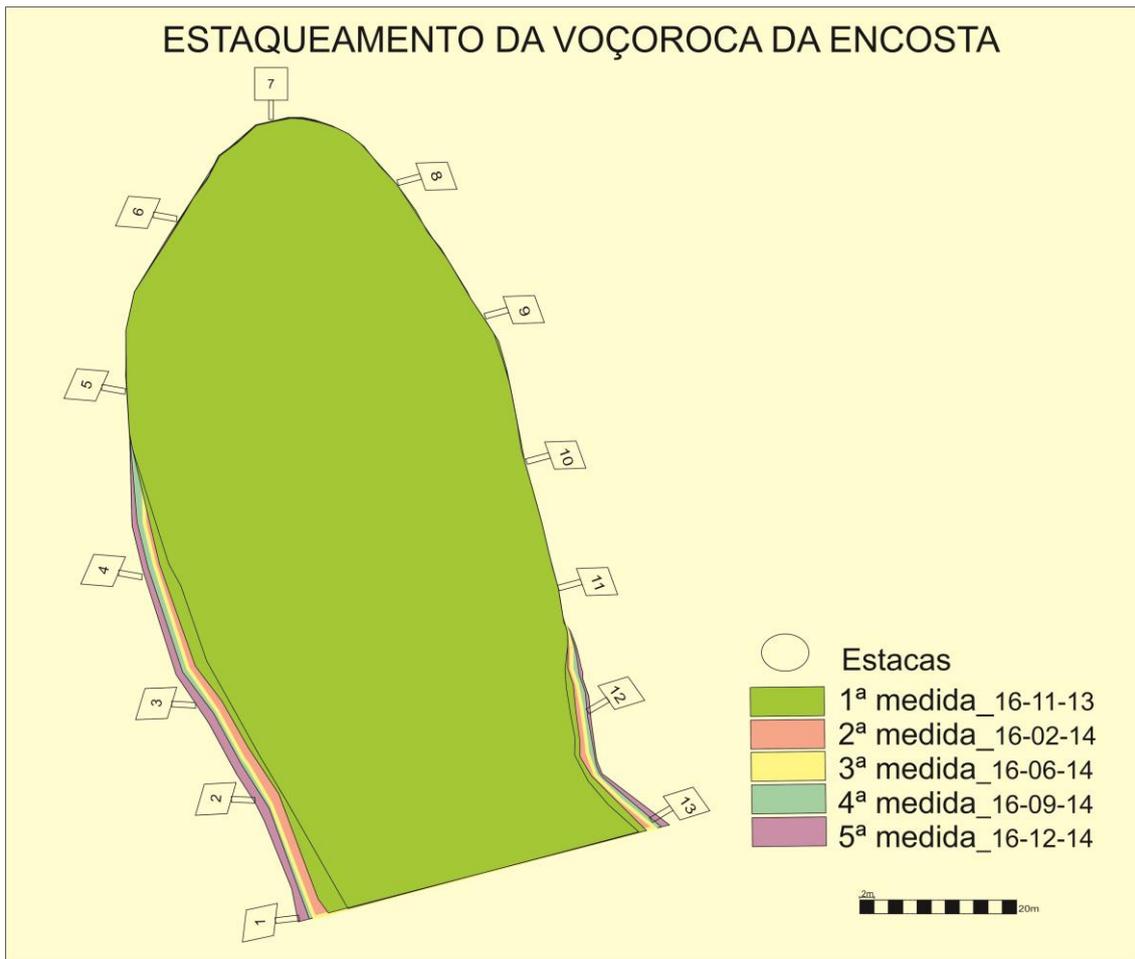
Figura 62: Gráfico expondo as medidas da voçoroca do Barata.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A evolução da voçoroca da Encosta foi bem sucinta. Foi possível constatar erosão antrópica na primeira medida, na estaca número 1, com evolução de 4,30m na porção jusante da voçoroca. Houve um avanço nas estacas de número 2, 3, 4, 10, 11, 12 e 13 com média de (Figura 63).

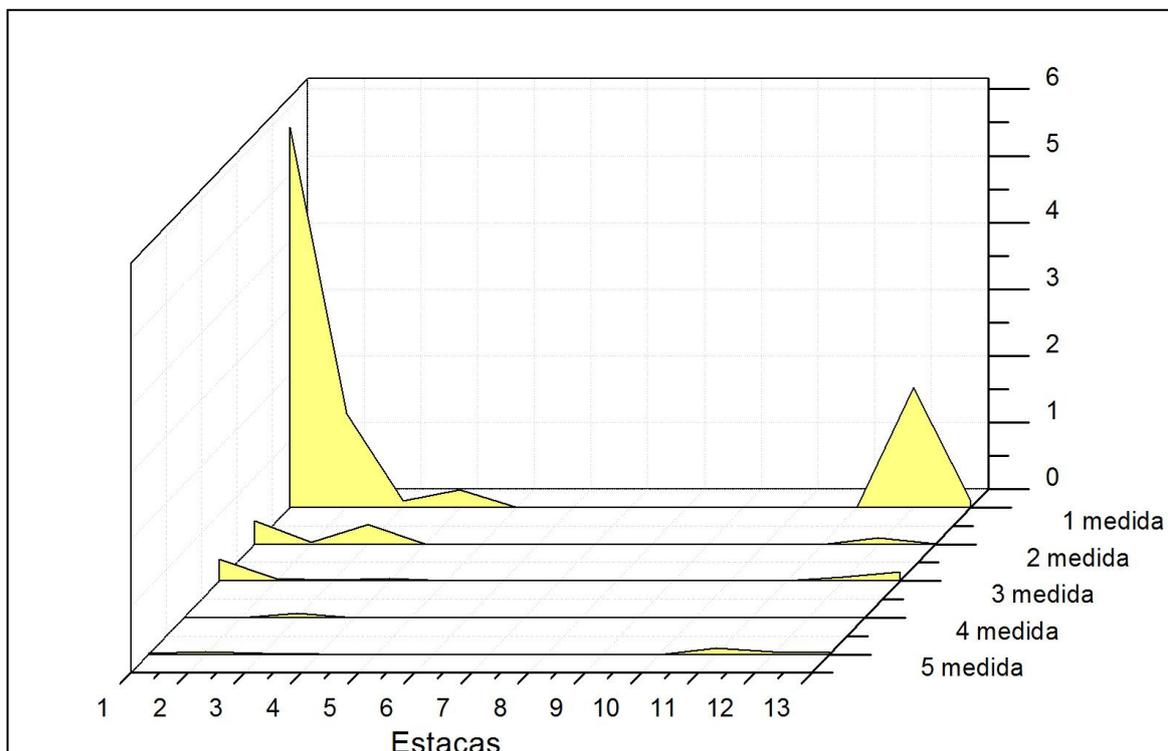
Figura 63: Modelo esquemático do estaqueamento da voçoroca da Encosta, destacando as medidas e sua evolução.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A baixa evolução nas bordas e cabeceira da voçoroca da encosta pode estar associada ao solo raso, mesmo apresentando alteração química caracteriza-se como saprólito, permite uma maior resistência ao processo erosivo (Figura 64).

Figura 64: Gráfico expondo as medidas da voçoroca da Encosta.



Elaboração: Elizabete Cruz do Nascimento, 2014.

A evolução ocorre lentamente, visto que, o canal da voçoroca é estreito e raso, exceto as bordas na porção que apresentaram evolução acelerada ligada a ação antrópica.

A voçoroca da encosta na porção jusante, aonde deveria evoluir longitudinalmente, foi interrompida pela construção da estrada que dá acesso a cachoeira do Barata, desviando o fluxo das águas, promovendo erosão antrópica.

A EMBRAPA (2004) indica a ação pluviométrica como fator de maior desestruturação do solo, assim como, influencia significativamente no escoamento superficial, sendo assim considerado o elemento mais importante no processo de erosão.

A estação chuvosa segundo Guerra (2010) influencia no processo erosivo, pois, devido o aumento do índice pluviométrico, promove o aumento da erosão laminar e conseqüentemente provoca a selagem do solo, a diminuição da infiltração e por conseqüência aumenta o escoamento superficial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelado atual da paisagem da serra do Tepequém é resultante da evolução da paisagem que ocorre em função da combinação dos elementos físicos, químicos e biológicos que agem mutuamente uns sobre os outros, promovendo mudanças contínuas, podendo ser percebida através do surgimento e evolução de erosões.

As fases erosivas são responsáveis por gerarem um pacote de sedimentos que foram depositados nas áreas mais baixas que hoje são as áreas aplainadas. Nessas áreas se encontram o maior número de voçorocas que são provenientes da inter-relação do índice pluviométrico elevado, declividade, vegetação, solos e etc.

As feições erosivas identificadas nas voçorocas ocorrem em função de processos superficiais e subsuperficiais. As voçorocas do Barata e da Vila apresentaram número maior de feições e por consequência as mesmas apresentaram maior evolução ao longo desta pesquisa. As voçorocas (caminho da cachoeira do Paiva e da Encosta) que apresentaram maior estabilidade são justamente as que apresentaram menor número de feições, o que nos leva a entender que as feições auxiliam na identificação da evolução das erosões.

A vegetação no interior da erosão é um indicador de estabilização das erosões, aonde há fixação dela, a perda de solos é menor e o surgimento de feições não foi identificado.

As voçorocas estudadas localizam-se predominantemente em áreas de planície.

O teor de matéria orgânica e argila são reduzidos, os solos são arenosos com predominância de areia fina o que facilita na remoção de partículas, esse conjunto de fatores contribuem significativamente no processo erosivo.

A morfologia é linear, bifurcada e mista.

A evolução é pontual e particular em cada voçoroca, mesmo naquelas que apresentaram algumas características similares. Sendo necessário um acompanhamento e estudo em cada uma para entender sua dinâmica.

A ação antrópica vem contribuindo para acelerar o processo erosivo ao longo do tempo, com atividades como garimpo e pecuária extensiva.

Para melhor entendimento da vulnerabilidade erosiva e quais os fatores que mais influenciam é necessário levantamento mais detalhado com maior período de observação aliado a mais experimentos no local, sendo assim, é necessário cadastramento das voçorocas e para entender o histórico da evolução da paisagem.

Portanto foi possível perceber que a serra vem passando por transformações na sua paisagem e a erosão pluvial é responsável por uma parcela dessa evolução, representada aqui pelo seu modelo mais expressivo, as voçorocas.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro**. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, 1949.
- ALMEIDA, E. B. **Levantamento fitogeomorfológico no topo da serra do Tepequém - RR, por meio de técnicas de classificação em imagens de sensores remotos orbitais**. Boa Vista. 2014; Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima.
- ALMEIDA, L. M.; RIGOLIN, T. B. **Fronteiras da globalização geral e do Brasil**. São Paulo: Ática, 2005.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. **A ocorrência de voçorocas em gouveia, MG: características e processos associados**. Revista Geonomos, v. 14, n. 2, 2013.
- BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N. **Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.464 – 476, 2012.
- BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Rio Grande, 1999. 303f.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 2004.
- BESERRA NETA L.C.; COSTA, M. L.; BORGES, M. S. **A Planície Intermontana Tepequém, Roraima, e sua vulnerabilidade erosiva**. In: ROSA COSTA, L. T.; KLEIN, E. L.; VIGLIO, E. P. (Eds.) Contribuições a Geologia da Amazônia. Belém: SGB – Núcleo Norte, v. 5, p.89-100. 2007.
- BESERRA NETA, L. C. **Análise evolutiva da paisagem da serra Tepequém - Roraima e o impacto da atividade antrópica**. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências Universidade Federal do Pará, Belém, 2008. 190f.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vs. 1 e 2. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BORGES, F. R.; D'ANTONA, F. J. G. **Geologia e Mineralizações da serra Tepequém-RR**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, 1988, Belém. Anais., Belém: SBG, p.155-163.1998.

BOHRER, C. B. A. **Vegetação, paisagem e o planejamento do uso da terra.** GEOgraphia. Vol.2. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL 1975. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21; geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Ministério de Minas e Energia/DNPM, Rio de Janeiro.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia.** [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 20.12.2013.

CAVAGUTI, N. **Erosões lineares e solos urbanos-estudos, caracterização e análise do meio físico de Bauru, São Paulo.** Tese de livre docência. Faculdade de Engenharia e Tecnologia, UNESP, Bauru, 1994. 548f.

CAVALCANTI, A. P. B. **Abordagens geográficas no estudo da paisagem.** In: breves contribuciones del I. E. G. N°22. 2010. Disponível em: [http://www.filo.unt.edu.ar/rev/ieg/ieg\\_22/Breves%2022-4-Cavalcanti.pdf](http://www.filo.unt.edu.ar/rev/ieg/ieg_22/Breves%2022-4-Cavalcanti.pdf). Acesso 22/01/2014.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia.** In. GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. Cap. 3, p. 93-148.

COELHO, M. A; TERRA, L. **Geografia do Brasil: Espaço Natural, Territorial e Socioeconômico Brasileiro.** São Paulo: Moderna, 1998.

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

COUTO, L. C. **O geoprocessamento: conceito e prática.** Adaptado do Trabalho de Conclusão de Curso da especialização em Geoprocessamento do Centro Universitário de Belo Horizonte. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1999.

CUNHA, P. P. **A importância da datação por luminescência em estudos de geomorfologia e de geologia do quaternário.** In: V congresso nacional de Geomorfologia. Porto, 2010.

DANTAS, C. S. FERREIRA, O. M. **Erosões rurais origem e processos de evolução: estudo do caso da fazenda São Sebastião no município de São Luís de Montes Belos-GO.** 2008. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss>.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos.** 2 ed., Rio de Janeiro, 1997, 212 p.

EMBRAPA. **Apostila Construção de terraços para controle de erosão pluvial no estado do Acre**, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Processos de gênese e evolução de voçorocas**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 23.10.2013.

FIGUEIRÓ, A. S. **Geoecologia e paisagem: revisitando um caminho epistemológico**. Rio de Janeiro: UFRJ. CCMN-Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2001.40 p.

FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. **Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat**. Revista Brasileira de Geociências, 33 p.127-136. 2003.

GUERRA, A. T. **Estudo Geográfico do Território Federal de Roraima**. Rio de Janeiro: IBGE, 1957. 252 p.

GUERRA, A.J.T.; OLIVEIRA, M.C. **A influência dos diferentes tratamentos do solo, na seletividade do transporte de sedimentos: um estudo comparativo entre duas estações experimentais**. Anais do VI Simpósio de Geografia Física Aplicada. Goiânia, vol. I.1995.

GUERRA, A. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização e bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.149-209.

GUERRA, A. T. **Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos**. Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, n.16, p.32-37, 2005.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand, 2007.

GUERRA, A. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand, 2010.

LANA, C. E.; CASTRO P. T. A. **Evolução histórica e filosófica do conceito de nível de base fluvial**. TERRÆ DIDÁTICA, p.51-57, 2012.

LAL, R. **Erodibility and erosivity**. In: LAL, R. et al. **Soil erosion research methods**. Washington: Soil and Water Conservation Society, 1988. p. 141-160.

LEITE, S. C. C. **Sistema de informações geográficas para o monitoramento da hipertensão arterial no programa saúde da família(PSF)**. 2008. 66p. Monografia (Trabalho final de curso de Tecnologia em Geoprocessamento)

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba – CEFET-PB. João Pessoa, 2008.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. **Sistema Pasto-lavoura e seus Efeitos na Produtividade Agropecuária**. In Favoretto, V.; Rodrigues, L.R.A.; Reis, R.A. Simpósio sobre Ecossistemas de Pastagens, 2, 1993, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: FUNEP, UNESP, p.216-245. 1993.

MELO, E. C.; ALMEIDA FILHO, R. **Mapeamento de Áreas Degradadas Pela Atividade de Garimpos na Região da Serra Tepequém (RR), Através de Imagens Landsat-TM**. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 639-645.

MOURA, D. V.; SIMÕES, C. S. **A evolução histórica do conceito de paisagem**. In: Ambiente e Educação. vol. 15. 2010.

NASCIMENTO, E. C.; BESERRA NETA, L. C.; TAVARES JUNIOR, S. S. **Interpretando a paisagem da serra do Tepequém a partir de metodologias lúdicas**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.576 – 587, 2012.

NIEMANN, R. S.; VITTE, A. C. **Uma introdução à história da geomorfologia no Brasil: a contribuição de Aziz Nacib Ab'Saber**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2, p. 41-50, 2009.

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

Oliveira, S. G.; Beserra Neta, L. C.; Tavares Júnior, S. S.; **Feições erosivas identificadas nos solos da serra do Tepequém- RR**. Revista Geonorte, Edição Especial, 4, V.10, N.4, p.60-66, 2014.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. **Intemperismo em regiões tropicais**. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Orgs: Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. Rio de Janeiro: 3ª Ed. Bertrand, 2000.

PUNTEL, G. A. **A Paisagem no Ensino de Geografia**. Ágora, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 1, p. 283-298, 2007.

ROCHA, H. F. M. **Visualização Urbana Digital: Sistema de Informações Geográficas e Históricas para o Bairro do Comércio – Salvador**. 2007.168p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

ROCHA, J. N. B.; ASSIS, V. F. **Formação histórica e principais abordagens da geomorfologia.** Disponível em: <http://ww.ufpi.br/20sic/Documentos/RESUMOS/Modalidade/Humanas>. Acesso em: 14.10.2013.

ROSS, J. L. S. **O relevo brasileiro, as superfícies de aplanamento e os níveis morfológicos.** Revista do Departamento de Geografia-USP, v. 5, p. 7-24, 1991.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil.** São José dos Campos: INPE, 2001. 145p.

SCHIER, R.A. **Trajetórias do conceito de paisagem na geografia.** R. RA'EGA, Curitiba, n.7, p.79-85, 2003.

Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima. Anuário Estatístico de Roraima 2009. Boa Vista: CGEES/SEPLAN – RR, 2009.

SILVA, W. B. **Caracterização da cobertura superficial em encosta na Bacia do Rio das Pombas, Guarapuava – PR: bases para entendimento da gênese erosiva em túneis.** 2007. 57 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão. Paraná, 2011.

SILVA, J. M. F. **Caracterização e mapeamento das unidades geomorfológicas da Bacia do Rio Pequeno, Antonina - PR–** Curitiba, 2010. 95 p.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. **Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica.** Ciência e Educação (Bauru), v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em: 14.01. 2014.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas.** São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49p. (Métodos em questão, 16).

STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. **Geocronologia de baixos terraços fluviais do Rio Mogi Guaçu/SP.** 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Rio de Janeiro. 2012.

SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares.** São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 500p.

TARDIN, R. **Ordenação Sistêmica da Paisagem.** In: I Enanparq. Rio de Janeiro, 2010.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

THOMAS, M. F. Surface process in tropical climates. In: **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes.** Chichester, John Wiley& Sons, 1994.

THOMAZ, E. L.; ROSS, J. L. S. **Processos hidrogeomorfológicos em vertente com solos argilosos rasos em Guarapuava-PR, Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 7, nº 2, 2006.

TORRES, T. Z. **As tecnologias digitais no fluxo informacional do espaço rural brasileiro.** Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESO INTERNACIONAL de Ciudades Creativas, 3., 2013, Campinas. Actas... Madrid: ICONO14, 2013.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC/Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. **Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v.28, n.4, p.585-596, 2004.