



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPG-GEO

SHEILLY MIRANDA RODRIGUES

**ESTUDO DAS LINHAS DE PEDRA NA SERRA DO TEPEQUÉM EM AMAJARÍ -  
RR**

Boa Vista/RR

2017

SHEILLY MIRANDA RODRIGUES

**ESTUDO DAS LINHAS DE PEDRA NA SERRA DO TEPEQUÉM EM AMAJARÍ -  
RR**

Dissertação apresentada como requisito para a conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG – GEO) da Universidade Federal de Roraima. Linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Luiza Câmara Beserra Neta

Co-Orientador (a): Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup>. Stélio Soares Tavares Júnior

Boa Vista/RR

2017

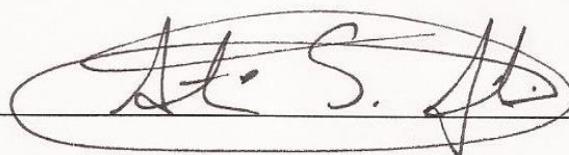
SHEILLY MIRANDA RODRIGUES

ESTUDO DAS LINHAS DE PEDRA NA SERRA DO TEPEQUÉM EM AMAJARÍ-RR

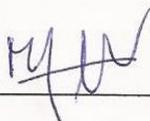
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Dinâmica da Paisagem Amazônica. Defendida em 08 de março de 2017 e avaliada pela seguinte banca:



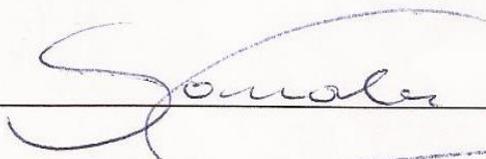
**Profa. Dra. Luiza Câmara Beserra Neta – Orientadora (UFRR)**



**Prof. Dr. Antônio Fábio Sabbá Guimarães Vieira (UFAM)**



**Prof.ª Dra. Márcia Teixeira Falcão (UERR)**



**Prof. Dr. Carlos Sander (UFRR)**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

R696e Rodrigues, Sheilly Miranda.

Estudo das linhas de pedra na serra do Tepequém em  
Amajari-RR / Sheilly Miranda Rodrigues. – Boa Vista, 2017.

99 f. : il.

Orientador: Profa. Dra. Luiza Câmara Beserra Neta.

Coorientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Junior.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,  
Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Fronteira.

1 – Oscilações climáticas. 2 – Morfogênese mecânica. 3 –  
Linhas de Pedra. I – Título. II – Beserra Neta, Luiza Câmara  
(orientadora). II – Tavares Junior, Stélio Soares.

CDU – 551.3.053

## DEDICATÓRIA

*À Deus. Aos meus pais, cujo apoio e palavras de incentivo foram fundamentais, desde as provas de seleção para o Mestrado e durante todo o transcorrer do curso, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por toda força, sabedoria, saúde e coragem, durante todos os momentos desta caminhada.

A Universidade Federal de Roraima pela possibilidade do meu aperfeiçoamento intelectual e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

A CAPES pela concessão da bolsa e apoio financeiro durante toda pesquisa.

A professora Dra. Luiza Câmara Beserra Neta, pelas orientações, dedicação, paciência e incentivo que foram importantes e indispensáveis à realização deste trabalho. Também agradeço pelas oportunidades concedidas durante minha graduação.

Ao professor Dr. Stélio Soares Tavares Júnior pelo apoio, contribuição e ensinamentos que foram fundamentais, o qual também acompanha minha jornada desde a graduação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRR, pelos ensinamentos repassados durante as atividades presenciais.

Ao coordenador do Laboratório de Sedimentologia do NUPENERG-UFRR, Prof. Dr. Vladimir de Souza e ao coordenador do laboratório de Difractometria de raio-X do departamento de Física-UFRR, Prof. Dr. Roberto Câmara, pela disponibilidade dos laboratórios durante a realização das análises laboratoriais.

A minha amiga Talita Suelen pela amizade e companheirismo nas atividades de campo e bate-papos que ajudaram a moldar esse trabalho.

As minhas colegas Raiane e Roseane parceiras de curso desde a graduação.

A Marta pelo companheirismo nas atividades de laboratórios.

E aos meus familiares, em especial minha mãe pelo carinho e orações.

## RESUMO

No Norte do estado de Roraima, no município de Amajari destaca-se na paisagem a Serra do Tepequém, esta foi esculpida nos sedimentos da Formação Tepequém, de idade Paleoproterozóica, constituídos por conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos. Na porção interior da serra identifica-se uma planície intravales aplainada, a qual encontra-se sob forte ação erosiva linear-voçorocas. As planícies são circundadas por morros e colinas que apresentam na base de suas vertentes depósitos coluvionares/alúvios pedogenizados formando solos incoesos com presença de linhas de pedras. A presente pesquisa visa entender a evolução da paisagem da serra do Tepequém, a partir da análise das linhas de pedra. Foram realizadas duas etapas de trabalho de campo que foram executadas as atividades, identificação da distribuição espacial das linhas de pedra adquiriram-se dados morfométricos considerando os seguintes parâmetros largura, arranjo, forma, extensão, espessura, localização no perfil e aquisição das coordenadas UTM através do GPS. Em seguida foram coletadas 16 amostras de sedimentos/solos e seixos das linhas de pedra, sendo depositadas em sacos plásticos e identificadas para posterior análise laboratorial. Em laboratório foi realizado tratamento e manipulação de imagens digitais para elaboração de mapas temáticos, bem como mapa de espacialização e mapa do Compartimento Geomorfológico da serra. Os sedimentos foram submetidos à análise granulométrica, mineralógica, morfológica e química. No topo da serra do Tepequém, as linhas de pedra concentram-se nas planícies intermontanas, secundariamente na base dos morros e colinas. As linhas de pedra se posicionam de modo horizontal à superfície do terreno, sendo comuns nas planícies de forma contínuas e descontínuas e se posicionam subhorizontalmente de forma contínua na baixa vertente de morros. Os solos e o sedimento/matriz das linhas de pedra apresentam granulometria por fração arenosa a areia siltica, com predomínio da textura areia fina e por silte, altamente ácidos, e pobres em matéria orgânica, são pobremente selecionados, com grau de assimetria negativa a muito positiva, e valores de curtose em platicúrtica a muito leptocúrtica. Os grãos dos sedimentos e seixos que compõem as linhas de pedra apresentam morfologia subangulosos a arredondados. São constituídos predominantemente de quartzo, contendo ainda muscovita e caulinita, e em menor quantidade hematita, goethita e ilmenita presentes nas linhas de pedra. Foram constatados na análise química solos em média mais aluminosos que ferruginosos. São sílico-aluminosos, devido a grande abundância de quartzo. Portanto, as linhas de pedra são indicativas da evolução da paisagem, marcados por longos períodos secos e curtos períodos úmidos, correspondendo a antigos depósitos de fragmentos grosseiros associados à morfogênese mecânica, promovidos pelas oscilações climáticas.

Palavras – chave: Oscilações climáticas. Morfogênese mecânica. Linhas de pedra.

## ABSTRACT

In the north of the state of Roraima, in the municipality of Amajari stands out in the Serra do Tepequém, this one was carved in the sediments of the Tepequém Formation, Paleoproterozoic age, consisting of conglomerates, sandstones, siltstones, argillites. In the interior portion of the mountain range, a planar intravale plain is identified, which is under strong erosive linear-gauge action. The plains are surrounded by hills and hills that present at the base of their slopes deposits The colluvial/ pedunized aluos forming inconsistent soils with the presence of lines of stones. The present research aims to understand the evolution of the landscape of the Tepequém mountain range, based on the analysis of the stone lines. Two fieldwork steps were carried out and the activities were carried out Identification of the spatial distribution of stone lines, morphometric data were acquired considering the following parameters Width, arrangement, shape, extent, thickness, profile location and acquisition of UTM coordinates through GPS. After that, 16 samples of sediments / soils and pebbles of the stone lines were collected, being deposited in plastic bags and identified for later laboratory analysis. In the laboratory, digital images were manipulated and manipulated to create thematic maps, as well as spatial map and map of the Geomorphological Compartment of the mountain range. The sediments were submitted to granulometric, mineralogical, morphological and chemical analyzes. At the top of the mountain range of Tepequém, the stone lines are concentrated in the intermontanas plains, secondarily at the base of the hills and hills. The stone lines are positioned horizontally to the surface of the terrain, being common in the plains in a continuous and discontinuous way and positioned subhorizontally continuously in the low slope of hills. The soils and the sediment / matrix of the stone lines present granulometry by sandy fraction and silica sand, with a predominance of fine sand and silt texture, highly acidic and poor in organic matter, are poorly selected, with a degree of negative asymmetry Positive, and values of kurtosis in platicúrtica to very leptocúrtica. The grains of the sediments and pebbles that make up the stone lines have subangled to round morphology. They consist predominantly of quartz, still containing muscovite and kaolinite, and in smaller amount hematite, goethite and ilmenite present in the stone lines. Soils on average were more alkaline than ferruginous. They are silica-aluminosos, due to the great abundance of quartz. Therefore, the stone lines are indicative of the evolution of the landscape, marked by long dry periods and short humid periods, Corresponding to old deposits of coarse fragments associated with mechanical morphogenesis, promoted by the climatic oscillations.

Key - words: Climatic oscillations. Mechanical morphogenesis. Stone lines.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	As características das principais ideias de modelos de evolução da paisagem.....	17
Figura 2-	Origem dos paleopavimentos.....	29
Figura 3-	Localização da área de estudo no Norte de Roraima, carta imagem da serra do Tepequém, com destaque para a rede de drenagem e principal via de acesso.....	35
Figura 4-	Mapa dos compartimentos geomorfológicos da serra Tepequém – RR.....	36
Figura 5-	Serra do Tepequém (Planalto Sedimentar Roraima) bordejada por relevo de morros e colinas e a paisagem aplainada que antecede a serra pertence ao Pediplano Rio-Branco – Rio Negro.....	37
Figura 6-	Mapa geológico da Serra do Tepequém.....	38
Figura 7-	vegetação da serra do Tepequém: (A) floresta ombrófila densa com arbustos de grande porte na encosta da serra e mata de galeria próxima a drenagem; (B) gramíneas com a presença de pequenos arbustos esparsos na planície.....	39
Figura 8-	Mapa de solos do topo da serra do Tepequém-RR.....	40
Figura 9-	Imagem Landsat 8, mostrando a rede de drenagem.....	41
Figura 10-	Procedimentos em trabalho prático de campo. (A) limpeza do perfil do topo para base; (B) medidas do perfil	43
Figura 11-	Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de seleção.....	47
Figura 12-	Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de assimetria.....	47
Figura 13-	Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para classificação dos valores de curtose.....	48
Figura 14-	Graus de arredondamento. Do topo para base: angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem-arredondado.....	49
Figura 15-	Aparelhos utilizados na etapa de laboratório: (A) Microscópio Estereoscópico (lupa binocular); (B) Aparelho de ultra-som; (C) Agitador mecânico; (D) Centrífuga e, (E) Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	51
Figura 16-	Fluxograma do procedimento metodológico.....	52

Figura 17-	Carta imagem – espacialização das linhas de pedra no topo da serra do Tepequém-RR, destacando os perfis de solo/linha de pedra estudadas.....	55
Figura 18-	Linhas de pedra estudadas. (A) linha de pedra de pouca espessura, formada por seixos de quartzo, subarredondados e arredondados; (B) linha de pedra de grande espessura, composta por seixos de quartzo, angulosos e subangulosos; (C) linha de pedra formada de fragmentos lateríticos angulosos e subangulosos e; (D) Detalhe dos seixos.....	56
Figura 19-	Tipologia e características das linhas de pedra estudadas detalhadamente.....	57
Figura 20-	Perfil 1: Perfil de solo exposto na parede de voçoroca. No detalhe fragmentos lateríticos, angulosos e subarredondados, componentes da linha de pedra.....	59
Figura 21-	Perfil 2: Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, subangulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.....	60
Figura 22-	Perfil 3: Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, angulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.....	61
Figura 23-	Perfil 4: Perfil de solo exposto na parede de um corte de estrada. Em destaque seixos de quartzo, angulosos e arredondados.....	62
Figura 24-	Perfil 5: Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, subangulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.....	64
Figura 25-	Mapa das formas de relevo, com destaque para a localização das linhas de pedra ao compartimento de relevo.	66
Figura 26-	Linhas de pedra quanto a localização no perfil. (A) linha de pedra encontra-se subhorizontalizada; (B) linha de pedra posicionada de modo horizontal à superfície; (C) linha de pedra sub-horizontal e; (D) linha de pedra também posicionada de modo sub-horizontal a superfície.....	67
Figura 27-	(A) morro alinhado no entorno da linha de pedra do perfil 1, em destaque processo de ravinamentos e blocos rolados, cicatrizes de movimento de massa; (B) vertente côncava-convexa do morro, predomínio de escoamento superficial.....	68

Figura 28-	(A) linha de pedra posicionada horizontalmente a superfície do terreno; (B) croqui com destaque para linha de pedra contínua; (C) linha de pedra posicionada sub-horizontal/descontínua no terreno na planície; (D) croqui com destaque para a descontinuidade da linha de pedra; (E) linha de pedra horizontal e contínua a superfície do terreno na base da vertente; (F) croqui destacando linha de pedra contínua.....	70
Figura 29-	Distribuição granulométrica nos diagramas de Shepard. (A) perfil 1; (B) perfil 2 e perfil 2; (C) perfil 3; (D) perfil 4 e (E) perfil 5.....	72
Figura 30-	Análise da frequência dos dados granulométricos dos perfis de solo/linha de pedra estudados no topo da serra do Tepequém-Roraima.....	73
Figura 31-	Variação granulométrica nos perfis 1(A), perfil 2 (B) e perfil 3.....	74
Figura 32-	Variação granulométrica nos perfis 4 (A), perfil 5 (B). (Legenda: AG - areia grossa, AM – areia média, AF – areia fina, SI – silte e A – argila).....	75
Figura 33-	Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 1.....	77
Figura 34-	Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 2.....	77
Figura 35-	Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 3, com predominância de grãos arredondados.....	78
Figura 36-	Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 4, com predominância de grãos subarredondados.....	78
Figura 37-	Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 5, com predominância de grãos subarredondados.....	79
Figura 38-	Morfologia das linhas de pedra, (A) fragmentos lateríticos angulosos (B) seixos de quartzo arredondados.....	79
Figura 39-	Morfologia e grau de arredondamento dos grãos: (A) grãos com morfologia angular; (B) subangular; (C) subarredondados; (D) arredondados e (E) detalhe de grãos com presença de fissuras, cavidades e manchas de tons escuros como castanho avermelhados.....	80

Figura 40-	Minerais presentes no solo do perfil 1, determinados por DRX em amostras totais.....	81
Figura 41-	Minerais presentes no solo do perfil 2, determinados por DRX em amostras totais.....	82
Figura 42-	Minerais presentes no solo do perfil 3, determinados por DRX em amostras totais.....	82
Figura 43-	Minerais presentes no solo do perfil 4, determinados por DRX em amostras totais.....	83
Figura 44-	Minerais presentes no solo do perfil 5, determinados por DRX em amostras totais.....	83
Figura 45-	Variação do teor de matéria orgânica nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 1.....	85
Figura 46-	Variação do teor de matéria orgânica nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 3.....	86
Figura 47-	Variação do pH em $\text{CaCl}_2$ nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 1 (A) e perfil 3 (B).....	86
Figura 48-	Distribuição dos valores percentuais de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e Sílica ( $\text{SiO}_2$ ) nos horizontes de solos e na matriz da linha de pedra do perfil 1.....	87
Figura 49-	Distribuição dos valores percentuais de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e Sílica ( $\text{SiO}_2$ ) nos horizontes de solos e na matriz da linha de pedra do perfil 3.....	88

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
2.1	EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS	15
<b>2.1.1</b>	<b>Evolução do pensamento geomorfológico</b> .....	15
<b>2.1.2</b>	<b>Oscilações climáticas na Amazônia e em Roraima</b> .....	20
2.2	ABORDAGENS DA CONCEITUAÇÃO DE LINHAS DE PEDRA .....	26
2.3	ESTUDOS PIONEIROS SOBRE A ORIGEM DAS LINHAS DE PEDRA.....	27
2.4	ESTUDOS DAS LINHAS DE PEDRA E A SUA IMPORTÂNCIA PALEOCLIMÁTICA.....	30
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	33
3.1	OBJETIVO GERAL.....	33
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
<b>4.</b>	<b>LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	34
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.2	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	34
<b>4.2.1</b>	<b>Geomorfologia</b> .....	34
<b>4.2.2</b>	<b>Geologia</b> .....	37
<b>4.2.3</b>	<b>Vegetação</b> .....	38
<b>4.2.4</b>	<b>Solos</b> .....	40
<b>4.2.5</b>	<b>Hidrografia</b> .....	41
<b>4.2.6</b>	<b>Clima</b> .....	41
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTO METODOLÓGICO</b> .....	42
5.1	ETAPA DE CAMPO.....	42
5.2	ETAPA DE LABORATÓRIO.....	44
<b>5.2.1</b>	<b>Processamento das imagens de Sensores Remotos</b> .....	44
5.2.1.1	Mapa de espacialização das linhas de pedra.....	44
5.2.1.2	Compartimentos Geomorfológicos.....	45
<b>5.2.2</b>	<b>Análise granulométrica dos sedimentos</b> .....	45
<b>5.2.3</b>	<b>Análise morfológica</b> .....	48
<b>5.2.4</b>	<b>Identificação Mineralógica</b> .....	49
<b>5.2.5</b>	<b>Matéria orgânica</b> .....	50

5.2.6	<b>Medidas de pH</b> .....	50
5.2.7	<b>Análises química</b> .....	50
6.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	53
6.1	<b>ESPACIALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS LINHAS DE PEDRA</b> .....	53
6.1.1	<b>Perfil 1</b> .....	58
6.1.2	<b>Perfil 2</b> .....	59
6.1.3	<b>Perfil 3</b> .....	61
6.1.4	<b>Perfil 4</b> .....	62
6.1.5	<b>Perfil 5</b> .....	63
6.2	<b>A RELAÇÃO DA MORFOLOGIA DAS LINHAS DE PEDRA COM O MODELADO DO RELEVO</b> .....	65
6.3	<b>CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS E DAS LINHAS DE PEDRA</b> .....	71
6.3.1	<b>granulometria dos solos e da matriz dos seixos das linhas de pedra</b> .....	71
6.3.2	<b>Morfologia e grau de arredondamento dos grãos</b> .....	76
6.3.3	<b>Composição mineralógica</b> .....	81
6.3.4	<b>Matéria orgânica e pH de solos</b> .....	84
6.3.5	<b>Composição Química</b> .....	87
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	89
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

Roraima é constituído por uma diversidade de relevo e unidades geomorfológicas que são decorrentes dos processos endógenos (tectônicos) e processos exógenos (morfoclimáticos) que atuam de forma diferenciada no modelado da paisagem. Na porção norte do estado de Roraima, no município de Amajari destaca-se na paisagem a serra do Tepequém, esta apresenta características geológicas e geomorfológicas que promovem uma relevante beleza cênica, evidenciada por apresentar uma morfoestrutura de topo com variação altimétrica de 575 a aproximadamente 1.100 metros (BESERRA NETA, 2007).

A serra do Tepequém foi esculpida nos sedimentos da Formação Tepequém, de idade Paleoproterozóica, constituídos por conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos e níveis de rochas piroclásticas, depositados discordantemente sobre o Grupo Surumu, que é constituído por riolitos, riodacitos, dacitos, andesitos e rochas piroclásticas ácidas. Na porção interior da serra identifica-se uma planície intravale aplainada, denominada por Beserra Neta, Costa e Borges (2007) de planície intermontana Tepequém, a qual encontra-se sob forte ação erosiva linear-voçorocas.

As planícies são circundadas por morros e colinas que apresentam na base de suas vertentes depósitos coluvionares/alúvios pedogenizados formando solos incoesos com presença de linhas de pedras. Tais linhas de pedra, foco do estudo, encontram-se posicionadas nas planícies intermontanas, configurando os paleopavimentos detríticos. Segundo Hiruma (2007), a linha de pedra refere-se a um horizonte de fragmentos angulosos a subangulosos, às vezes arredondados, de quartzo, quartzitos, minerais pesados, ou de outros materiais resistentes à alteração química, presente no interior da cobertura pedológica em vastas áreas das zonas intertropicais.

Os depósitos de linhas de pedra representa um importante instrumento para a compreensão dos processos relacionados à evolução das vertentes, pois documentam as oscilações climáticas do passado. Conforme Bigarella et al., (2007), o estudo da origem deste tipo de material está ligado basicamente a processos que ocorrem nas encostas. A evolução das encostas geralmente está relacionada à

interação entre: mudanças climáticas acentuadas; ajuste de níveis de base locais e levantamentos crustais.

Diante destas impressões, julga-se relevante um estudo mais específico sobre as linhas de pedra, a fim de melhor caracterizar estas feições geomorfológicas no topo da serra do Tepequém – RR, bem como contextualizar a dinâmica evolutiva do relevo atual.

Portanto, este estudo tem como finalidade estudar as linhas de pedra, através de análise física, química e mineralógica, bem como sua espacialização no relevo na paisagem da serra do Tepequém-RR.

O presente estudo está estruturado em quatro capítulos. O primeiro trata sobre os pressupostos teóricos referentes ao estudo da paisagem e sua evolução no âmbito da geomorfologia, em seguida a abordagem destaca os estudos sobre as oscilações climáticas na Amazônia e em Roraima e sobre as linhas de pedra enfatizando sua conceituação, origem e sua importância paleoclimática.

O segundo capítulo tem como enfoque apresentar de maneira geral as características fisiográficas da área de estudo, propiciando melhor conhecimento dos aspectos físicos da serra.

No terceiro capítulo, são apresentados e descritos os procedimentos metodológicos que foram utilizados no estudo, neste são demonstrados os métodos, materiais e técnicas adotados para a realização das atividades de campo, de gabinete e de laboratório, que foram de grande relevância para o desenvolvimento da pesquisa.

Por fim, o quarto capítulo traz os resultados, em que foi possível caracterizar e identificar a distribuição espacial das linhas de pedra na área de estudo e relacionar a morfologia deste paleopavimento com o modelado do relevo. O estudo das linhas de pedra e sua matriz (material que compõem as linhas de pedra) permitiu adquirir dados granulométricos, morfológicos, mineralógicos e químicos dos sedimentos/solos que serviram de base para a discussão sobre a dinâmica evolutiva da área.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS

#### 2.1.1 Evolução do pensamento geomorfológico

A superfície terrestre está em constante transformação como resultado da interação entre forças endógenas (processos crustais) e exógenas (processos superficiais), formando grande variedade de formas de relevo. Desta forma, Caseti (2005), afirma que a vertente se caracteriza como a mais básica de todas as formas de relevo, sua importância pode ser justificada sob dois ângulos de abordagem. Neste contexto ele comenta que:

Um, por permitir o entendimento do processo evolutivo do relevo em diferentes circunstâncias, o que leva à possibilidade de reconstituição do modelado como um todo, e outro por sintetizar as diferentes formas do relevo tratadas pela geomorfologia, encontrando-se diretamente alterada pelo homem e suas atividades (CASSETI, 2005, p. 175).

Considerações acerca da ideia de evolução do modelado terrestre puderam se concretizar ao longo dos tempos por meio de observações da ação dos agentes erosivos sobre as paisagens. Os modelos de evolução da paisagem teve início em 1899, com os trabalhos de William Morris Davis. Segundo Monteiro (2001), Davis apresentou uma proposta fundamentada na tendência evolucionista, denominada teoria do Ciclo Geográfico do Relevo que teve como enfoque a dinâmica de evolução do relevo, ressaltando a importância das transformações em que o modelado terrestre está constantemente submetido, sendo este um dos pontos de partida para o desenvolvimento da geomorfologia.

Segundo Abreu (2003), na teoria de Walther Penck (1924) a emersão ou soerguimento e a denudação acontecem ao mesmo tempo, com intensidade diferenciada pela ação da tectônica, criticando o sistema proposta por Davis. Procurou demonstrar que, em função do comportamento da crosta, haveria diferentes intensidades de manifestações com relação ao entalhamento do talvegue e efeitos de denudação. Penck afirmava em sua teoria que as vertentes evoluiriam por um processo erosivo de recuo paralelo, sem modificação de seus ângulos de inclinação superiores, condicionadas pelas projeções altimétricas dos níveis de base local e posição relativa dos níveis de base geral de erosão.

Lester King outro importante autor da geomorfologia, restabelece o conceito de estabilidade tectônica de Davis, porém, admitindo uma compensação isostática. Considera o recuo paralelo das vertentes, proposta por Penck, como forma de evolução morfológica. Para King (1955), o recuo paralelo das vertentes seria o mecanismo principal de evolução, com manutenção dos ângulos de declividade e de sua relativa geometria, tendo como forma resultante a geração de amplas superfícies inclinadas na base das vertentes, denominados de pedimentos (CASSETI, 2005).

Segundo Caseti (2005), John Hack (1960) trabalhou com o conceito de “equilíbrio dinâmico”. Esse conceito fundamenta-se na teoria geral dos sistemas, vinculado à linhagem anglo-americana pós-davisiana. O princípio básico da teoria de Hack é o de que o relevo é um sistema aberto, mantendo constante troca de energia e matéria com outros sistemas terrestres, estando vinculado à resistência litológica.

Enquanto Penck considera o modelado como resultado da competição entre o levantamento e a erosão, Hack o considera como produto de uma competição entre a resistência dos materiais da crosta e as forças de denudação (Figura 01).

Figura 01: As características das principais ideias de modelos de evolução da paisagem.

CARACTERÍSTICAS	W.M. DAVIS (1899)	W. PENCK (1924)	L.C. KING (1955)	J.T. HACK (1960)
Características gerais do sistema	Rápido soerguimento com posterior estabilidade tectônica e eustática	Ascensão de Massa com intensidade e Duração diferentes	Longos períodos de estabilidade tectônica, separados por períodos rápidos e intermitentes de soerguimento da crosta	Toda alternância de energia interna ou externa gera alteração no sistema através da matéria
Relação soerguimento/denudação	Início da denudação (comandada pela incisão fluvial) após estabilidade ascensional	Intensidade de denudação associada ao comportamento da crosta	Denudação concomitante ao soerguimento	Reação do sistema com alteração do fornecimento de energia (oscilações climáticas)
Estágio final ou parcial da morfologia	Evolução morfológica de cima para baixo	Evolução por recuo paralelo das vertentes	Evolução morfológica por recuo paralelo	Todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados. Modificam-se na mesma proporção
Estágio final ou parcial da morfologia	Peneplanização formas residuais monadnocks	Superfície primária (lenta ascensão compensada pela denudação). Não haveria produção de elevação geral da superfície	Pediplanação (formas residuais: inselberg)	Não evolui necessariamente para aplainamento (equifinalização). O equilíbrio pode ocorrer sob as mais variadas "panoramas topográficos"

Continua...

Figura 01: As características das principais ideias de modelos de evolução da paisagem.

Continuação

CARACTERÍSTICAS	W.M. DAVIS (1899)	W. PENCK (1924)	L.C. KING (1955)	J.T. HACK (1960)
Noção de nível de base	Processo evolutivo comandado pelo nível de base geral	Vertente evolui em função do nível de base local	Pressupõe a generalização de níveis de base (qualquer ponto de um rio é considerado NB para os demais à montante)	Ajustamento sequencial
Variáveis que compõem o sistema	Temporal/estrutural com subordinação da processual	Processo, tectônica e tempo	Processo/forma, considerando o fator temporal, admitindo implicações isostáticas	Relação formas/processos independentes do tempo (processo morfogenético-resistência das rochas – influências diastróficas

Fonte: Casseti (2005).

Marques Neto (2012) menciona que no Brasil os estudos geomorfológicos está ligado a dois marcos históricos: a criação e institucionalização de várias universidades, destacando a Universidade de São Paulo (USP) nos anos de 1930, e a criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 1937.

O segundo marco significou a institucionalização da geografia e dos estudos geomorfológicos no Estado brasileiro, uma vez que o IBGE está, desde sua criação, promovendo pesquisas sobre aspectos socioeconômicos e ambientais no país. Podemos destacar o papel marcante da influência francesa com os trabalhos de Emmanuel de Martone, Pierre Deffontaines e Francis Ruellan.

Destaca-se neste cenário a contribuição do geógrafo Ab'Saber (1969) que concebe a análise do relevo em três dimensões que se interagem: a compartimentação topográfica, estrutura superficial e fisiologia superficial.

A compartimentação topográfica entende-se a separação de determinados domínios morfológicos que se individualizam por apresentarem características específicas, como determinados tipos de formas ou domínios altimétricos. A compartimentação reflete a interpenetração de forças contrárias (fatores endógenas e exógenas), como os processos relacionados à morfogênese associada a clima seco e úmido, além dos reflexos proporcionados pela estrutura (CASSETI, 2005).

O segundo nível de abordagem refere-se à estrutura superficial. Este se refere ao estudo dos depósitos correlativos ao longo das vertentes. Neste ponto, inicia-se um entendimento cronológico da dinâmica evolutiva dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos, dando suporte à interpretação de características específicas de diferentes tipos de depósitos, das feições antigas como as superfícies de aplainamento e os relevos residuais (CASSETI, 2005).

Bigarella e Passos (2012), afirmam que os estudos dos depósitos correlativos de várias formas erosivas fornecem numerosos dados que concernem à interpretação das condições climáticas vigentes à época de sua formação.

Exemplos de depósitos correlativos podem ser interpretados em regiões intertropicais nas quais desenvolveu-se um clima semiárido que provocou o recuo

paralelo das vertentes, formação de pedimentos detríticos por desagregação mecânica das rochas. Em clima úmido das regiões intertropicais, ocorrem depósitos aluviais e coluvionamento devido à organização da drenagem e intemperismo químico das rochas (BIGARELLA; PASSOS, 2012).

Já a fisiologia da paisagem diz respeito ao momento atual e até sub-atual do quadro evolutivo do relevo, considerando os processos morfodinâmicos e pedogênicos. As principais transformações do relevo estão ligadas aos impactos pluvioerosivos que ocorrem devido à exposição do solo pela retirada de cobertura vegetal, alterando o volume de infiltrações e escoamento superficial ou subsuperficial. Os desequilíbrios e impactos, intensificados pela ação do homem, geram alterações na funcionalidade da paisagem que responde na forma de movimento de massa, assoreamentos, entre outros (CASSETI, 2005).

Nessa perspectiva, Ross (1992) associou gênese e cronologia, aos diferentes tamanhos e as várias formas de relevo da superfície terrestre e propôs a metodologia de classificação do relevo em seis táxons ou escalas de amplitude, considerando as influências das forças endógenas e exógenas na esculturação da superfície terrestre que vão desde as maiores como a morfoestrutura até as menores como as formas produzidas pelos processos erosivos atuais, a exemplo as ravinas e voçorocas.

### **2.1.2 Oscilações climáticas na Amazônia e em Roraima**

Muito se tem tentado explicar a evolução da paisagem em seus aspectos físicos e bióticos a partir de alterações climáticas ocorridas, sobretudo, no Cenozóico. Segundo Salgado-Labouriau (1994), estudos de sedimentos do fundo dos oceanos, de isótopos de oxigênio e análises palinológicas em sedimentos continentais indicam que durante o Quaternário (1,8 Ma ao presente) ocorreram pelo menos dezesseis glaciações de tamanho variável. Nesse período, os efeitos ocorridos nas taxas de intemperismo (morfogênese) e pedogênese estão refletidos na superfície geomorfológica que constitui a base para a compreensão da evolução da paisagem, no passado geológico recente (CAVALCANTE, 2006).

Importantes eventos ocorreram no clima e na biota amazônica. De acordo com Haffer et al., (2002), as alternâncias entre as fases glaciais e interglaciais nas zonas continentais tropicais foram acompanhadas por mudanças profundas no tipo de vegetação e biomassa, causando extinção, diferenciação e mudanças na distribuição geográfica de plantas e animais e ainda uma dinâmica evolutiva da paisagem, não só na Amazônia, como em todo o Brasil.

Dentre as dezesseis glaciações, apenas quatro a cinco foram identificadas geologicamente nos continentes, com duração de cerca de 100 mil anos, intercaladas por interglaciais com duração aproximada de 20 mil anos (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Esses intervalos estão provavelmente relacionados aos ciclos de Milankovitch, ou seja, a obliquidade da eclíptica, precessão dos equinócios e excentricidade da órbita terrestre.

Sobre estes ciclos de Milankovitch, Haffer (1992) comenta:

Esses ciclos nos períodos de ocorrência compreendidos entre 20 mil e 100 mil anos são: 1 ciclo de precessão (cerca de 20 mil anos) em virtude da variação na distância entre a Terra e o Sol; 2 ciclos de obliquidade (cerca de 40 mil anos) em razão do acréscimo e decréscimo da inclinação do Equador na órbita da terra ao redor do sol; e 3 ciclos de excentricidade (cerca de 100 mil anos) por causa da variação na forma da órbita da Terra ao redor do sol. Seu principal efeito foi uma alteração dos períodos climáticos relativamente secos ou mais úmidos nos continentes, com mudanças correspondentes na distribuição da vegetação florestal e não-florestal (HAFFER, 2002, p. 176).

Períodos mais quentes se intercalaram com períodos menos quentes ao longo de toda a história natural e humana do planeta. Segundo Nieuwolt e McGregor (1998), as mudanças climáticas podem ser consideradas em duas escalas temporais: mudanças de longa duração, que são superiores a 20.000 anos, e mudanças de curta duração que podem ocorrer entre 100 e 20.000 anos. Para esses autores, as mudanças climáticas teriam suas origens relacionadas a causas externas, fatores internos e às atividades humanas.

Segundo Mendonça (2003), as causas externas estão relacionadas a mudanças na órbita do planeta em torno do sol e se repercutem diretamente na variação da radiação solar. Os fatores internos são representados por mudanças

observadas nos oceanos, ar e relevo e se ligam a mecanismos de feed-back não lineares ou a interações entre os componentes do sistema climático entre si.

Durante as glaciações, nas atuais regiões tropicais e subtropicais úmidas e subúmidas do Brasil, vigoraram climas mais secos, tipo semiárido e árido, e nos interglaciais predominaram climas semelhantes aos atuais (AB'SÁBER, 1977). Baseando-se em evidências geológicas e geomorfológicas, Ab'Sáber (1977) explica que as correntes frias advindas do sul avançaram até o litoral nordestino e favoreceram à instalação de um clima seco no período de 23.000 a 12.000 anos AP, considerado pelo autor como último período seco pleistocênico.

Dessa forma, o entendimento desse processo na Amazônia e, mais precisamente, em Roraima, fornece subsídios para o entendimento da dinâmica evolutiva, o papel da morfogênese e pedogênese, servindo de base para a reconstituição da paisagem.

Há uma diversidade de estudos, a exemplo, trabalho de Vanzolini (1970) e por Haffer (1992) que demonstraram as variações climáticas e das coberturas vegetais, referentes à expansão e retração das matas atlânticas com o reconhecimento de Redutos Florestais e de Refúgios de Fauna.

Segundo Vanzolini (1970), a teoria dos refúgios proposta para a América Tropical por ele e Haffer (1992) enfatiza a extinção e migração de espécies animais em pulsações em respostas às mudanças climática-vegetacionais da terra.

Os trabalhos desenvolvidos pelo Projeto RADAMBRASIL na década de 70, atualmente incorporado pelo IBGE, reafirmaram e trouxeram novos exemplos confirmadores dessas teorias. Esses trabalhos mostram que as marcas das atuações paleoclimáticas ficaram registradas nos compartimentos geomorfológicos, a exemplo, as ocorrências de "*paleoplayas*" e linhas de pedra, em Roraima, Amazonas e Rondônia. As formas de relevos recobertos por formações superficiais submetidos a processos de arenização, em plena Amazônia (MAURO, 2012).

Bigarella et al., (1965), afirmam que o Quaternário foi marcado por variações climáticas cíclicas, apresentando desde climas glaciais até fases de clima mais quente. O efeito biótico de tais mudanças climáticas foi que as comunidades romperam-se e as espécies mudaram suas distribuições de maneira individual.

Tricart (1977) comenta que nos últimos anos ficaram disponível muitas informações sobre o efeito de climas secos na Amazônia durante o Quaternário, a exemplo, em seu trabalho, o qual fez observação em Oeste de Santarém:

uma área altamente dissecada, apesar da cobertura de densa floresta. Os declives são muito íngremes e os divisores muito estreitos. Tal dissecação não poderia desenvolver-se sob uma cobertura florestal densa, ela envolve vegetação esparsa, tipo de savana” e concluiu: “a Amazônia central sofreu os efeitos de períodos secos quando deixou de ser recoberta pelo tipo atual de floresta pluvial (TRICART, 1977).

No começo do Terciário, o clima global era constantemente árido e a paisagem sul-americana era de um ambiente de deserto, com vegetação de copoeira escassa. Já no Eoceno, o clima ficou mais úmido e as vegetações de savana começaram a aparecerem (HAFFER, 2002).

No restante do período Cenozóico, o clima global foi tornando-se moderadamente úmido, o que resultou no aparecimento de florestas tropicais, e as oscilações entre condições mais frias e secas tornaram-se intensas durante o Quaternário. Estas oscilações resultaram em grandes variações nas distribuições de florestas e savanas na América do sul, favorecendo o desenvolvimento de savanas durante períodos mais secos e florestas durante períodos mais úmidos, como mostra o trabalho “aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia”, de Costa (1991).

De acordo com Franco, Del’ Arco e Rivetti (1975), houve uma sequência paleoclimática de 5 períodos definidos do passado para o presente:

Um clima de forte poder erosivo possivelmente com estação secas acentuadas que atuam nas partes de relevos elevados de NW e W e cujos vestígios nas demais áreas não foram encontrados. Este primeiro tipo de clima parece ter gradado para uma variação em que ocorreu equilíbrio entre as estações secas e úmidas, possivelmente do tipo existente na área de savana. Ele foi seguido por um terceiro tipo de paleoclimas, predominantemente úmido. O quarto evento mostra-se por uma aridez mais acentuada capaz de criar extensos fenômenos de pediplanação e o último evento climático corresponde a uma fase de umidificação do paleoclima precedente e também a um conjunto de fator geomorfológico muito recente.

Segundo Franco, Del’ Arco e Rivetti (1975), o primeiro é o mais antigo paleoclima regional, com forte poder erosivo pela inversão de relevos estruturais, como na serra Uafaranda. Em outros lugares a inversão não se consumou e a base do Grupo Roraima manteve-se preservada como na serra Tepequém.

O segundo paleoclima que gradou para um tipo onde as duas estações (secas e úmidas) eram equivalentes. Ocorreu formação geomorfológica de relevo residual, como a serra Mucajaí, abaixo dos relevos regionais de mesmas litologias, que é indicativa de uma fase erosiva posterior (FRANCO, DEL' ARCO; RIVETTI, 1975).

Já o terceiro paleoclima predominante úmido, corresponde a um episódio geomorfológico que é representado por um entalhamento vertical dos talwegues, com aparecimento de um nível de colinas com topos aparentemente concordantes.

O quarto evento paleoclimático indica um recuo do clima úmido e a penetração de clima seco. Os climas mais secos estão mais preservados, a exemplo, os pediplanos intramontanas ao norte de Boa Vista onde há depósitos de talus e blocos indicativos de um clima de ação rápida os removeram (FRANCO, DEL' ARCO; RIVETTI, 1975).

Desta forma, Schaefer e Vale Jr. (1997) comentam que a atual paisagem de Roraima esta diretamente ligada a eventos tectônicos, erosionais e flutuações climáticas do passado. A maior parte desta paisagem esta assentada na formação Boa Vista, que é resultado geomorfológico de um arrasamento erosional que preencheu totalmente o Graben do Tacutu com mais de 2.000 m de sedimento provenientes da destruição de remanescentes do grupo Roraima. As sobras desta superfície cretácea, conhecida no Brasil como pediplanície Pós-Gondwana.

Este arrasamento lateral de superfícies muito antiga impôs uma nova paisagem a esta região, que passou a ser denominada por tipos de vegetação bem abertos e com plantas rasteiras, com as condições climáticas se tornando cada vez mais úmidas, a vegetação do Cretáceo foi sendo substituída por tipos graminóides, e ervas, com maior nível de diversificação, criando paisagens semelhantes às atuais savanas (BARBOSA et al., 2007).

Com o Graben do Tacutu cheio de sedimento, o Oceano Atlântico tinha se aberto ao norte e ao oeste. As mudanças topográficas resultantes realinharam a drenagem do alto Rio Branco, seguindo a borda da Fossa Tacutu. Este novo sistema fluvial, chamado de Proto-Berbice, tinha como principais tributários os rios Mucajaí, Uraricoera, Surumu, Parimé, Maú, Contigo e Tacutu. Portanto, o clima global

continou árido no início do Terciário, indo até o fim do que sobrou da formação Supergrupo Roraima e na sedimentação de espessos depósitos arenosos no paleo-divisor Proto-Berbice/Amazonas. Este ciclo erosivo continuou até o Eoceno, resultando em uma extensa superfície erodida, chamada de pediplanicie Sul Americana (SCHAEFER; VALE Jr. 1997).

Dois ciclos adicionais de denudação, Velhas I e Velhas II, ocorreram durante o Terciário e o Pleistoceno. O Ciclo Velhas I, resultou na erosão de uma grande porção de pediplanicie iniciais e criou uma nova superfície erosional com elevações que variavam de 200 a 500 metros. Restos desta superfície, altamente erodida e dissecada, ainda estão amplamente distribuídas na parte norte ocidental da Bacia do Rio Branco.

O Ciclo Velhas II ocorreu durante o Plioceno e Pleistoceno, no qual a maioria dos altiplanos restantes nas partes centrais e meridionais da bacia foi erodido durante este ciclo e uma nova superfície erosiva, geralmente chamada de Pediplanicie Rio Branco, foi criada com elevações que variavam de 80 a 200 metros, onde os pedimentos apresentam-se escalonados e mal drenados na sua porção inferior (SCHAEFER; VALE Jr. 1997).

Nos Ciclos Velhas, grandes volumes de sedimentos arenosos altamente desgastados acumularam-se ao norte e ao sul do Divisor Amazonas / Proto-Berbice. Ao Norte, estes sedimentos cobriram a Fossa Tacutu e as planícies circunvizinhas (SHAEFER; VALE Jr., 1997).

Portanto, ao longo de todo o Quaternário até os dias presentes, a construção da paisagem atual vem sofrendo a influência dos ciclos climáticos de curto prazo (glaciais e interglaciais), fazendo com que os limites entre as savanas e as áreas contínuas de floresta possuam flutuações em função das trocas climáticas.

De acordo com Casseti (2005), o modelado atual da superfície terrestre é resultado dos processos morfoclimáticos pretéritos, cujas evidências são sentidas através dos depósitos correlativos ou estrutura superficial.

Para Costa (1991), as linhas de pedras presentes na Amazônia estão intimamente ligadas à dissecção do relevo regional durante o terciário e o

Quaternário, sendo resultantes da erosão de corpos lateríticos comuns à época de sua formação.

Por fim, Bigarella et al., (2007), comentam que as linhas de pedra são resultado das alternâncias climáticas do Quaternário. Os paleopavimentos são formados por materiais resistentes à alteração química e física, que são transportados em condições torrenciais do clima seco, como aqueles relacionados as alternâncias climáticas que já foi discutido anteriormente.

## 2.2 ABORDAGENS DA CONCEITUAÇÃO DE LINHAS DE PEDRA

Dentro do contexto amazônica, as linhas de pedra consistem em um tema bastante discutidos, autores como Queiroz Neto (2001); Horbe (2005); Hiruma (2007); Bigarella et al., (2007); Sarges et al., (2009); Santos et al., (2010), descrevem linhas de pedra em zonas intertropicais e enfatizam sua importância na compreensão dos processos relacionados à evolução das vertentes, na gênese do relevo.

Para Hiruma (2007, p. 53):

As linhas de pedra (*Stone-line*) refere-se a um horizonte de fragmentos angulosos a subangulosos, às vezes arredondados, de quartzo de veio, quartzitos, minerais pesados, ou de outros materiais resistentes à alteração química, presente no interior da cobertura pedológica em vastas áreas das zonas intertropicais.

Em geral, as linhas de pedra dispõem-se mais ou menos paralelamente à superfície topográfica, sendo limitada acima por um horizonte relativamente homogêneo de textura areno-siltico-argilosa, e, abaixo, pela rocha alterada (HIRUMA, 2007).

Seguindo esta temática, Santos et al., (2010), comentam que as linhas de pedra correspondem às feições encontradas em subsuperfície que geralmente acompanham a morfologia das vertentes. Possuem espessura variável e são constituídas principalmente de fragmentos de quartzo, além de concreções ferruginosas. Assim, Bigarella et al., (2007, p.207), consideram as linhas de pedra como:

A forma de ocorrência de depósitos subsuperficiais rudáceos transportados em condições torrenciais dos climas secos, como aqueles relacionados à última fase glacial pleistocênica, podendo estar associados a sucessivos retrabalhamentos do material.

Em relação à espessura das linhas de pedra Bigarella et al., (2007, p. 205), afirmam que é bastante variável.

Algumas possuem espessuras superiores a 1,5m, constituindo verdadeiras cascalheiras, enquanto que outras são quase imperceptíveis e representadas por tênues concentrações de grânulos e pequenos seixos de extensão insignificante.

Neste contexto, a espessura das linhas de pedra depende da riqueza de material detrítico grosseiro existente nas camadas de colúvio. Hiruma (2007, p. 54), comenta que a maior parte das linhas de pedra evoluem a partir de vários estágios:

(1) acumulação residual resultante da dissolução e remoção de materiais finos e intemperizáveis sob condições úmidas, (2) redistribuição e concentração de cascalhos por escoamento superficial e coluvionamento associado e (3) modificação e recobrimento por bioturbação, rastejo, cavidades produzidos por árvores.

Ainda segundo Hiruma (2007), a distribuição dessas feições (linha de pedra) no Brasil é ampla, abrangendo uma grande diversidade de paisagens, desde as pradarias do Rio Grande do Sul até as regiões florestadas de Rondônia, Roraima e Amapá.

### 2.3 ESTUDOS PIONEIROS SOBRE A ORIGEM DAS LINHAS DE PEDRA

A origem das linhas de pedra e de seu material de recobrimento ainda é um tema muito debatido, a questão principal diz respeito ao seu caráter autóctone ou alóctone. Vários autores estudaram a origem das linhas de pedras em diferentes países e, sobretudo, em área de clima tropical, e não há consenso quanto à gênese dessas feições. A diversidade de teorias está bem expressa nas revisões de Ab'Sáber (1962); Bourgeat e Petit (1966); Vogt (1966); Segalen (1969); Schwartz (1996); Bigarella et al. (2007); Santos et al., (2010).

Em resposta à interpretação de Cailleux (1959), para quem, por analogia a observações realizadas na África, os horizontes de cascalho enterrados poderiam ser o resultado da ação de insetos (formigas, cupins), que remontariam terra de modo seletivo. Ab'Saber (1962) afirma que as linhas de pedra tratar-se de paleopavimentos detríticos ou chãos pedregosos, instalados entre 13 e 18.000 anos AP (antes do presente) em climas secos semi-áridos com vegetação rala, favorecendo a reativação da morfogênese mecânica. Os materiais coluvionares que soterram esses pavimentos teriam sido depositados na transição para climas mais

úmidos posteriores, porém anteriores à expansão das florestas, a partir de posições topográficas mais elevadas.

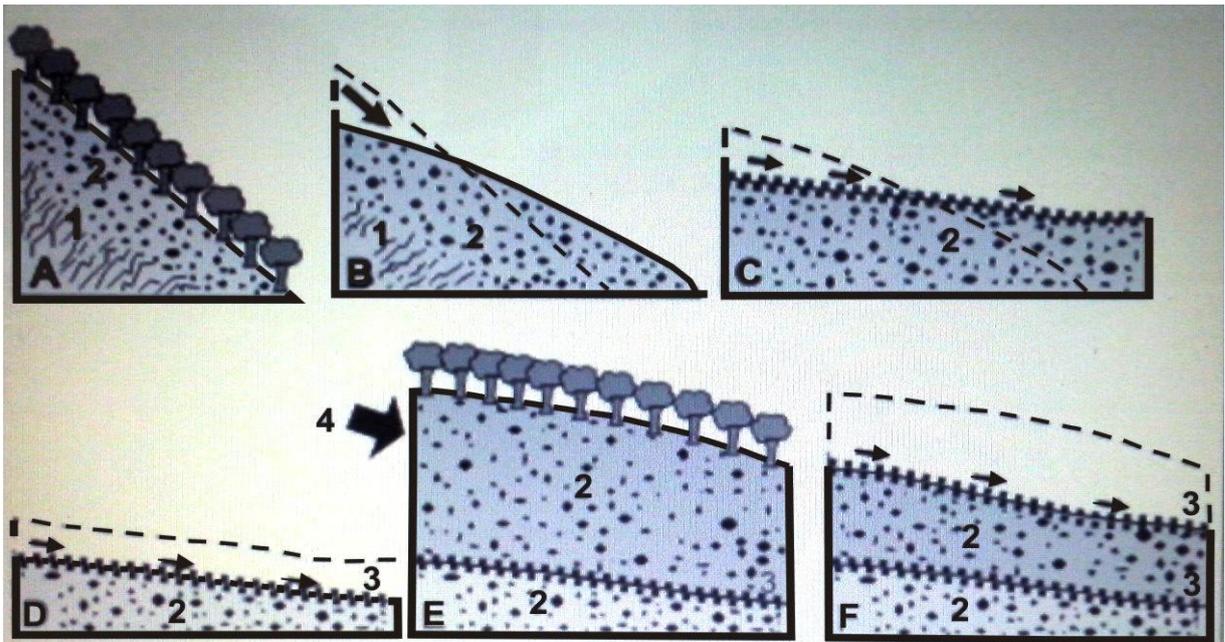
Schwartz (1996) sugere em seu trabalho realizado na África, que as linhas de pedra encontradas nas formações superficiais podem ter origem pedogenética decorrente de ação de térmitas (formigas, cupins) que efetuaram o transporte ascendente das partículas mais finas do regolito, soterrando os seixos na parte subsuperficial, contribuindo assim para o adensamento em profundidade de fragmentos de maior dimensão, constituídos principalmente de fenoclastos de quartzo.

Para Ab'Sáber (1962) esta hipótese não seria correta. Segundo este autor as linhas de pedra encontradas em formações superficiais não seriam originadas pelas térmitas (formigas, cupins), mas sim, por processos geogenéticos e testemunhariam o deslocamento de massa do material coluvial por solifluxão e a lavagem de material fino durante a passagem de regime climático úmido para semi-árido, como mostra a figura 2.

Para Bourgeat e Petit (1966) a origem de linhas de seixos encontradas ao longo das vertentes em suas pesquisas na região africana de Tananarive seria atribuída à processos de desenvolvimento local, durante a vigência de dois períodos climáticos distintos, onde a estação seca seria mais acentuada que a estação úmida. Com estas oscilações, os veios de quartzo existentes seriam retrabalhados em clima árido, desagregando e transportando o material pela vertente.

Bigarella et al. (2007), afirma que o estudo da origem das linhas de pedra está ligado basicamente a processos que ocorrem nas encostas. A evolução das encostas geralmente está relacionada à interação entre: mudanças climáticas acentuadas; ajuste de níveis de base locais e levantamentos crustais.

Figura 2: Origem dos paleopavimentos. **A-** Vertente coberta de vegetação florestal, com condições climáticas úmidas; o manto de intemperismo abrange o elúvio "2". **B-** Transição climáticas para o seco ou para semi-árido; eliminação da cobertura florestal expondo o solo à erosão, eliminando o material fino e deixando um depósito residual grosseiro (**C**). **D-** O processo continua removendo os finos e aumentando a espessura dos grosseiros. **E-** A linha de pedra "3" foi recoberta por um novo colúvio resultante de um movimento de massa procedente de montante "4". **F-** Transição climática para o seco; repetição do processo.



Fonte: Bigarella (2007).

De acordo com esta hipótese as linhas de pedra encontradas em formações superficiais são produtos de uma fase climática mais seca com retração da vegetação. Sob essas condições climáticas o escoamento superficial promoveria a remoção dos materiais mais finos do colúvio, conseqüentemente, os clastos mais grossos se acumulariam na base como depósitos do colúvio recobrando os materiais mais grosseiros formando os paleopavimentos.

Segalen (1969), a partir de observações realizadas na África tropical, desenvolveu o modelo de inversão de materiais, aplicando-o em áreas de antigas superfícies aplainadas delimitadas por escarpas. Segundo esse modelo, o recuo erosivo das vertentes promoveria uma inversão de materiais na base da vertente: fragmentos grossos da couraça laterítica, desmantelada e fragmentada, recobertos por material fino retido pela vegetação arbórea, produto da erosão do material subjacente.

Em áreas pré-desérticas, onde a cobertura vegetal é insuficiente para prender os materiais finos, surgiriam os campos de cascalho. Já em regiões equatoriais (Congo e Gabão), onde a cobertura vegetal é contínua e a erosão menos intensa, a presença de linhas de pedras evidenciaria uma evolução pretérita sob clima tropical; nas condições atuais, a erosão química, conjugada ao processo de rastejo, provocariam sucessivas deformações no perfil original.

Uma terceira hipótese para a gênese das linhas de pedra é a geoquímica. Santos et al., (2010), afirma que as linhas de pedra de quartzo demonstram bem a ação geoquímica. Esse processo ocorreria principalmente em áreas de ocorrência de veios de quartzo, onde a ação do intemperismo, sobre os veios, atuaria de maneira mais lenta, devido sua maior resistência. Com isso haveria incorporação desses veios no perfil de solo recém-formado em diferentes proporções a ponto de formar linhas de pedras.

No geral, a gênese das linhas de pedra é variável e cada área de ocorrência dessas feições pode ter um contexto genético associado, em sentido amplo, à morfogênese ou pedogênese.

#### 2.4 ESTUDOS DAS LINHAS DE PEDRA E A SUA IMPORTÂNCIA PALEOCLIMÁTICA

Nas últimas décadas a Terra vem sofrendo mudança global do clima, fato que vem despertando interesse pelos estudos paleoclimáticos. Desta forma, Suguio (2010), comenta que a ciência necessita de dados globais, regionais e locais cada vez mais confiáveis, que permitam a calibração de modelos que visem diagnosticar as futuras mudanças do clima. Para isso, é necessário reconstituir a história do clima, ou seja, as mudanças paleoclimáticas.

Neste contexto, as linhas de pedra possuem importantes implicações paleoclimáticas, pois são considerados bons indicadores de ambientes passados, principalmente na reconstrução das paisagens do período quaternário. Desta forma, Guerra e Cunha (2003), afirmam que os paleopavimentos são de grande importância na interpretação da origem de formas antigas. Segundo os autores, a posição do paleopavimento em relação aos colúvios (materiais transportados de um local para

outro, principalmente por efeito de gravidade) e solos pode servir como indicação da última oscilação seca pré-atual ocorrida no Brasil tropical e subtropical.

O Período Quaternário, que engloba o Pleistoceno (1,6 M.a.) e o Holoceno, se caracteriza como um período de grandes pulsações climáticas, com longos intervalos de tempo com temperaturas muito baixas (as glaciações) intercalados com tempos mais quentes, como o atual. Esse período comporta-se, do ponto de vista fitogeográfico, pela ocorrência de muitas transformações na paleovegetação que se processaram em diferentes locais, nas passagens dos estádios glaciais para interglaciais e vice-versa (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

O problema das oscilações climáticas pretéritas foi mais intensamente interpretado e estudado através da geomorfologia das áreas como em Bigarella et al., (1965); Bigarella e Passos (2012). Estes autores contribuíram para a construção de uma metodologia para a análise dos paleoclimas.

Desta forma, Bigarella e Passos (2012), afirmam que o estudo das extensivas superfícies de erosão e de seus depósitos correlativos, bem como dos diversos fenômenos erosivos e agradacionais no quaternário, demonstram que as zonas climáticas da terra foram caracterizadas pela alternância climática de dois grupos principais de processos representados pela degradação lateral e pela dissecação vertical do terreno.

Bigarella et al., (1965, p. 86) também fazem considerações a respeito da atuação dos paleoclimas na evolução das vertentes. Estes autores afirmam:

A análise da morfologia das encostas é um poderoso instrumento para o reconhecimento da sequência de eventos operantes no desenvolvimento da paisagem. Pelo estudo das formas e seus depósitos correlativos é possível deduzir quais as condições ambientais prevalecentes durante sua elaboração e também concluir, até certo ponto, sobre os processos atuantes no referido desenvolvimento.

A principal diferença entre a evolução de uma encosta em clima úmido ou árido é que no primeiro caso, seu ângulo sofreria diminuição com o desenvolvimento do ciclo, enquanto no segundo caso, a vertente preservaria sua inclinação original. Durante o Pleistoceno, nas áreas geográficas que mais interessam ao território brasileiro, dois diferentes conjuntos de processos operando alternadamente,

submeteram a paisagem à degradação lateral em clima semi-árido ou à dissecação em clima úmido (BIGARELLA et al., 1965).

Uma forma de indício de paleoclimas secos na paisagem são as linhas de pedra. Segundo Ab'Saber (2003, p. 52) “coube aos geomorfologistas franceses Cailleux e Tricart uma primeira interpretação destas feições”. Em 1957 estes autores interpretaram as linhas de pedra como um paleopavimento detríticos gerado em climas semi-áridos. Assim contribuiu-se para o entendimento da história vegetacional das áreas hoje ocupadas por matas atlânticas, que teriam sido recobertas no passado por cobertura vegetal de clima seco, associada ao período de formação das linhas de pedra.

Portanto, a gênese das linhas de pedra encontra-se relacionada a eventos climáticos que desestabilizaram a paisagem e por isso, torna-se necessário entender os processos responsáveis por sua formação para que se possam fazer inferências sobre os paleoambientes de forma mais precisa.

Como afirma Hiruma (2007) às linhas de pedra devem ser analisadas de forma multidisciplinar, com o envolvimento das visões de pedólogos, geólogos, geomorfólogos e biólogos. Destacando que a abordagem, geomorfológica deverá ser regional não apenas no local da linha de pedra, a utilização de experimentos *in situ*, além de análises micromorfológicas e químicas, dentre outras.

Mais recentemente, foram desenvolvidas técnicas, como as datações absolutas por luminescência de minerais, constituem os únicos métodos geocronológicos de determinação da ocorrência de eventos geológicos, que podem ser relacionados às idades de deposição de sedimentos; análises geoquímicas, que permitem obter com precisão as assinaturas geoquímicas das linhas de pedra e do material de cobertura.

Horbe (2005) efetuou análises geoquímicas em Linhas de pedra na região nordeste do Amazonas para entender o processo de formação das linhas de pedra e sua relação com os demais horizontes dos perfis onde ocorrem, pois seu estudo é fundamental para compreendermos a evolução geomorfológica da Amazônia.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a evolução da paisagem da serra do Tepequém em Amajari - RR a partir da análise das linhas de pedra.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mapear a distribuição das linhas de pedra no topo da serra do Tepequém – RR;
- Relacionar a morfologia das linhas de pedra com o modelado do relevo;
- Caracterizar os sedimentos do ponto de vista físico, morfológico, mineralógico e química.

## **4 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A pesquisa foi desenvolvida na serra do Tepequém-RR, localizada no município de Amajari, ao norte do estado de Roraima, como mostra a Figura 03.

### **4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS**

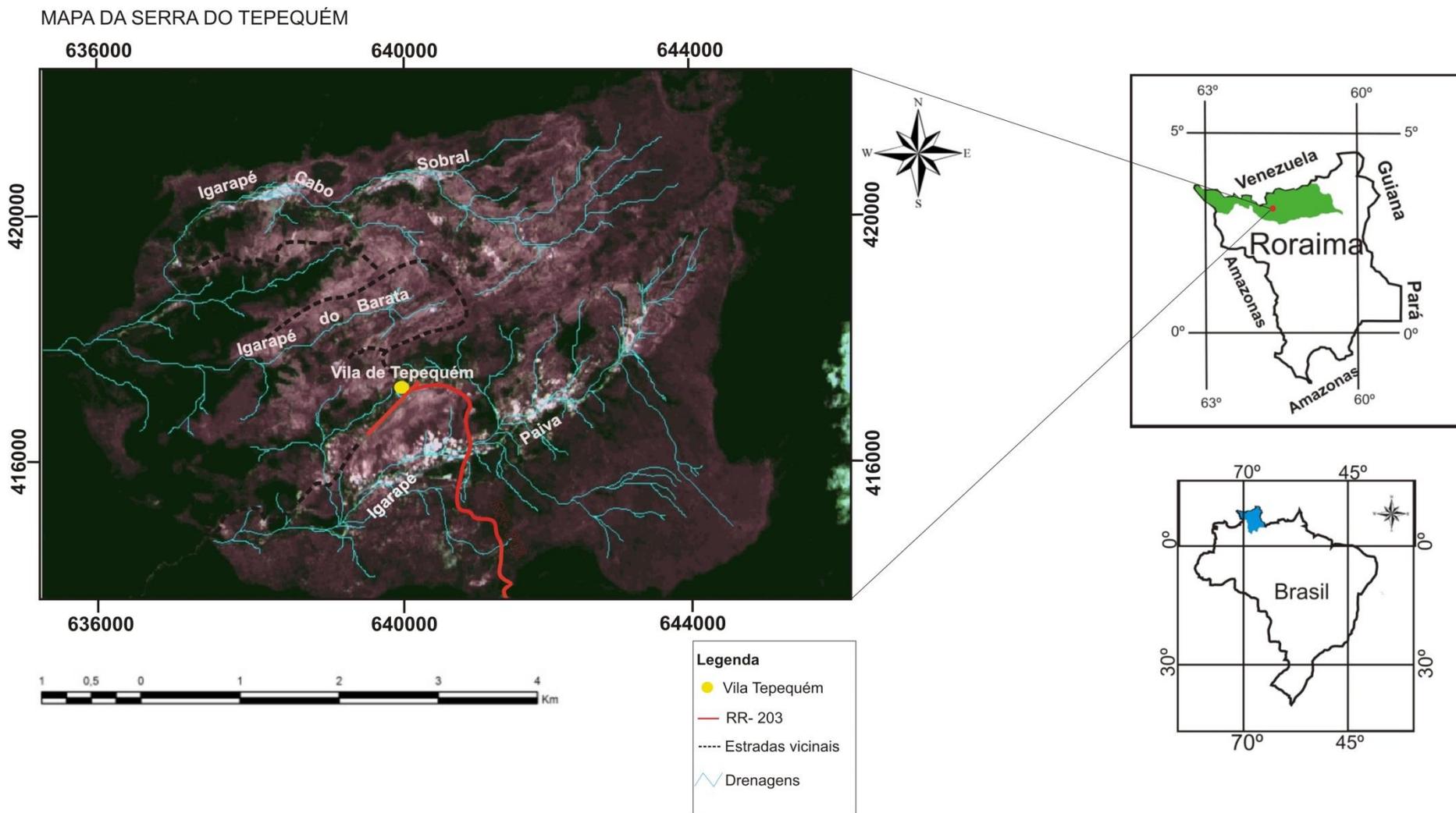
#### **4.2.1 Geomorfologia**

A serra do Tepequém está relacionada à unidade morfoestrutural Planalto Sedimentar Roraima e apresenta topo irregularmente aplainado, com altitudes máximas de aproximadamente 1.100 metros. Está é caracterizada por uma estrutura de relevo tabular, evidenciando um testemunho isolado. A serra caracteriza-se em seu topo por áreas aplainadas denominadas de planícies intermontanas, que possuem altitudes que variam entre 575 a 670 metros e estão encaixadas entre morros e colinas com altitudes em torno de 760 metros (BESERRA NETA, 2007; NASCIMENTO et al., 2011).

Segundo Beserra Neta (2007), a serra se destaca em meio ao Planalto Dissecado Norte da Amazônia, cuja paisagem é dominada por relevo de morros e colinas com altitudes de até 900 metros, apresentando cristas com encostas ravinadas e vales encaixados (Figura 04). Ao norte da serra é evidenciado um conjunto de relevos que compõem o Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco, que segundo Nascimento (2013) caracterizam-se por formas dissecadas em cristas e colinas com vertentes ravinadas de forte declividade.

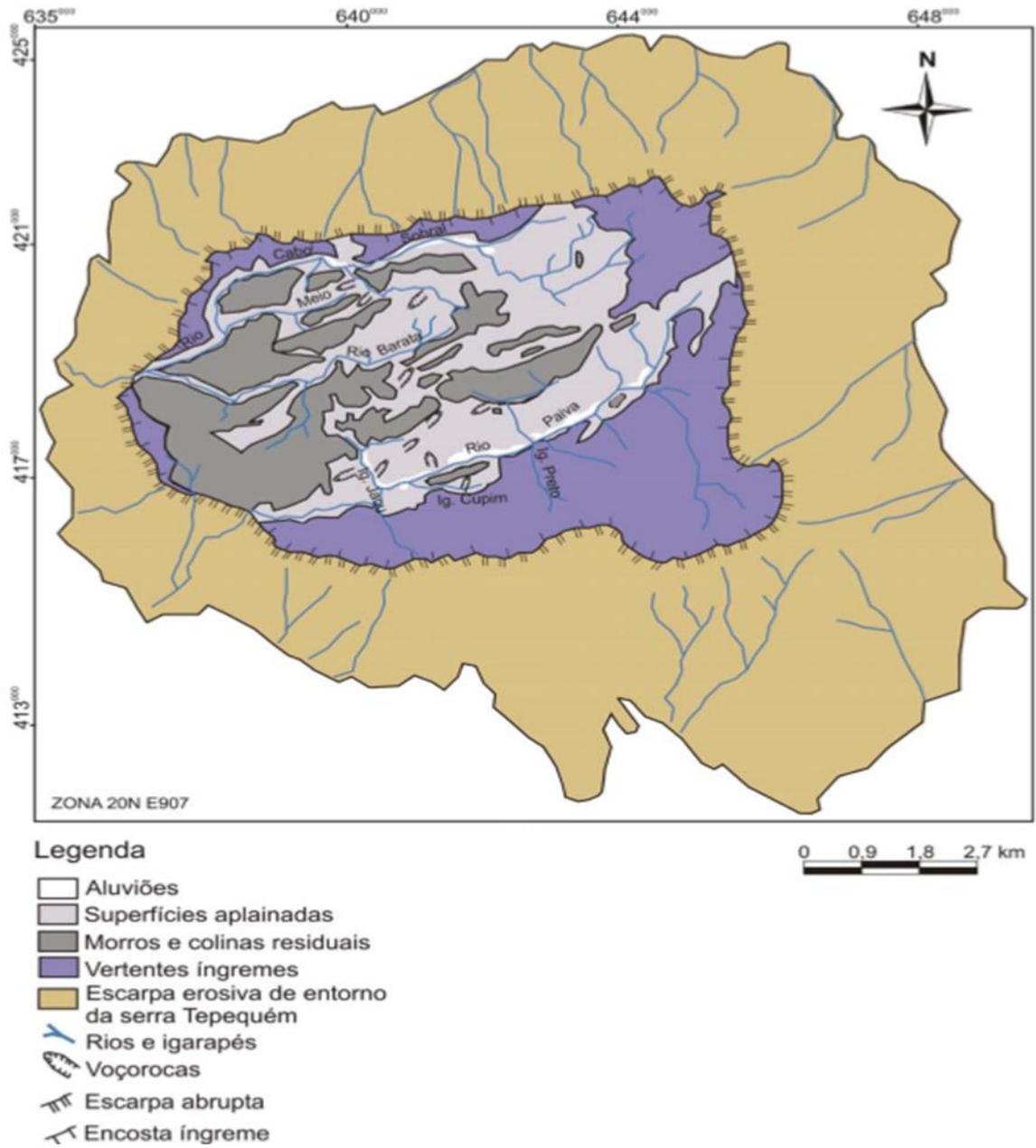
A extensa área aplainada que antecede a serra do Tepequém corresponde à unidade Pediplano Rio Branco-Rio Negro que compreende uma grande superfície de aplainamento, cuja altitude varia de 80 a 160 metros (Figura 05).

Figura 03: Localização da área de estudo no Norte de Roraima, carta imagem da serra do Tepequém, com destaque para a rede de drenagem e principal via de acesso.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 04: Mapa dos compartimentos geomorfológicos da serra Tepequém.



Fonte: Beserra Neta (2007).

Figura 05: Serra do Tepequém (Planalto Sedimentar Roraima) bordejada por relevo de morros e colinas e a paisagem aplainada que antecede a serra pertence ao Pediplano Rio-Branco – Rio Negro.



Foto: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

#### 4.2.2 Geologia

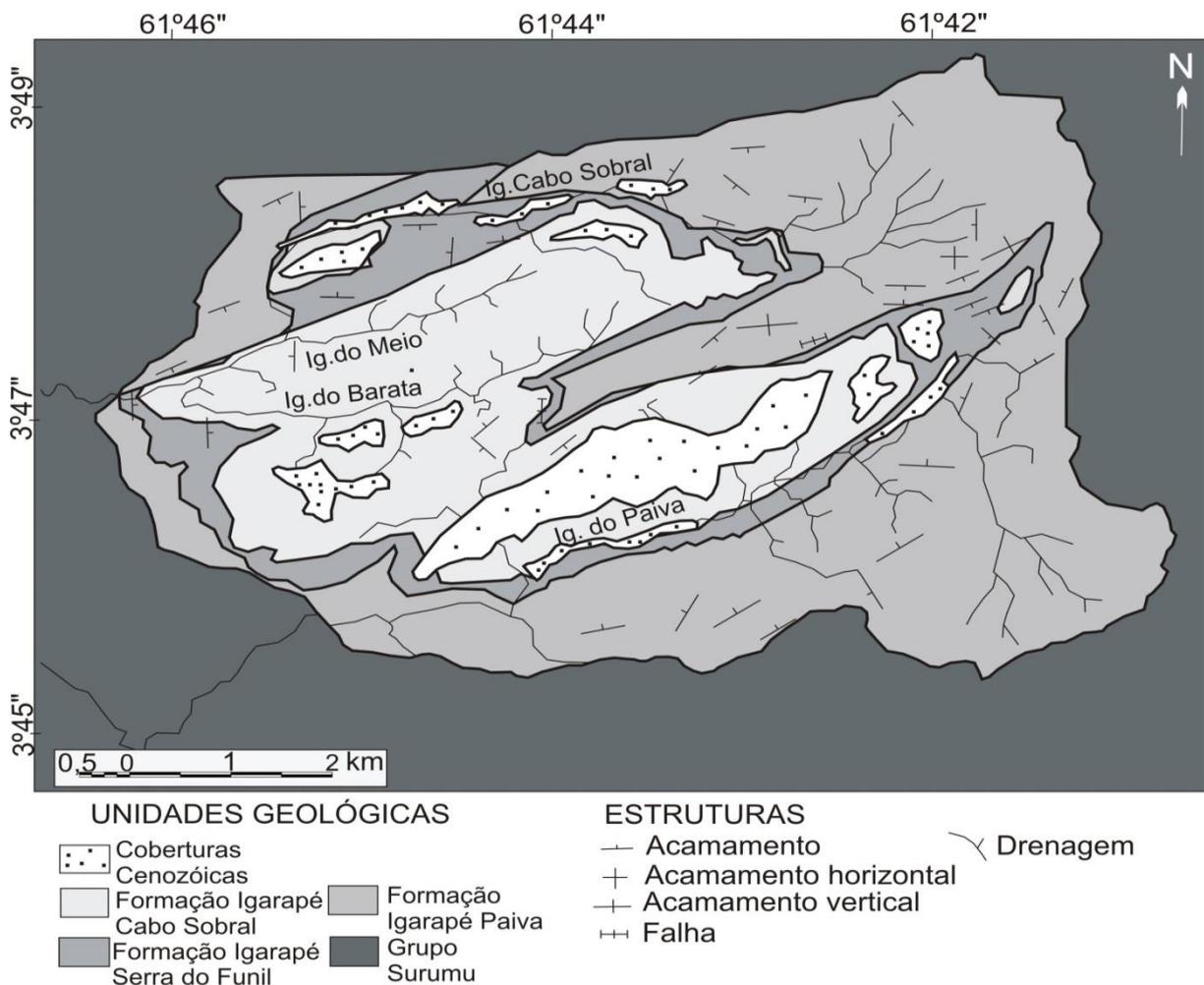
A serra do Tepequém é caracterizada estruturalmente por um sinclinório assimétrico com eixo na direção NE-SW e caimento para SW, cortado por fraturas NW-SE e NE-SW, e subordinadamente NNE-SSW, NNW-SSE e E-W, e as dobras, cujos eixos se dispõem paralelos e coincidentes às falhas são subdivididas em braquissinclinais e braquianticlinais assimétricos, abertos, de direção geral N75°E, cuja origem foi atribuída à compactação diferencial, como mostra a Figura 06 (FERNANDES FILHO, 2010).

A serra está estruturada em rochas sedimentares do Paleoproterozóico, inseridas na Formação Tepequém, em que suas principais litologias são constituídas por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos, sendo subdividida em três membros:

Paiva, Funil e Cabo Sobral (BORGES; D'ANTONA 1988; LUZARDO, 2006; CPRM, 2010).

O substrato da serra do Tepequém está representado por rochas vulcânicas ácidas à intermediária do Grupo Surumu (riólitos, riodacitos, ignimbritos e piroclásticas) e intermediárias (andesitos e latitos) do Grupo Surumu (CPRM, 1999).

Figura 06: Mapa geológico da Serra do Tepequém.



Fonte: Fernandes Filho (2010).

#### 4.2.3 Vegetação

A vegetação na região é caracterizada pela presença da floresta ombrófila densa tipicamente amazônica, constituída de árvores de grande porte que se estende pelas escarpas e encostas da serra (Figura 07). Nas planícies, se destacam as formações vegetais compostas por gramíneas com formações arbustivas características da savana estépica aberta. Nas áreas de vales encaixados, ocorre a

presença de uma floresta ombrófila densa, formando matas de galeria. Nas áreas próximas as drenagens, verifica-se a presença de mata ciliar (ALMEIDA, 2015).

Figura 07: vegetação da serra do Tepequém: (A) floresta ombrófila densa com arbustos de grande porte na encosta da serra e mata de galeria próxima a drenagem; (B) gramíneas com a presença de pequenos arbustos esparsos na planície.

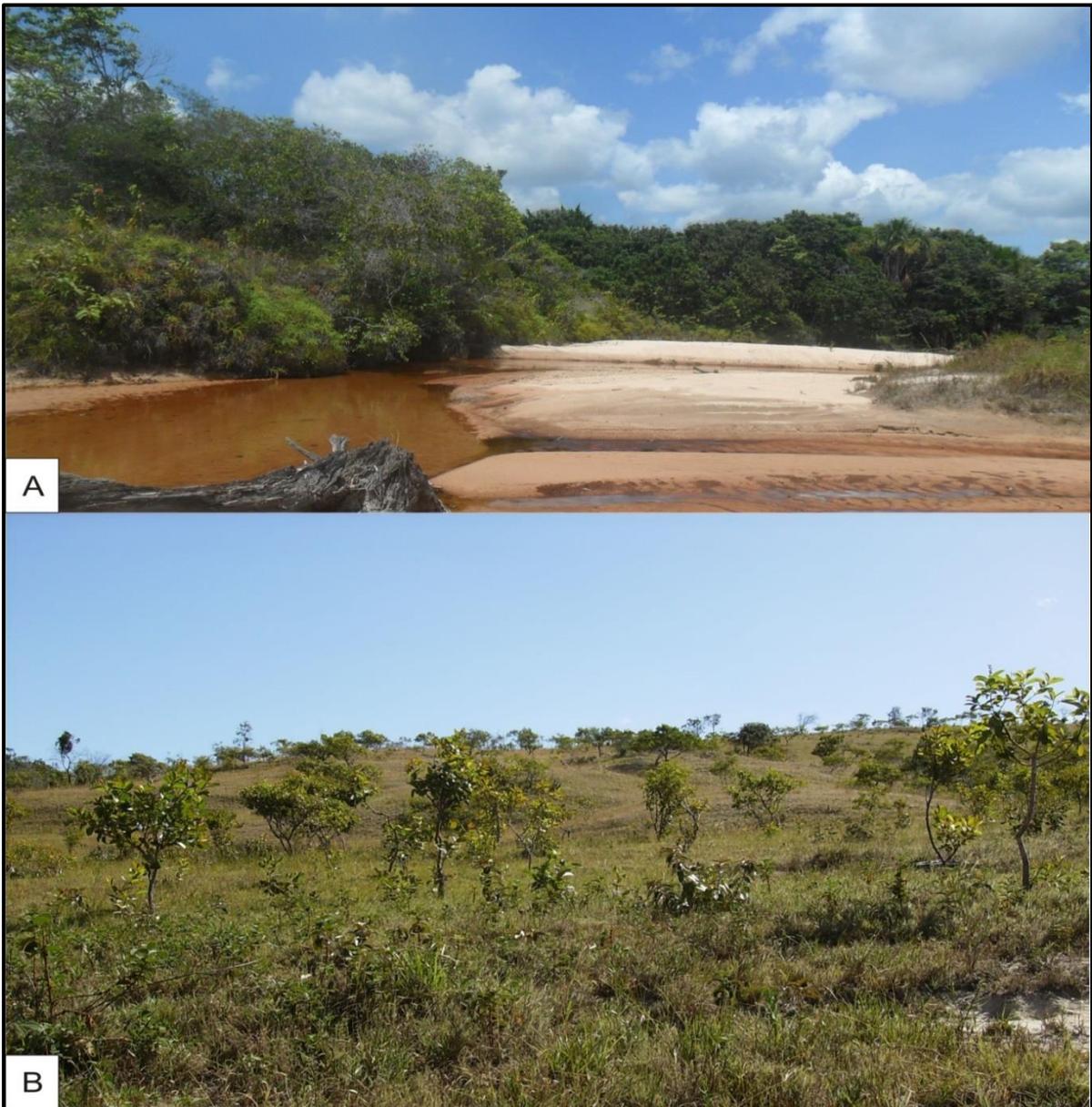


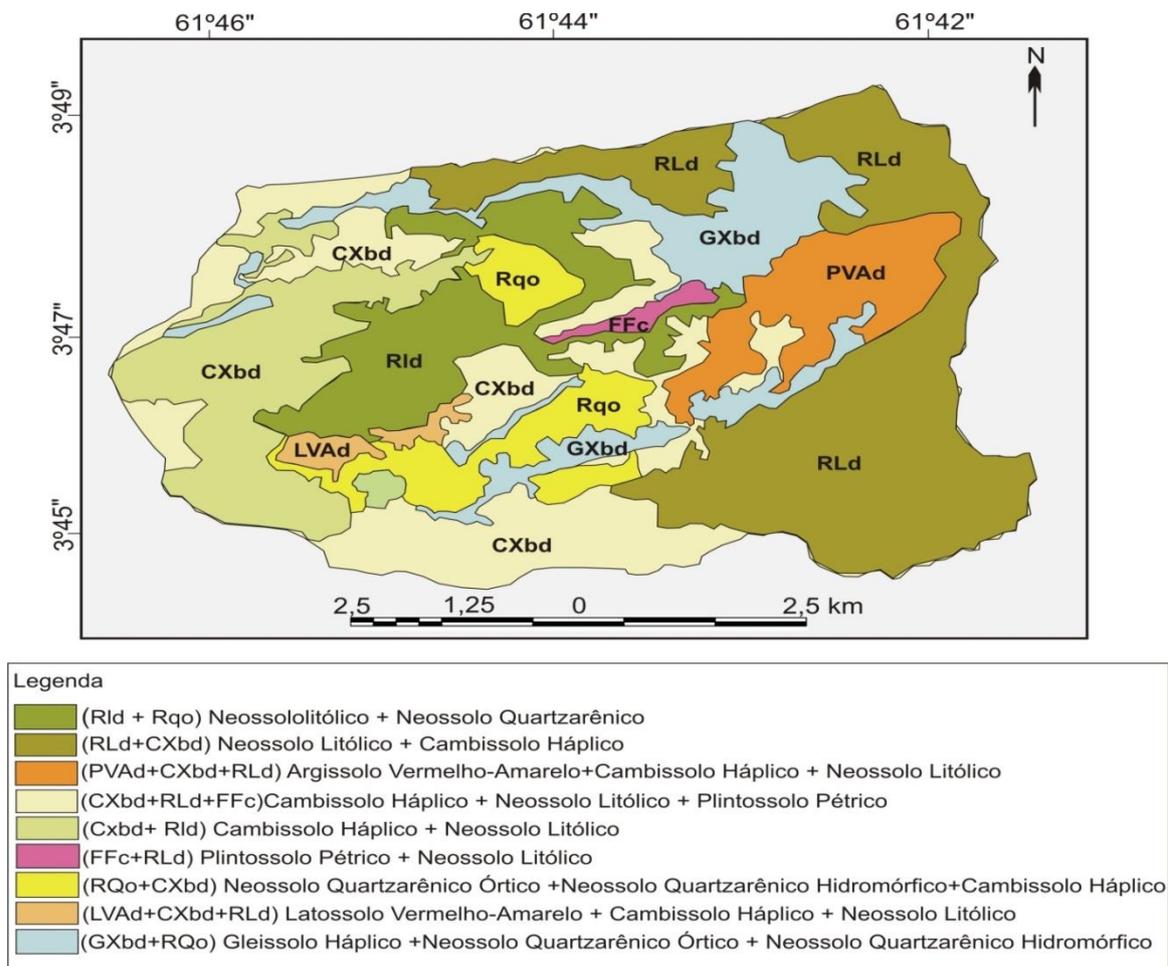
Foto: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

#### 4.2.4 Solos

Na região estudada os solos foram classificados segundo Almeida (2015) como: a) Neossolo litólico distrófico, são solos derivados da alteração das rochas da formação Tepequém, pouco desenvolvidos, com horizonte A sobre à rocha, o qual

apresentam textura areno-argilosa; b) Neossolo quartzarênico, são solos areno-quartzosos, poucos evoluídos, possuem sequência de horizontes A e C, bem drenado; c) Argissolo vermelho-amarelo, solos bem desenvolvidos, com horizonte A e horizonte B textural, resultante do acúmulo de argila, devido ao processo de iluviação e apresentam textura fraca arenosa; d) Cambissolo háplico; e) Plintossolo pétrico; f) Latossolo vermelho-amarelo e g) Gleissolo háplico (Figura 08).

Figura 08: Mapa de solos do topo da serra do Tepequém-RR.



Fonte: Almeida (2015).

#### 4.2.5 Hidrografia

No topo, os igarapés Paiva e Cabo Sobral constituem os principais cursos d'água da serra do Tepequém. Além destes, encontram-se os igarapés Barata e do Meio, que também fazem parte deste cenário. As nascentes dos Igarapés Paiva e Cabo Sobral situam-se nas encostas ENE (BESERRA NETA, 2007).



## 5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa foi desenvolvida mediante alguns métodos sequenciais para o entendimento da formação e distribuição das linhas de pedra. Para tanto, foi procedida as seguintes etapas:

### 5.1 ETAPA DE CAMPO

A atividade de campo foi realizada em duas etapas, descritos a seguir.

No primeiro campo foi feita a identificação da distribuição espacial das linhas de pedra no topo da serra.

Para espacialização das linhas de pedra foram estudados perfis expostos em paredes de 12 voçorocas localizadas nas planícies intermontanas no interior da estrutura da serra. No entanto, para detalhamento das linhas de pedra, adquiriram-se dados morfométricos considerando os seguintes parâmetros: largura, arranjo, forma, extensão, espessura, localização no perfil e também foram descritas quanto a sua posição em relação ao relevo regional como: modelado dos morros e colinas, inclinação do terreno, a drenagem e vegetação. Foram selecionadas 5 perfis em paredes de voçorocas. Os perfis foram estudados do topo para base, considerando os colúvios, horizontes de solo e as linhas de pedra (seixos e matriz).

Durante os trabalhos de campo, foram adquiridos pontos de controles (coordenadas geográficas - UTM), com o uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global) de modelo Garmin, GPSMAPS 62 sc, para dar suporte a elaboração do mapa de espacialização da distribuição das linhas de pedra, levantamento de imagens fotográficas e elaboração de croquis dos perfis estudados, tendo como base as medidas adquiridas em campo.

Em seguida foi realizada a coleta dos seixos e matriz (sedimento) da linha de pedra (Figura 10), utilizando a pá. Após coletados, as amostras foram identificadas e armazenados em sacos plásticos para posterior análise laboratorial (características físicas, químicas e mineralógicas). No campo subsequente foi realizada a continuidade da coleta.

Figura 10: Procedimentos em trabalho prático de campo. (A) limpeza do perfil do topo para base; (B) medidas do perfil.



Foto: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

## 5.2 ETAPA DE LABORATÓRIO

### 5.2.1 Processamento das imagens de Sensores Remotos

Para a composição dos mapas, foi utilizada a imagem óptica do satélite LANDSAT – 8, sensor OLI/Tirs nas bandas 6(R), 5(G), 4(B) e banda 8 (Pancromática) de resolução espacial 15 x 15m, referentes a órbita e ponto 233/57. As cenas foram imageadas em 04 de maio de 2015.

A imagem passou por um rigoroso processamento de tratamento com aplicação de operações de processamento destinadas a atenuar os efeitos da interferência atmosférica. Neste caso, foram realizadas operações matemáticas para atenuar as distorções provocadas pelos constituintes atmosféricos na imagem através do método de calibração radiométricas, ou seja, a conversão de números digitais para reflectâncias de campo.

Segundo Polidorio et al. (2005), a remoção de interferências em imagens de satélites provocadas pelo espalhamento das ondas eletromagnéticas, principalmente do espectro visível, bem como pela absorção por gases, constitui um dos relevantes problemas de Sensoriamento Remoto.

Ainda segundo Polidorio et al. (2005), a técnica de calibração radiométrica reduz, significativamente, a influência negativa do espalhamento atmosférico e da absorção sobre imagens adquiridas por satélites, nas faixas espectrais relativas ao: azul (B), verde (G), vermelho (R) e infravermelho-próximo (NIR). O método, além de reduzir os efeitos negativos causados por fenômenos atmosféricos, melhora sensivelmente o contraste entre as feições através do aumento equilibrado da amplitude do histograma da imagem.

Foi realizada a fusão das bandas 4 (B), 5 (G), 6 (R) com a banda 8, aumentando a resolução espacial (15 x 15m). Para a composição das bandas foi utilizado o denominado transformação RGB-IHS (técnicas de integração digital via IHS).

#### 5.2.1.1 Mapa de espacialização das linhas de pedra

Dentro do ambiente de SIG's, as imagens previamente tratadas foram integradas ao conjunto de dados que foram obtidos em campo (pontos de controles,

coordenadas geográficas - UTM), formando um banco de dados que serviu de matriz para a elaboração do mapa de espacialização das linhas de pedra.

Os pontos de controle (coordenadas UTM) das linhas de pedra espacializadas foram inseridos em planilha (Excel) com suas respectivas denominações.

Em seguida, foi realizada a extração automática da drenagem através de MDE-SRTM, com o uso da ferramenta *ArcHydro Tools* disponível no software *ArcGis*, v. 10.0. O resultado da extração foi a drenagem no formato *Shape*. Após a extração, foi realizada edição vetorial para correção de incompatibilidades detectadas.

#### 5.2.1.2 Compartimentos Geomorfológicos

Os procedimentos para a elaboração do mapa geomorfológico da serra do Tepequém, foram desenvolvidos em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, de acordo com a nomenclatura e modelo do mapa morfoestrutural de Nascimento (2013), onde foram vetorizadas as principais formas de relevo, desenvolvidas em baixos e altos morfoestruturais. No processo de vetorização foi utilizado o aplicativo computacional *ArcGis* versão 10.3. do Laboratório de Informática do Mestrado em Geografia – PPGGEO/UFRR.

As tonalidades de cores adotadas no mapa geomorfológico seguiu o método sugerido por IBGE (2009) em que as cores mais escuras representam as unidades com cotas altimétricas mais elevadas, enquanto os tons mais claros são atribuídos a unidades topograficamente mais baixas.

#### 5.2.2 Análise granulométrica dos sedimentos

A separação granulométrica por meio aquoso consistiu na separação dos sedimentos nas frações areia, silte e argila, adotando como base os procedimentos propostos pela metodologia da EMBRAPA (1997).

As amostras de sedimentos foram inicialmente destorroadas com utilização do gral de porcelana e colocadas para secar em temperatura ambiente. Em seguida, foi pesada uma quantidade de 100g mensuradas através de balança digital de precisão. Posteriormente foi feita a separação das frações areia, silte e argila.

Para a separação nas frações areia, silte e argila, as amostras foram colocadas em beckeres com água e desagregadas em aparelho de ultra-som de marca Unique-Ultra Cleaner, com duração de 10 minutos, em seguida, peneiradas em malha de abertura 0,063 mm, com o objetivo de separar a fração areia e matéria orgânica do silte e da argila. Este procedimento foi executado em várias repetições na mesma amostra, até que as frações silte e argila separem (se desprendem) da areia, ficando a água quase que transparente.

As frações silte e argila foram separadas por suspensão aquosa, obtida através da centrifugação, utilizando 1.000 rpm durante dois minutos. A argila foi descartada, enquanto que o silte e a areia foram colocados para secarem em temperatura ambiente. As frações areia e silte após secagem foram pesadas, tendo assim, a determinação das porcentagens acumuladas. O somatório (areia e silte) será subtraído do peso inicial da amostra (100 g) para a determinação do percentual da fração argila.

Após a pesagem da fração areia, foi realizado o peneiramento a seco para determinação dos valores percentuais nas frações areia grossa, média e fina, sendo adotada a escala atterberg (SUGUIO, 1973), as amostras foram submetidas no agitador mecânico durante um período de 10 minutos cada, com vibração 2,5, sendo posteriormente pesadas às frações retidas nas peneiras. A sequência de abertura das peneiras (em milímetros) em ordem decrescente segue esta disposição: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,500 mm, 0,250mm, 0,125mm, < 0,125mm.

Os dados granulométricos foram submetidos a tratamento seguindo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), que permite obter informações sobre diâmetro médio das partículas, o grau de seleção, o grau de assimetria e curtose (Figuras 11, 12 e 13); e as classificações dos sedimentos estão representadas pelos diagramas de Shepard (1954) obtidos através do programa Sysgran 3.0, desenvolvida por Camargo (2015).

Os procedimentos empregados na análise granulométrica dos sedimentos são os da EMBRAPA (1997). O Manual de Métodos de Análise de Solo, editado pela Embrapa, compila métodos de análises físicas, químicas e mineralógicas. A edição dessa obra (EMBRAPA, 1997) é assiduamente consultada, e os métodos,

amplamente utilizados na caracterização dos solos. A análise foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do NUPENERG-UFRR.

Figura 11: Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de seleção.

<b>GRAU DE SELEÇÃO</b>	<b>VALOR</b>
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente selecionado	0,50 a 1,00
Pobremente selecionado	1,00 a 2,00
Muito pobremente selecionado	2,00 a 4,00
Extremamente mal selecionado	>4,00

Fonte: Suguio (1973).

Figura 12: Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para descrição do grau de assimetria.

<b>ASSIMETRIA</b>	<b>VALOR</b>
Assimetria muito negativa	-1,00 a -0,30
Assimetria negativa	-0,3 a -0,10
Aproximadamente simétrica	-0,10 a 0,10
Assimetria positiva	0,10 a 0,30
Assimetria muito positiva	0,30 a 1,00

Fonte: Suguio (1973).

Figura 13: Escala qualitativa de Folk e Ward (1957) para classificação dos valores de curtose.

<b>CURTOSE</b>	<b>VALOR</b>
Muito platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 a 0,90
Mesocúrtica	0,90 a 1,11
Leptocúrtica	1,11 a 1,50
Muito leptocúrtica	1,50 a 3,00

Fonte: Suguio (1973).

A análise granulométrica, ou seja, a análise das dimensões das partículas é importante, pois permite deduzir indicações preciosas, como, as rochas que lhe deram origem, sobre o transporte (utilizando-se, a exemplo, o conceito de maturidade textural e a resistência das partículas, segundo a sua composição, à alteração química).

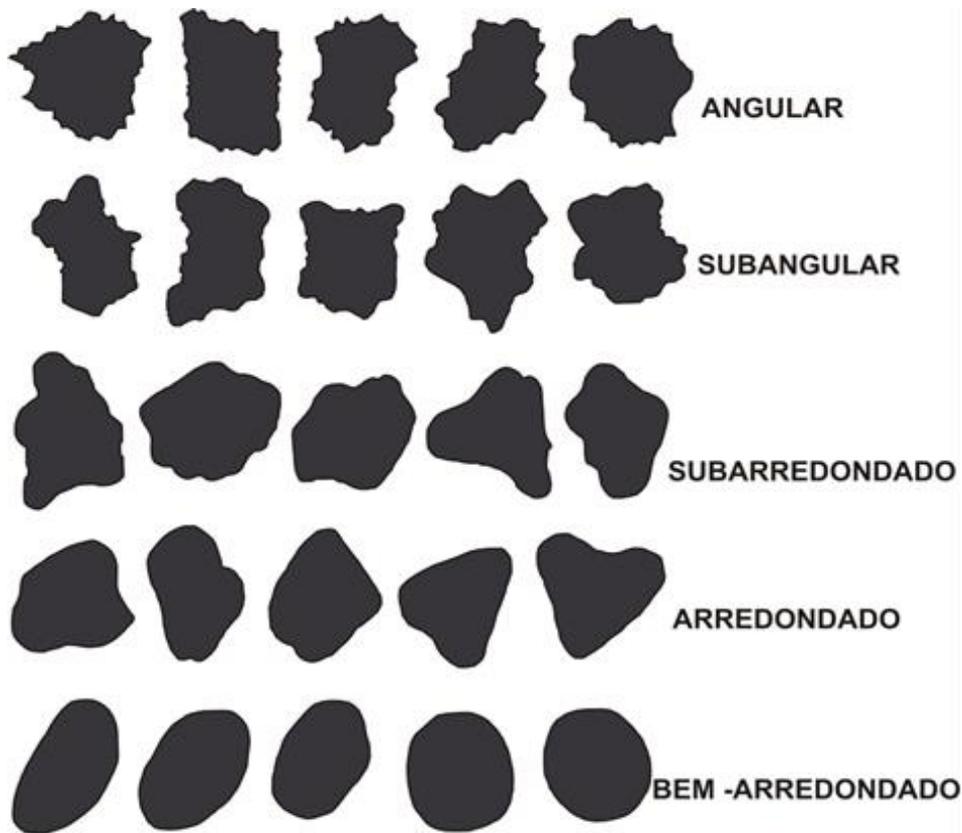
### 5.2.3 Análise morfológica

O estudo da morfoscopia dos grãos de areia analisa a forma e a textura das partículas, o modo de transporte e as condições de deposição dos sedimentos Suguio (1973).

Neste estudo foi feita a análise morfológica dos grãos de todas as amostras coletadas das frações granulométricas de 0,500µm (areia média) e dos seixos das linhas de pedra. Foram analisados 100 grãos em cada amostra, para se fazer o percentual do grau de arredondamento e a morfologia dominante. Os grãos e seixos foram dispostos em vidro de relógio e submetidos à análise em lupa binocular.

O grau de arredondamento foi definido mediante parâmetros estabelecidos por Suguio (1973) seguindo as morfologias dispostas na figura 14. Esses procedimentos foram realizados no Laboratório do Mestrado em Geografia – PPGGEO/UFRR.

Figura 14: Graus de arredondamento. Do topo para base: angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem-arredondado.



Fonte: Russell, Taylor e Pettijohn *apud* Suguio (1973).

#### 5.2.4 Identificação Mineralógica

Inicialmente, as amostras de sedimentos e seixos após secas em temperatura ambiente, foram pulverizadas com utilização do gral de ágata e empregadas para a confecção da lâmina de pó, em amostra total e então submetida à análise de difração de Raios-X, cuja leitura de cada amostra é analisada no intervalo de varredura de  $5^{\circ}$  a  $70^{\circ}$   $2\theta$  (Theta), em duração de 40 minutos (target= Cu).

A identificação dos minerais foi realizada por difração de Raio-X, utilizando o difratômetro de Raios-X (Figura 15), modelo Shimadzu XRD - 6000, do laboratório de Difractometria de raio-X do departamento de Física-UFRR.

A identificação e o entendimento das propriedades dos diferentes minerais do solo ajudarão na avaliação da sua gênese.

### 5.2.5 Matéria orgânica

O conteúdo de matéria orgânica foi determinado pelo método de Cantarella et al., (2001), que consiste de oxidação do carbono orgânico por dicromato de potássio. A análise foi realizada no laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda- SP.

### 5.2.6 Medidas de pH

As medidas do pH foi determinado em  $\text{CaCl}_2$  segundo método de Quaggio et al., (2001).

Reagentes:

1. Soluções – tampão para calibração (pH 4,00 e 7,00);
2. Solução de cloreto de cálcio 0,010 mol l<sup>-1</sup>: dissolver 1,47 g (1 mg) de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  em água destilada. Diluir a 1,0 L de solução. Observação: o pH dessa solução diluídas de HCL ou  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Procedimento:

1. Transferir, com cachimbo 10 cm<sup>3</sup> de resíduo ou solo seco a 60°C para frasco plástico com tampa. Adicionar 25,0 mL da solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Cachimbo é utensílio calibrado, utilizado para medir volume de materiais sólidos, por exemplo, solos;
2. Deixar 15 minutos em repouso. Colocar o frasco plástico tampado e agitar a mistura em um agitador com movimento circular horizontal a 220 rpm por 10 minutos. Após a agitação, deixar realizar as medidas do pH. A análise foi realizada no laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda- SP. Para a análise da Matéria Orgânica e pH foram enviadas somente 7 amostras, sendo perfil 1 e 3.

### 5.2.7 Análise química

A análise da composição química dos materiais que formam as linhas de pedras para a quantificação dos elementos  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{SiO}_2$  foram determinadas pelo método de Rajj et al., (2001), realizada no laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda- SP. Foram enviadas e analisadas 7 amostras.

Figura 15: Aparelhos utilizados na etapa de laboratório: (A) Microscópio Estereoscópico (lupa binocular); (B) Aparelho de ultra-som; (C) Agitador mecânico; (D) Centrífuga e, (E) Difratômetro de Raios-X.

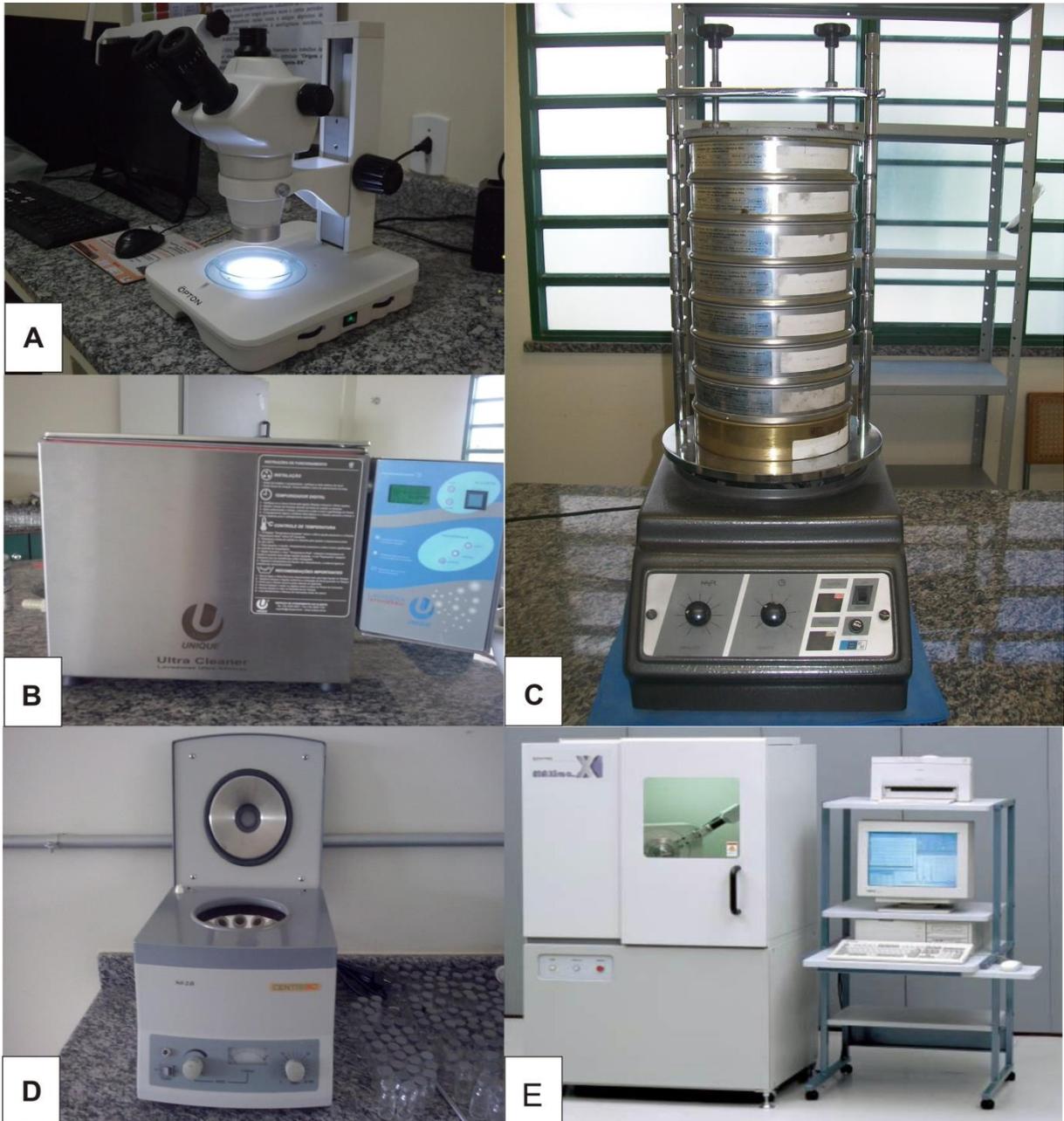
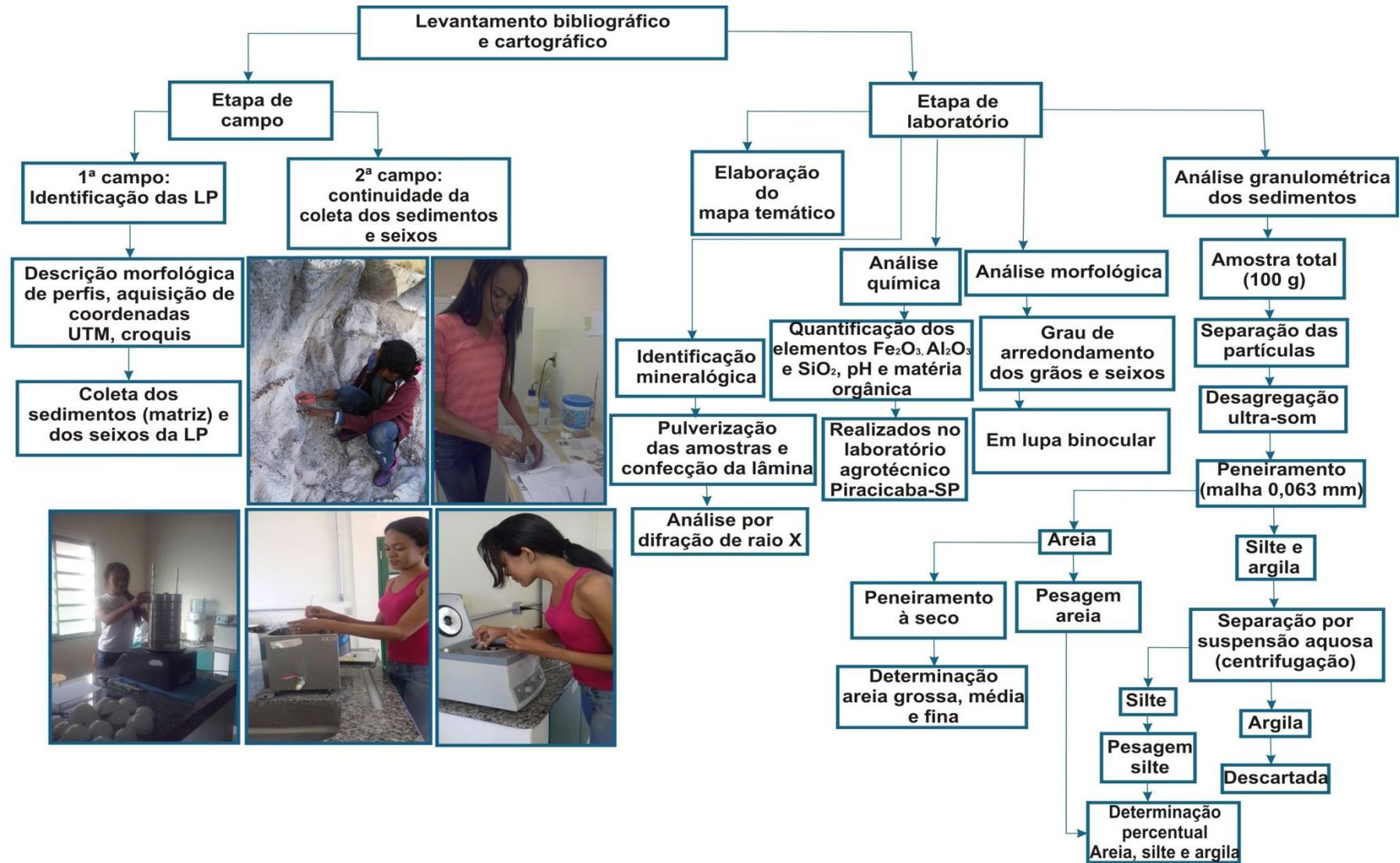


Foto: Sheilly Miranda Rodrigues, (2016).

Figura 16: Fluxograma do procedimento metodológico.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ESPACIALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS LINHAS DE PEDRA

As observações em campo, associadas à posterior caracterização e mapeamento das linhas de pedra permitiu identificar a distribuição espacial deste paleopavimento na área de estudo.

No geral, as linhas de pedra concentram-se nas planícies intermontanas e secundariamente, na base (colúvios) dos morros alinhados presentes no topo da serra (Figura 17 e 18). Observou-se que:

- a) Nas planícies intermontanas as linhas de pedra são frequentemente encontradas no patamar de relevo mais suave, na área da planície em região circunvizinha aos morros e colinas.
- b) Na base de vertentes, mais especificamente nos depósitos de colúvios de morros e colinas.

Observou-se que nas planícies de menor extensão, há uma maior concentração das linhas de pedra, a exemplo das planícies situadas na porção norte do topo da serra, setor delimitado pelos igarapés Cabo Sobral e Barata. Enquanto que as ocorrências de menor expressão foram encontradas na planície intermontana de maior extensão situada na porção sul do topo da serra, setor delimitado pelos igarapés Paiva, Cupim e Cutia.

Em detrimento na base das vertentes dos morros e colinas que constitui os depósitos coluvionares na porção norte do topo da serra apresenta menor concentração de linhas de pedra.

As características fisiográficas das áreas de concentração das linhas de pedra são destacadas por:

- a) Planícies de morfologia alongada de direção preferencial NE-SW situadas entre morros e colinas. Os níveis altimétricos variam de 590 a 620 metros e declividades entre 3° a 5°. Estes níveis de aplainamento são recobertos por solos arenosos incoesos. Estes solos são

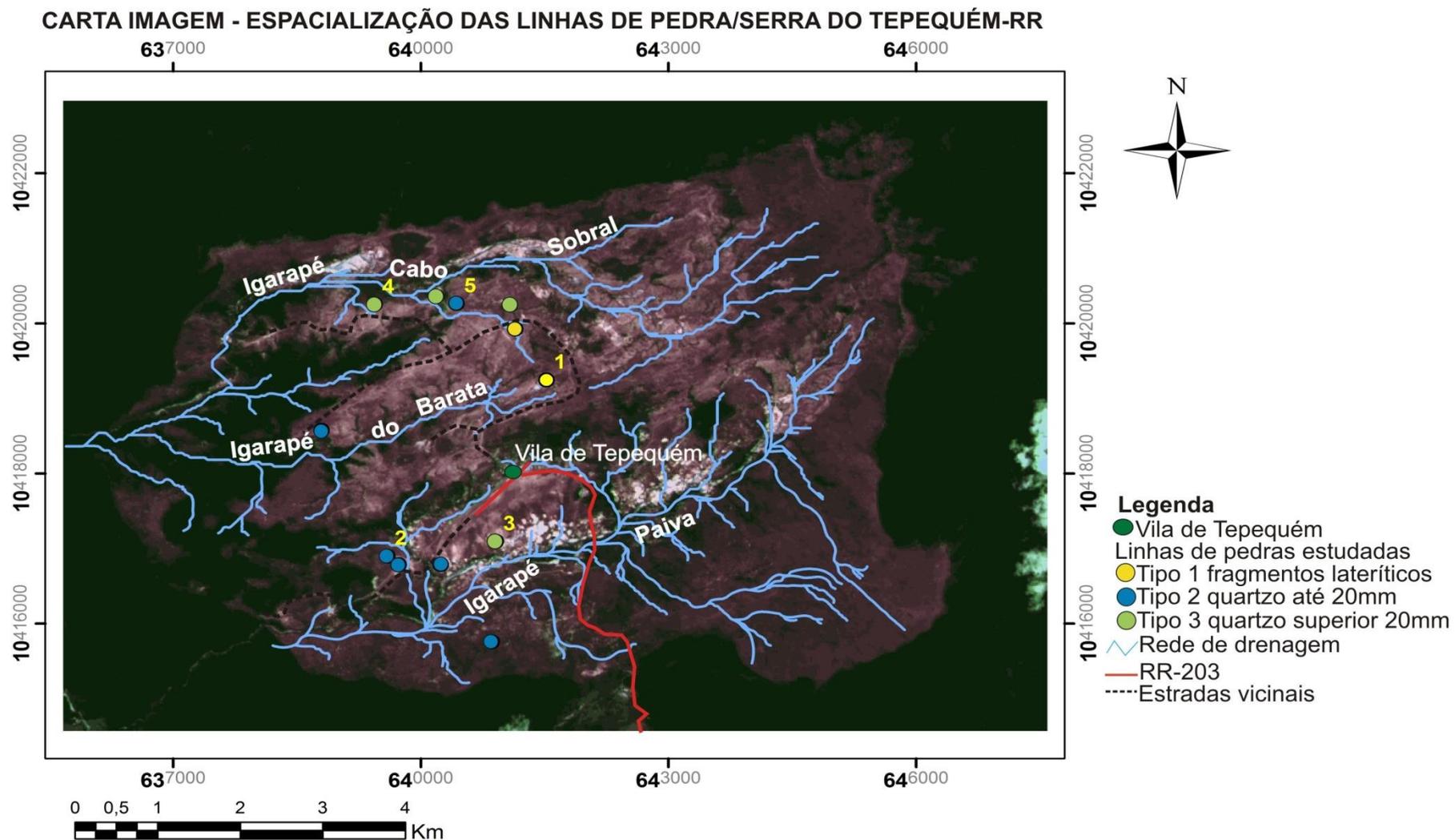
parcialmente recobertos por vegetação do tipo savana graminosa e arbustiva.

- b) Morros e colinas alinhadas na direção preferencial NE-SW, elaborados arenitos grossos e ferruginosos com intercalações de níveis conglomeráticos da Formação Tepequém. Estes morros apresentam altimetria de 612 a 739 metros, topos convexos com cristas alinhadas e vertentes côncavo-convexo com declividade variando de 15° a 32°, apresentam no sopé acúmulos de sedimentos coluvionares, os quais se interligam as planícies intermontanas.

Através do mapa de espacialização é possível observar que há uma maior concentração de linhas de pedra nas planícies de menor extensão, devido à proximidade dos morros, pois o material que recobre esses morros é constituído por material grosseiro como cascalho, seixo e fragmentos lateríticos, além de arenito conglomeráticos, os quais sustentam as linhas de pedra.

No entanto, nas planícies de maior extensão as linhas de pedra é menos expressiva, devido à extensão dessas planícies, onde ocorre um maior distanciamento da área fonte, o qual permitiu sugerir menos frequência de linhas de pedra.

Figura 17: Carta imagem – espacialização das linhas de pedra no topo da serra do Tepequém-RR, destacando os perfis de solo/linha de pedra estudadas.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 18: As linhas de pedra estudadas. (A) linha de pedra de pouca espessura, formada por seixos de quartzo, subarredondados e arredondados; (B) linha de pedra de grande espessura, composta por seixos de quartzo, angulosos e subangulosos; (C) linha de pedra formada de fragmentos lateríticos angulosos e subangulosos e; (D) Detalhe dos seixos de quartzo subarredondados e arredondados das linhas de pedra.

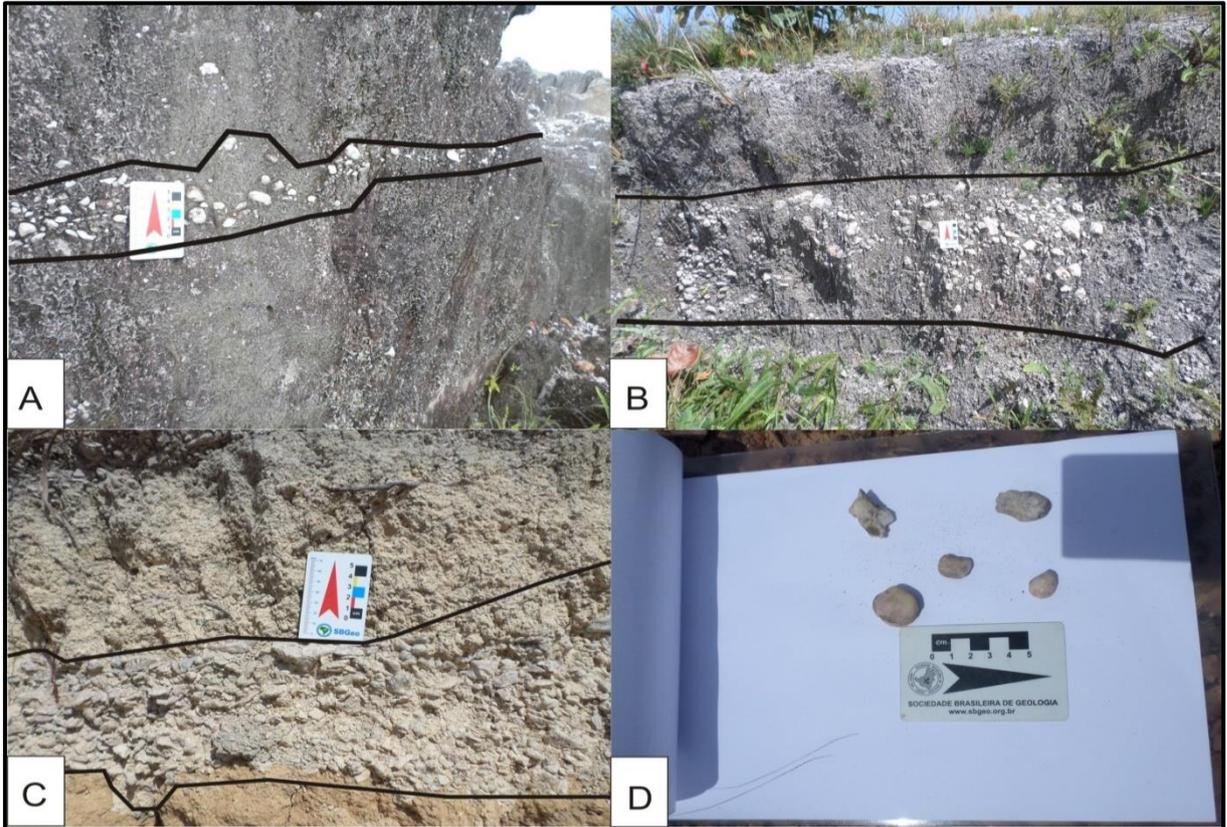


Foto: Sheilly Miranda Rodrigues, (2016).

Para melhor compreensão das linhas de pedra, foram detalhados cinco perfis. Estas foram classificadas segundo os tipos de fragmentos e tamanho. Foram identificados três tipos de linhas de pedra: tipo 1 - fragmentos lateríticos; 2 – fragmentos de quartzo até 20mm e; 3 – fragmentos de quartzo superior a 20mm (Figura 19).

Figura 19: Tipologia e características das linhas de pedra estudadas detalhadamente.

Perfis estudados	Tipologia de linhas de pedra	Coordenadas Geográfica	Morfologia/ Tamanho	Espacialização Na paisagem	Tipo de solo (ALMEIDA, 2015)	Mineralogia
Perfil 1	Tipo 1	X: 641523 Y: 419245	Angulosos e subarredondados/ 5 a 40 mm de diâmetro	Planície de menor extensão	Neossolo litólico distrófico	Fragmentos lateríticos
Perfil 2	Tipo 2	X: 639596 Y: 416896	Subangulosos a arredondados/ 3 a 20 mm de diâmetro	Planície de maior extensão	Cambissolo Háplico distrófico	Seixos de quartzo
Perfil 3	Tipo 3	X: 640909 Y: 417093	Angulosos a arredondados/ 25 a 70 mm de diâmetro	Planície de maior extensão	Neossolo quartzarênico órtico	Seixos de quartzo
Perfil 4	Tipo 3	X: 639441 Y: 420253	Angulosos a arredondados/ 25 a 70 mm de diâmetro	Na base da vertente	Cambissolo Háplico distrófico	Seixos de quartzo
Perfil 5	Tipo 2	X: 640433 Y: 420264	Subangulosos a arredondados/ 3 a 20 mm de diâmetro	Planície de menor extensão	Cambissolo Háplico distrófico	Seixos de quartzo

Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues, (2017).

As características das linhas de pedra estudadas são apresentadas abaixo:

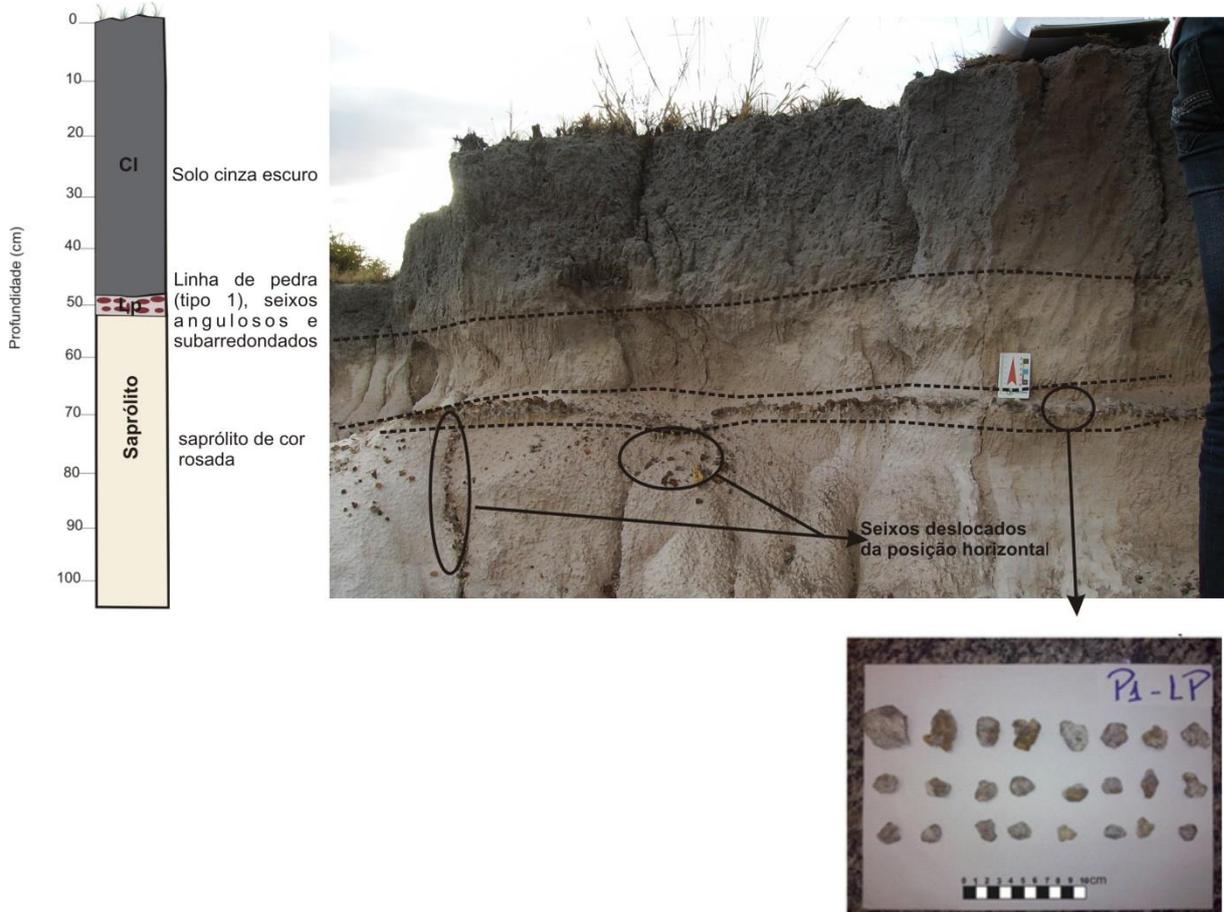
### **6.1.1 perfil 1**

Este perfil de solo tem 99 cm de profundidade do topo para a base, foram identificados 3 horizontes (Figura 20):

- a) Sedimento coluvionar com 61 cm de espessura, de textura arenosa e cor cinza escuro;
- b) Sotoposta encontra-se a linha de pedra com 3 cm de espessura, formada por fragmentos lateríticos ferroaluminosos, de 5 a 40mm de diâmetro. Os seixos são angulosos e subarredondados, envoltos em matriz areno-siltosa; observou-se que os seixos da linha de pedra estão deslocados da posição horizontal, o que sugere retrabalhamento erosivo com arraste dos detritos.
- c) Horizonte saprolítico com 35 cm de espessura, síltico arenoso e cor rosada.

Este perfil situa-se na classe de solo tipo Neossolo litólico. Segundo Almeida (2015), esta classe de solo apresentam contato com a rocha, em vegetação savânica, coloração variando na matriz 10 YR, com classe textural no horizonte A arenosa. Em decorrência do material de origem é arenoso e quimicamente muito pobre, apresenta alta lixiviação.

Figura 20: Perfil 1- Perfil de solo exposto na parede de voçoroca. No detalhe fragmentos lateríticos, angulosos e subarredondados, componentes da linha de pedra.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

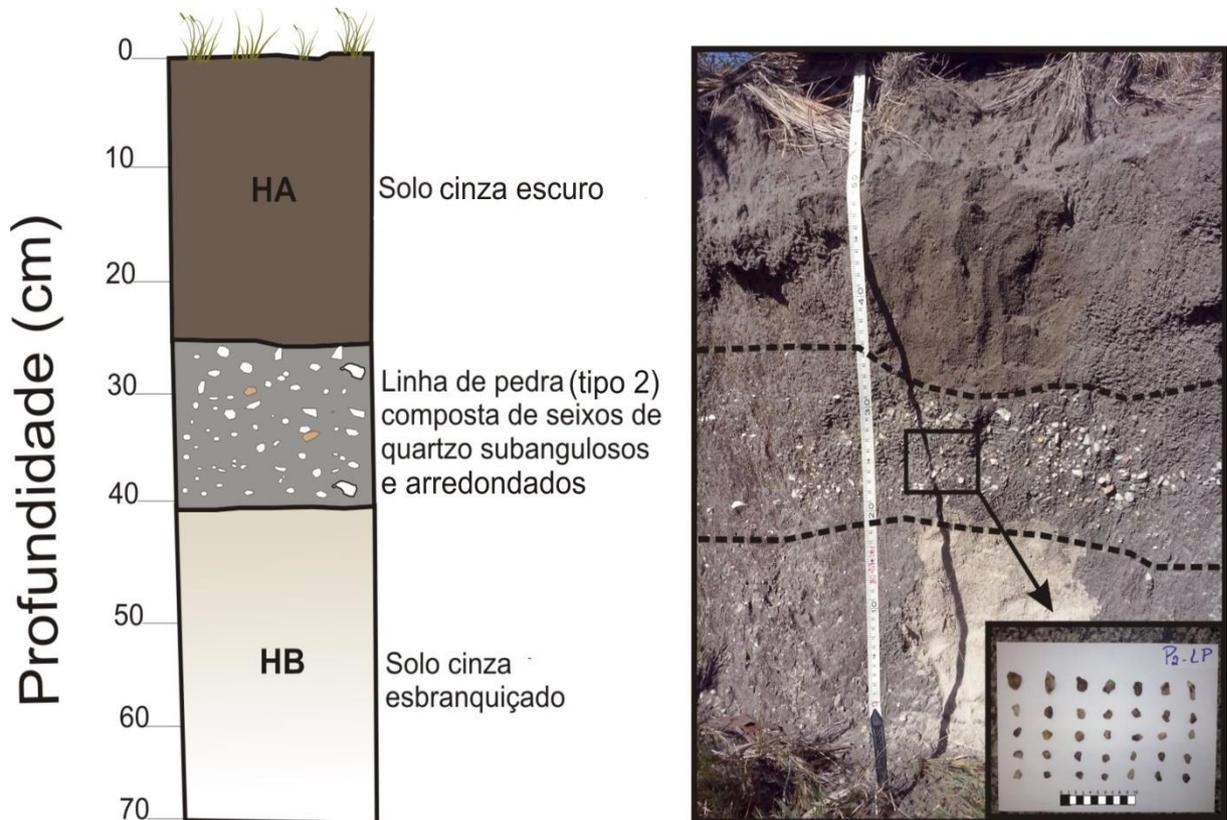
### 6.1.2 perfil 2

Em campo observou-se que este perfil de solo tem 63 cm de profundidade, foram identificados 3 horizontes:

- a) Horizonte A com 22 cm de espessura, textura arenosa e cor cinza escuro, presença de raízes finas;
- b) Linha de pedra com 13 cm de espessura, constituída por seixos de quartzo, de 3 a 20 mm de diâmetro (pequenos fragmentos), subangulosos a arredondados. Os sedimentos que constitui a matriz da linha de pedra são formados por textura arenosa com cor cinza claro;

- c) Abaixo da linha de pedra, encontra-se o horizonte B com 28 cm de espessura, textura arenosa e cor cinza esbranquiçado, como mostra a figura 21.

Figura 21: Perfil 2- Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, subangulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

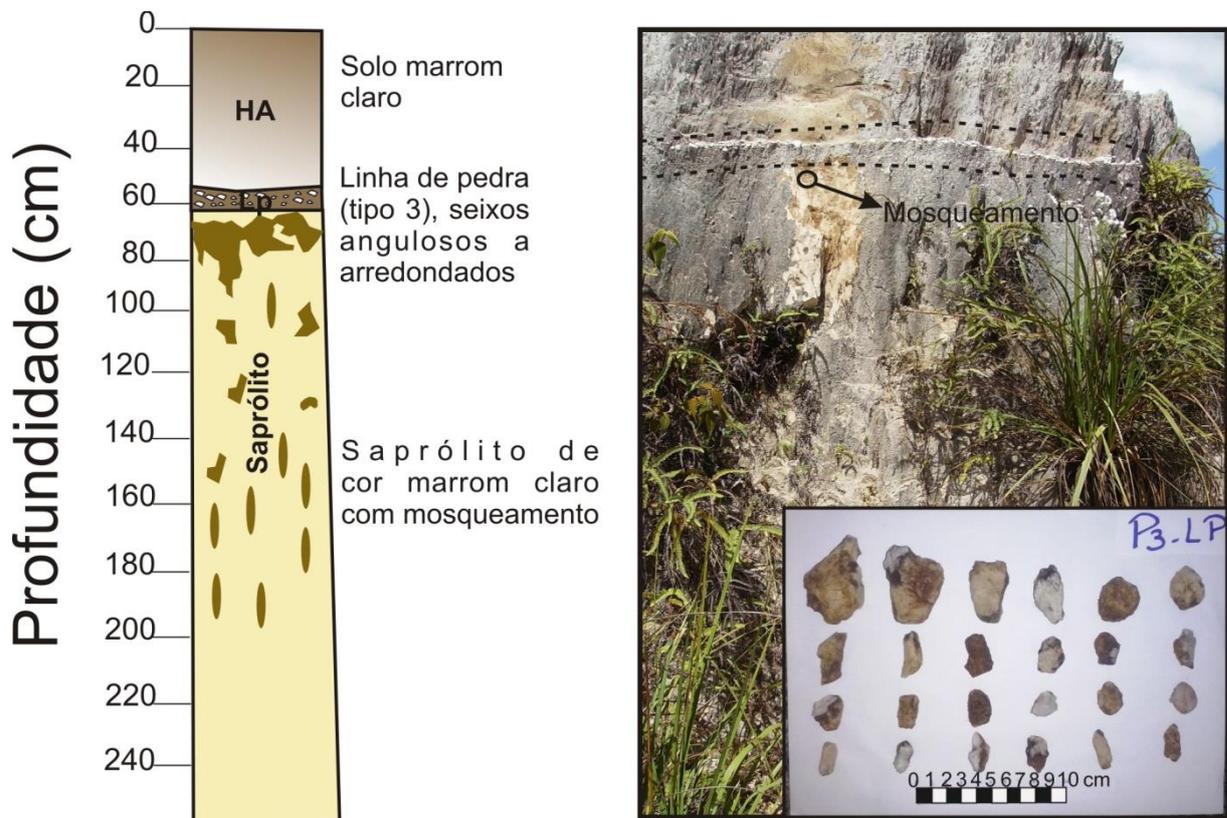
Este solo está relacionado a classe de solo tipo Cambissolo háplico Tb distrófico – CXBd, descrita no estudo de Almeida (2015), como solo derivado dos mais variados materiais de origem, com textura arenosa. Os maiores teores de matéria orgânica estão concentrados na superfície, no horizonte A.

### 6.1.3 perfil 3

No perfil de solo, no intervalo de 250 cm de profundidade, foram identificados três horizontes:

- horizonte A com 55 cm de espessura, apresenta textura arenosa e cor marrom claro;
- linha de pedra com 7 cm de espessura, constituída por seixos de quartzo, de 25 a 70 mm de diâmetro, angulosos a arredondados. Os sedimentos que constitui a matriz dos seixos apresenta textura arenosa fina de cor marrom;
- Saprólito com 1m e 20 cm de espessura, arenoso de cor marrom claro com mosqueado marrom escuro (Figura 22).

Figura 22: Perfil 3- Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, angulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

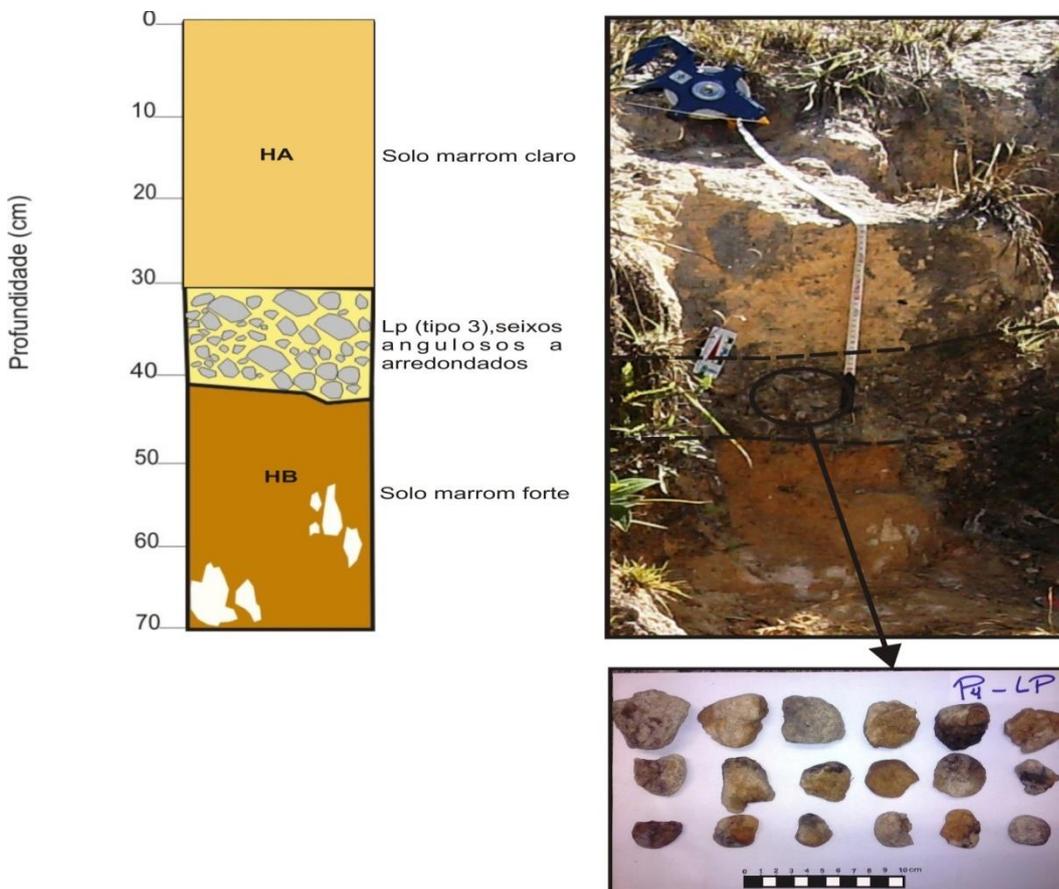
Este perfil de solo situa-se na classe de solo tipo Neossolo quartzarênico. Segundo Almeida (2015) são solos em vegetação savânica, com classe textural no horizonte A arenoso.

#### 6.1.4 perfil 4

No perfil de solo, nos seus 62 cm, compreende três horizontes:

- Horizonte A com 30 cm de espessura, textura arenosa siltico e cor marrom claro;
- Linha de pedra com 5 cm de espessura, composta por fragmentos de quartzo, de 25 a 70mm de diâmetro e morfologia angulosos a arredondados;
- Horizonte B com 24 cm de espessura apresenta cor marrom forte, de textura também arenosa siltico (Figura 23).

Figura 23: Perfil 4- Perfil de solo exposto na parede de um corte de estrada. Em destaque seixos de quartzo, angulosos e arredondados.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Este solo está relacionado a classe de solo tipo Cambissolo háplico Tb distrófico – CXBd, descrita no estudo de Almeida (2015), solo em vegetação variada, ocorrendo em ambos os ambientes de savanas e florestas, no qual apresenta diferença na coloração que variou na matiz 7.5 YR E 10 YR, marrom claro acinzentado e marrom forte.

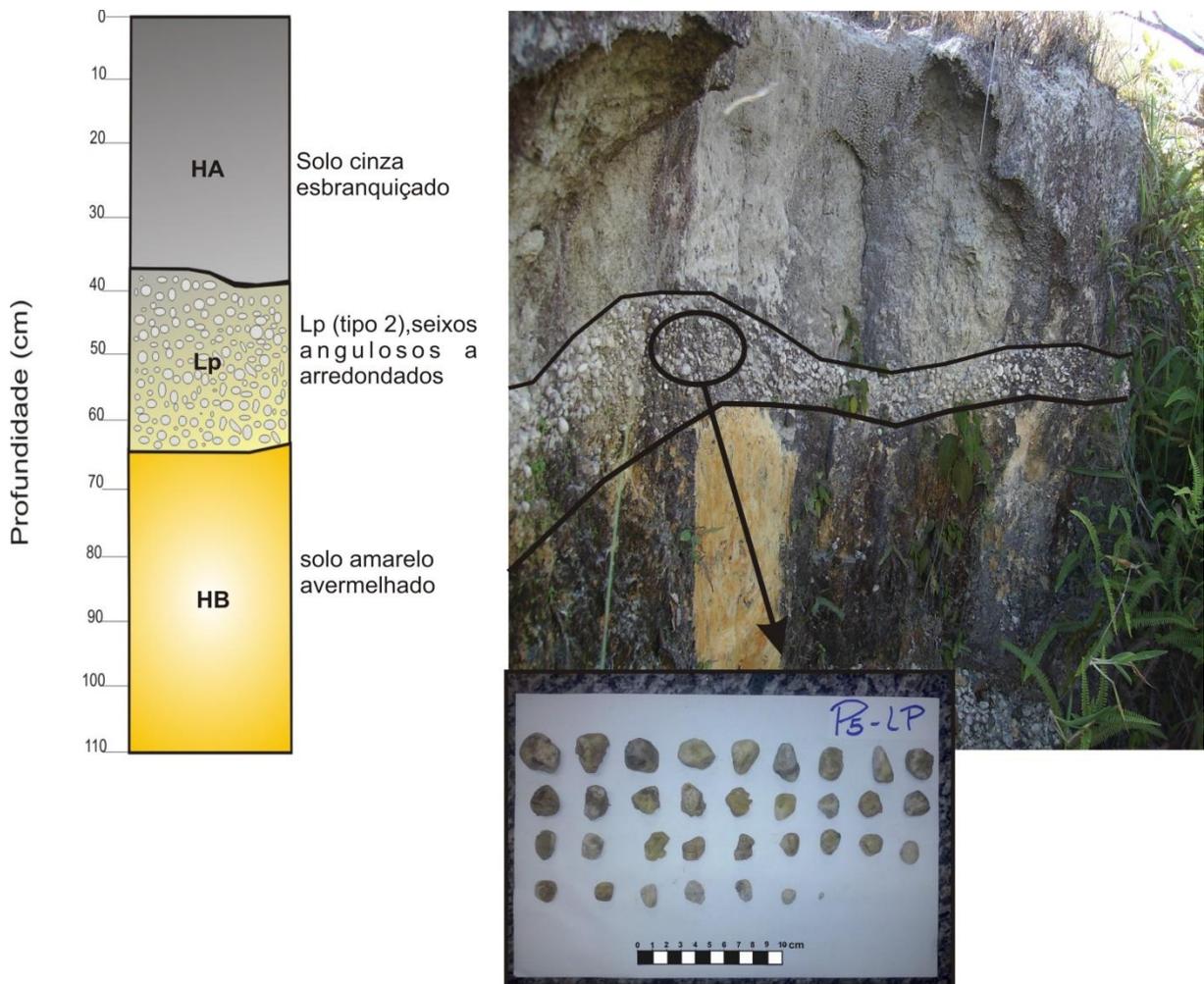
#### **6.1.5 perfil 5**

No perfil de solo no intervalo de 105 cm, foram identificados 3 horizontes:

- a) Horizonte A com 35 cm de espessura, textura siltico arenosa e cor cinza esbranquiçado;
- b) Linha de pedra com 26 cm de espessura, constituído por seixos de quartzo, de 3 a 20mm de diâmetro, subangulosos a arredondados, como mostra a figura 18. E quanto aos materiais do interior da linha de pedra é formado por matriz siltico arenosa;
- c) Horizonte B que apresenta cor amarelo avermelhado, 53 cm de espessura, de textura siltico arenosa (Figura 24).

Este perfil situa-se na classe de solo tipo Cambissolo Háplico distrófico (ALMEIDA, 2015).

Figura 24: Perfil 5-Perfil de solo exposto na parede de uma voçoroca. Em destaque seixos de quartzo, subangulosos e arredondados, componentes da linha de pedra.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Essas características mineralógicas se assemelham as linhas de pedra presentes nas áreas de planície da serra do Tepequém estudadas por Beserra Neta (2007), bem como em trabalhos realizados por Horbe et. al., (2005), destacando linhas de pedra constituída por fragmentos lateríticos e seixos de quartzo na região NE do Amazonas.

## 6.2 A RELAÇÃO DA MORFOLOGIA DAS LINHAS DE PEDRA COM O MODELADO DO RELEVO

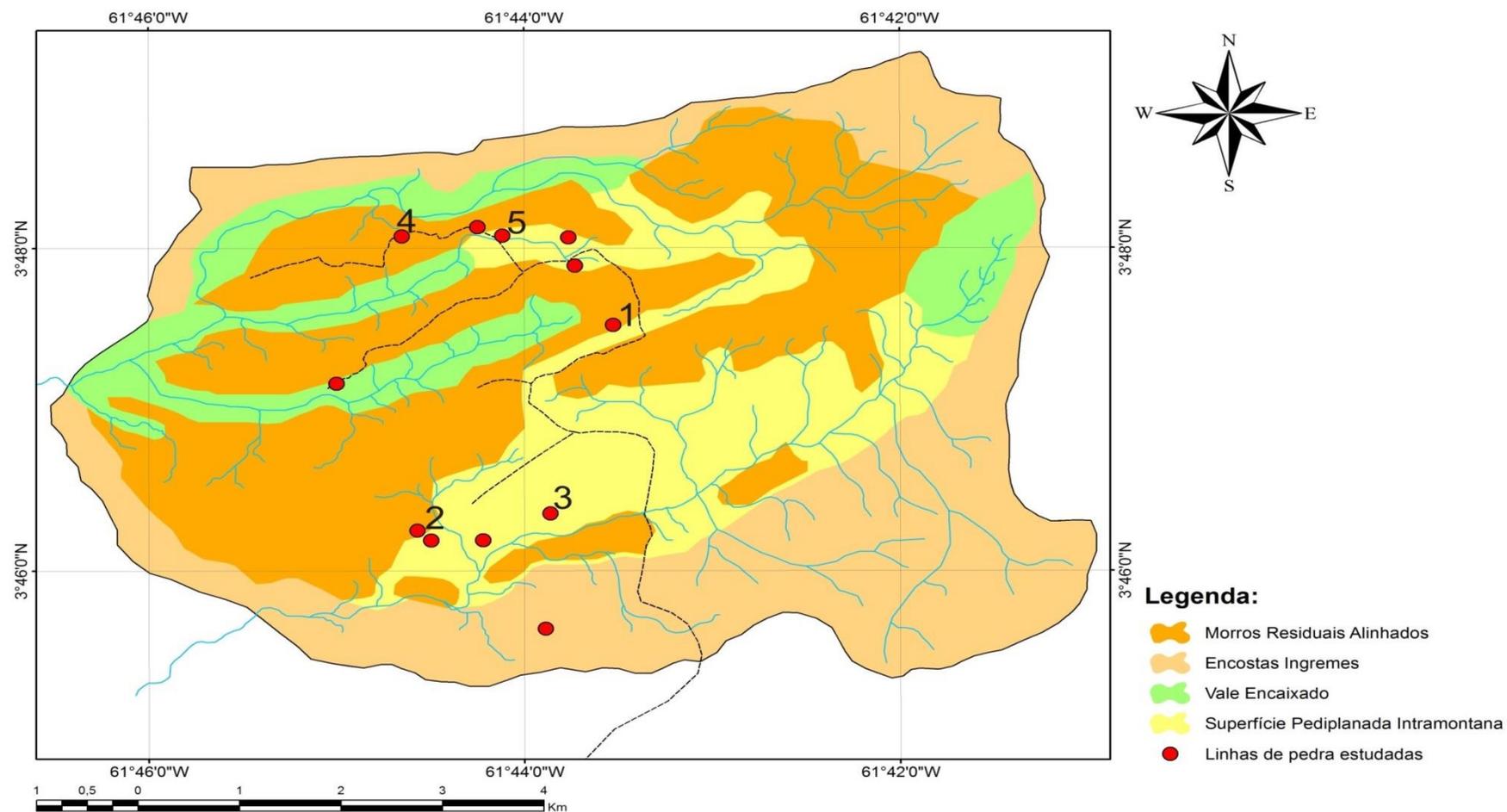
A distribuição espacial das linhas de pedra nas áreas de planícies e baixa vertentes de morros não é homogênea (Figura 25). Elas se posicionam de modo sub-horizontais a horizontais a superfície do terreno e de forma contínuas e descontínuas, como mostra a figura 26.

A posição e distribuição espacial das linhas de pedra na paisagem do Tepequém, serão discutido a seguir:

- a) Linhas de pedra distribuídas horizontalmente a superfície do terreno, sendo comuns nas planícies de forma contínuas e descontínuas.
  
- b) Linhas de pedra posicionadas subhorizontalmente a superfície do terreno, onde ocorre, na base das vertentes dos morros. Estas linhas de pedra encontram-se de forma contínua na superfície.

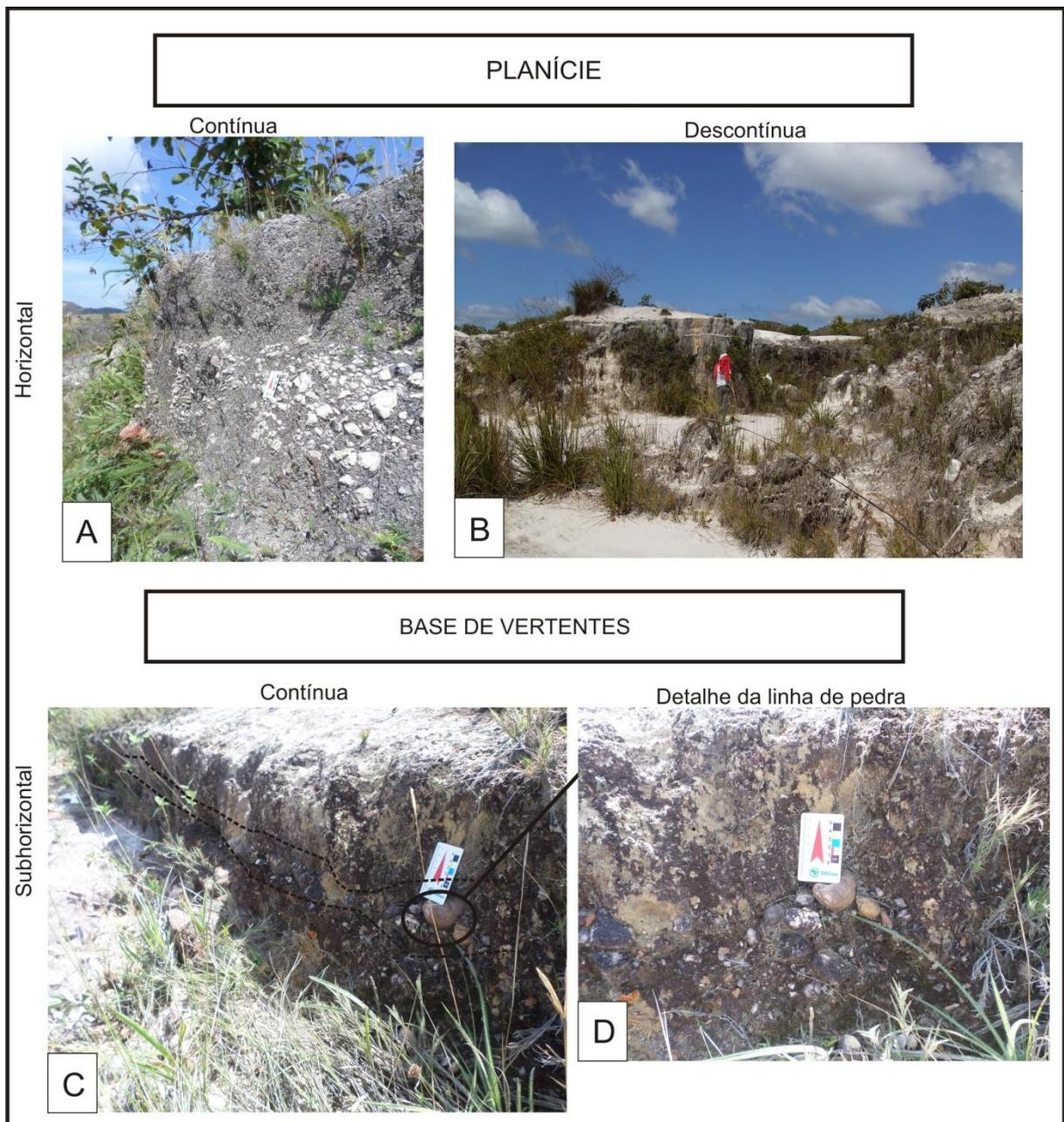
Figura 25: Mapa das formas de relevo, com destaque para a localização das linhas de pedra ao compartimento de relevo.

**MAPA DAS FORMAS DE RELEVO E DAS LINHAS DE PEDRA ESTUDADAS, SERRA DO TEPEQUÉM - RR**



Fonte: Nascimento, F. A. (2013).

Figura 26: Distribuição espacial das linhas de pedra: (A) linhas de pedra em planície posicionada na horizontal de forma contínua; (B) linha de pedra posicionada de modo horizontal de forma descontínua; (C) linha de pedra na base de vertente posicionada na sub-horizontal de forma contínua; (D) detalhe de linha de pedra encontrada na base de vertente, conglomerado.

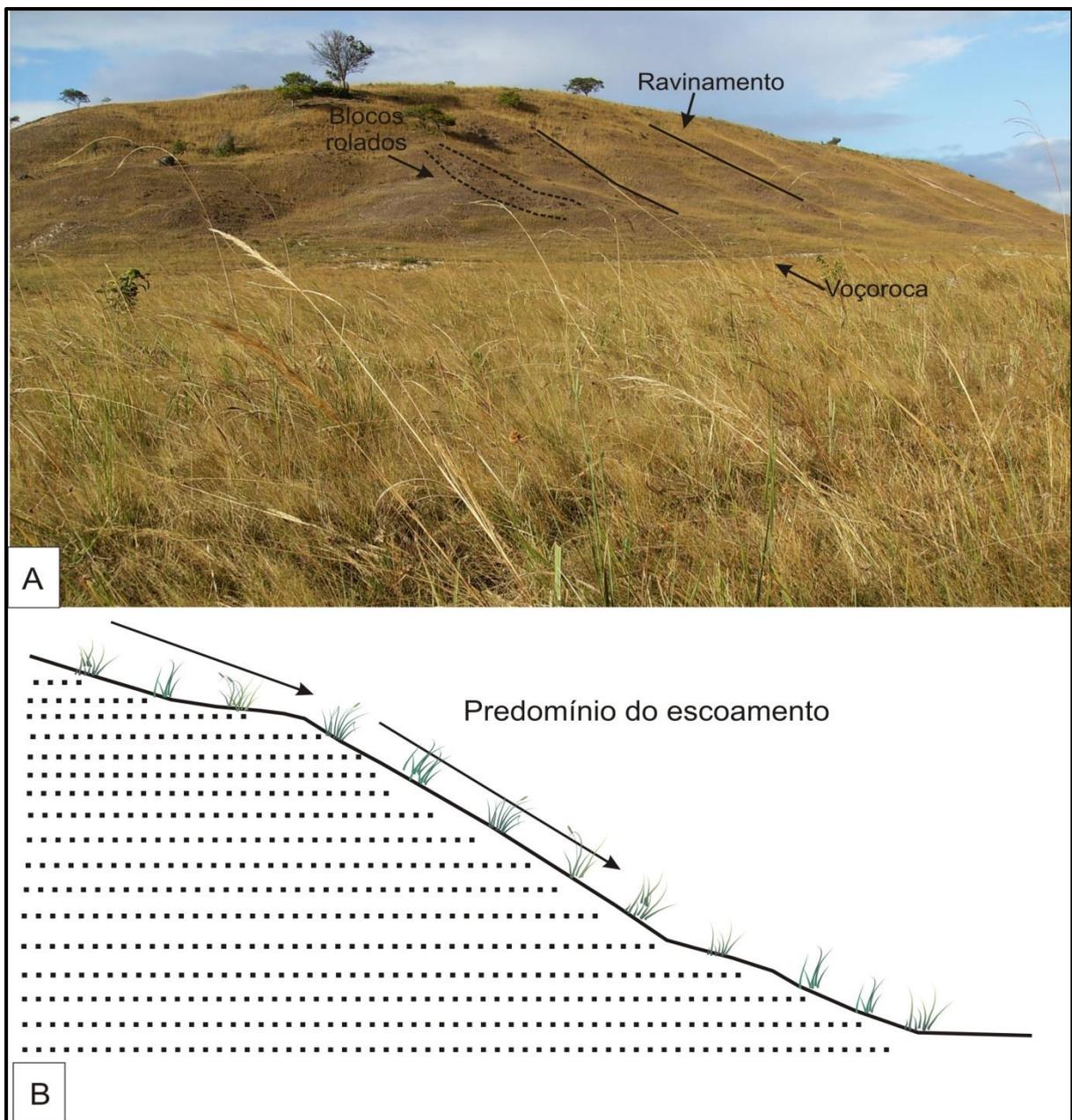


Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues, (2016).

Em algumas vertentes observadas, a presença de cicatrizes de movimentos de massa, como rastejamento e escorregamento, permitiu inferir que as vertentes estão sendo permanentemente retrabalhadas por processos erosivos e

deposicionais resultantes das condições climáticas existentes. Nesse sentido, pode ser considerado que algumas vertentes apresentam uma dinâmica de denudação, pelo processo de escoamento, visto que a área estudada é caracterizada por uma vegetação rasteira, tipo gramínea e arbustiva. Essa vegetação incipiente e rasteira, não recobre totalmente o solo, deixando-o exposto ao efeito *splash* (impacto das gotículas de chuva) que ocasiona a intensificação da erosão (Figura 27).

Figura 27: (A) morro alinhado no entorno da linha de pedra do perfil 1, em destaque processo de ravinamentos e blocos rolados, cicatrizes de movimento de massa; (B) vertente côncava-convexa do morro, predomínio de escoamento superficial.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

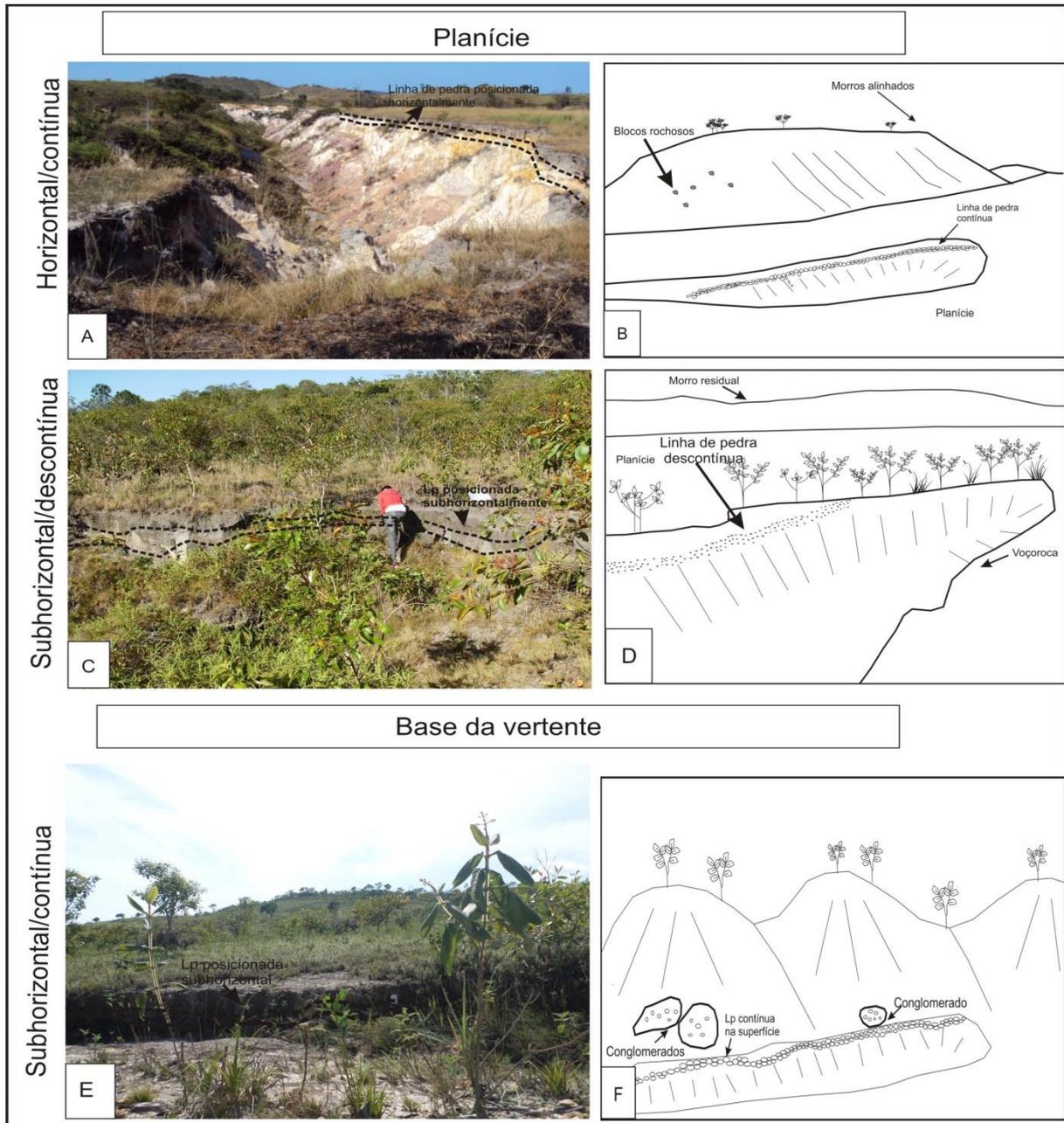
As linhas de pedra encontram-se recobrimdo o material alterado *in situ* e sotopostos por colúvio pedogenizado. Esses paleopavimentos estão associados à morfogênese mecânica, correspondente a uma fase glácio-eustática pleistocênica, enquanto o colúvio superficial vincula-se à morfogênese química ou fase interglacial, como o holoceno atual (AB'SÁBER, 1962).

Esses dados afirmam o aporte teórico defendido por Bigarella e Mousinho (1965) no que diz respeito à formação das linhas de pedra, para os quais ocorreria em virtude da alternância entre climas secos e úmidos, em que, os fragmentos mais resistentes ao intemperismo concentrassem na superfície originando o pavimento desértico, e o material fino seriam por sua vez, transportado vertente abaixo. Os dados também se enquadram com a teoria de Ab'Sáber (1962), considerando que na fase climática seca ocorre a formação dos chãos pedregosos e o material que o recobriria estaria ligado a períodos de umidificação do clima.

Beserra Neta (2007), destaca em seu trabalho realizado na serra do Tepequém, a idade absoluta de sedimentos/solos pelo método de Datação radiocarbono de carvão e concluiu preliminarmente, que a linha de pedra tenha se formado em torno de 2.000 anos AP, que deve corresponder ao período mais seco dos tempos recentes na serra do Tepequém e a formação das planícies intermontanas ocorrida após este evento.

Portanto, as linhas de pedra contendo seixos de crostas ferruginosas, inumando os paleovales, documentam fases erosivas mais agressivas de recuo das encostas, em clima mais seco com chuvas concentradas, e sedimentação restrita.

Figura 28: (A) linha de pedra posicionada horizontalmente a superfície do terreno, exposta em parede de voçoroca na planície; (B) croqui com destaque para linha de pedra contínua; (C) linha de pedra posicionada sub-horizontal/descontínua no terreno na planície; (D) croqui com destaque para a descontinuidade da linha de pedra; (E) linha de pedra horizontal e contínua a superfície do terreno na base da vertente; (F) croqui destacando linha de pedra contínua na base da vertente.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

As características que formam as linhas de pedra contínuas/ descontínuas e horizontais/sub-horizontais tem relação com os materiais que sustentam os morros e colinas, bem como arenitos conglomeráticos, podendo ser a fonte dessas linhas de pedra.

## 6.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS E DAS LINHAS DE PEDRA

### 6.3.1 granulometria dos solos e da matriz dos seixos das linhas de pedra

Os solos estudados dos perfis 1, 2 e 3 são predominantemente arenosos, enquanto os dos perfis 4 e 5 são arenosos silticos (Figuras 29). Nas linhas de pedra, conforme a granulometria dos sedimentos que formam a matriz, predomina a textura arenosa, sendo formada de areia grossa a fina (0,1248 mm a 0,2496 mm).

Os horizontes acima e abaixo das linhas de pedra apresentam textura areno-siltosa, esta textura reflete as características do material de origem, arenitos e siltitos da Formação Tepequém.

Linhas de pedra e solos com a mesma textura foram caracterizadas por Beserra Neta et al., (2013) em outros pontos da serra, identificaram linhas de pedras com morfologia subangulosos a subarredondados, envoltos sob matriz arenosa, com fragmentos de tamanho variando entre 0,2 a 6,2 cm de diâmetro.

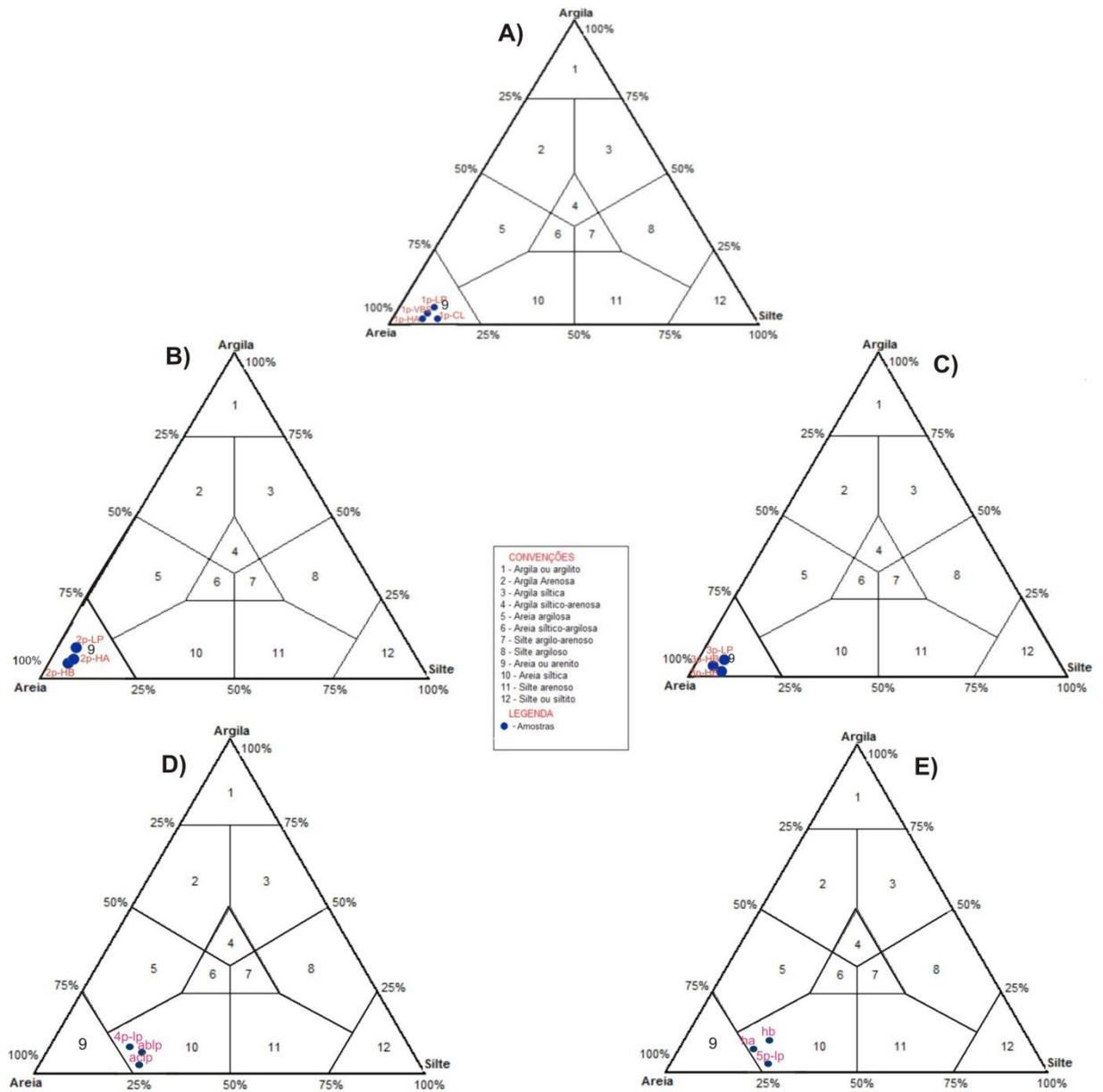
Os solos apresentam diâmetro médio de 0,06 a 0,24 correspondendo a areia muito fina e areia média. São pobremente selecionados a muito pobremente selecionados com média em pobremente selecionados (1,0 a 2,7). Sedimentos com características de pobremente selecionados sugere que a área fonte deste material está próxima, apresentando uma curta distância entre o transporte e a deposição, o que não possibilita a seleção natural entre as partículas.

Os solos apresentaram valores de assimetria entre -0,02 a 0,3, caracterizando como aproximadamente simétrico a muitos positivos, exceto nos sedimentos da matriz das linhas de pedra, que obteve valor de -0,2, caracterizando como assimétricos negativos, portanto, possuem uma cauda de materiais mais grosseiros, devido aos valores de assimetria negativos (SUGUIO, 1973).

De acordo com os valores de curtose expostos na figura 30, os grãos se classificam como platicúrticos a muito leptocúrticos. Segundo Suguio (1973), as medidas de curtose refletem a dinâmica seletiva. Portanto, esses valores indicam a forte influência do agente transportador. Sugere-se que este material foi selecionado

em uma região de alta energia e então transportado sem alterar suas características para outro.

Figura 29: Distribuição granulométrica nos diagramas de Shepard. (A) perfil 1; (B) perfil 2; (C) perfil 3; (D) perfil 4 e (E) perfil 5.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

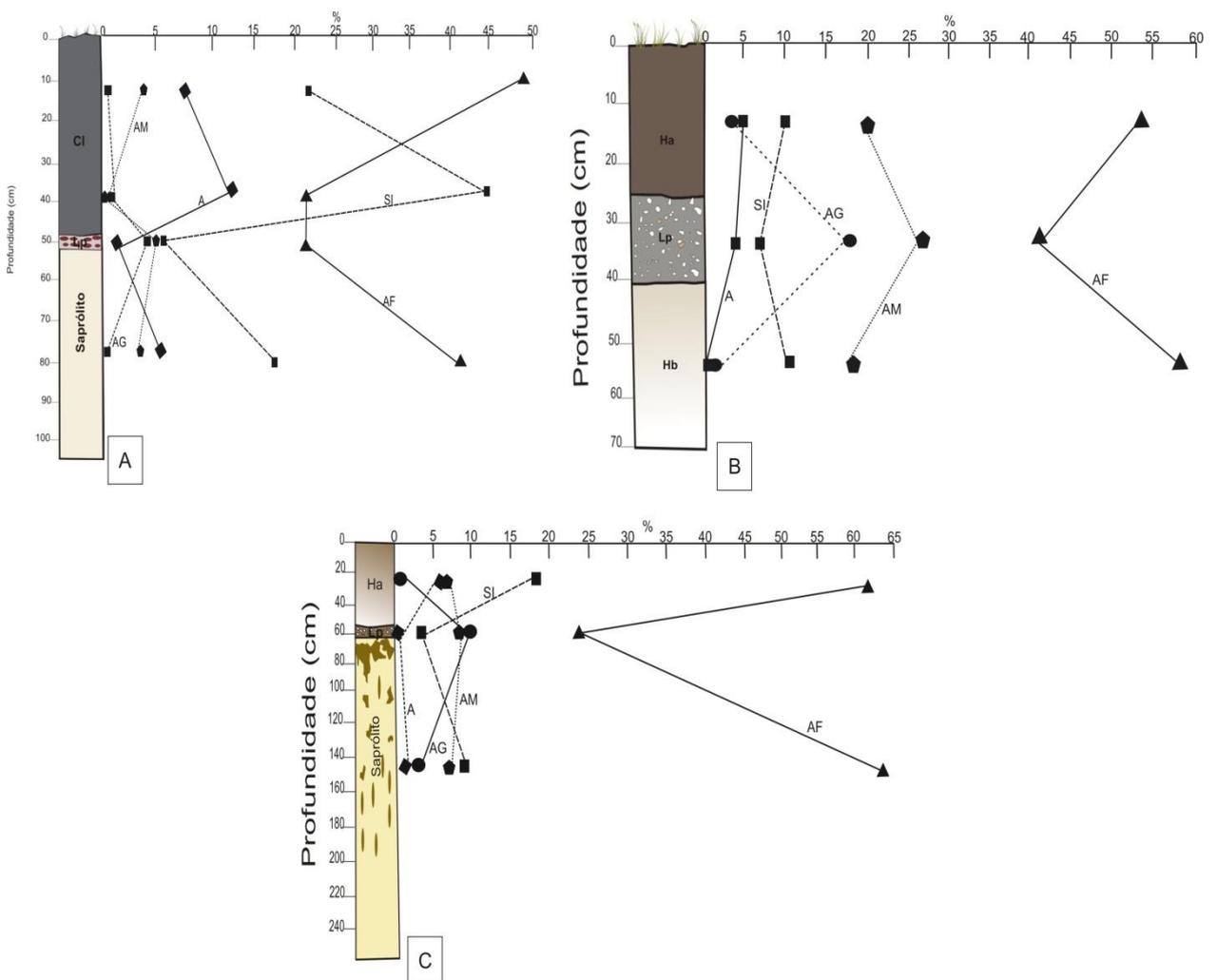
Figura 30: Análise da frequência dos dados granulométricos dos perfis de solo/linha de pedra estudados no topo da serra do Tepequém-Roraima.

<b>Perfil de solo</b>	<b>Diâmetro médio das partículas</b>	<b>Grau de seleção</b>	<b>Grau de assimetria</b>	<b>Curtose</b>
<b>1 Perfil</b>	areia muito fina a média (0,0625 a 0,2496)	Pobrememente selecionado (1,0 - 1,8)	assimétricos negativos a positivos (-0,2 - 0,2)	mesocúrticos a muito leptocúrticos (0,9 - 2,9)
<b>2 Perfil</b>	areia fina a média (0,1248 a 0,2496)	Pobrememente selecionado (1,1 - 1,7)	assimétricos negativos a positivos (-0,2 - 0,1)	Platicúrticos a leptocúrticos (0,7 - 1,3)
<b>3 Perfil</b>	areia fina a média (0,1248 a 0,2496)	Pobrememente selecionado (1,1 - 1,8)	assimétricos negativos a muito positivos (-0,3 - 0,3)	Platicúrticos a muito leptocúrticos (0,7 - 1,8)
<b>4 Perfil</b>	areia fina a média (0,1248 a 0,2496)	Pobrememente selecionado a muito pobrememente selecionado (1,5 - 2,0)	aproximadamente simétrico a positivo (- 0,08 - 0,2)	mesocúrticos a leptocúrticos (0,9 - 1,1)
<b>5 Perfil</b>	areia fina a média (0,1248 a 0,2496)	Pobrememente selecionado a muito pobrememente selecionado (1,4 - 2,7)	aproximadamente simétrico (-0,02 - 0,06)	Platicúrticos a leptocúrticos (0,7 - 1,2)

Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Quanto à distribuição granulométrica, os horizontes de solo dos perfis 1,3 e 5 apresentaram predominância de areia fina, com percentuais superiores a 60%, seguidos de fração silte de 7% a 45% (Figura 31).

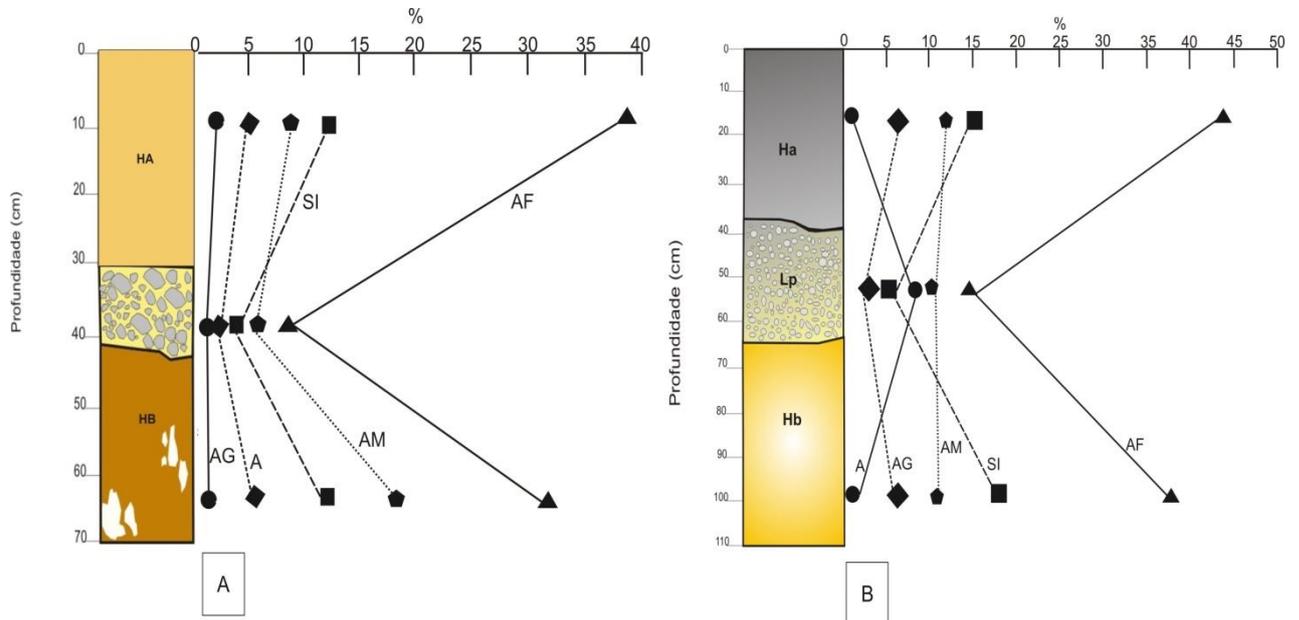
Figura 31: Variação granulométrica nos perfis 1(A), perfil 2 (B) e perfil 3 (C). (Legenda: AG - areia grossa, AM – areia média, AF – areia fina, SI – silte e A – argila).



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Já nos perfis 2 e 4 predominou areia fina com cerca de 33% a 58% e a fração areia média com aproximadamente 6% a 26%. Enquanto que os sedimentos da matriz das linhas de pedra evidenciaram maior predominância de areia fina (8% a 41%) e a fração areia média (7% a 26%), como mostra a figura 32.

Figura 32: Variação granulométrica nos perfis 4 (A), perfil 5 (B). (Legenda: AG - areia grossa, AM – areia média, AF – areia fina, SI – silte e A – argila).



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Esses resultados podem evidenciar que o transporte promoveu a retirada do material de granulometria mais fina, depositando-os na base dos morros/colinas, o qual se estende nas planícies. Trabalhos recentes elaborados por Silva et.al., (2014) descrevem a erosão em encostas pelo método da topossequência, em que confirma que na média vertente, estão presentes os materiais com granulometria grosseira, em detrimento dos sedimentos situados na base, em que predomina a granulometria mais fina.

Os solos estudados são similares aos solos caracterizados por Feitosa (2009), em solos de savanas associadas no Nordeste de Roraima, com a mesma atividade de areia, silte e argila.

### 6.3.2 Morfologia e grau de arredondamento dos grãos

Nos perfis de solo 1 e 3 apresentam em sua morfologia a predominância de grãos subangulosos cujos valores variam entre 54% a 40%, secundariamente grãos subarredondados (38% a 20%) a arredondados (7% a 17%), como mostra as figuras 33 e 34.

Entretanto, os perfis de solo 2, 4 e 5 predominou grãos subarredondados variando entre 49% a 38%, contendo ainda em menor porcentagem grãos subangulosos (30%) arredondados (23%) e angulosos (10%) (Figura 35, 36 e 37).

Com a predominância de grãos subangulosos e subarredondados pode-se afirmar que a área fonte é próxima ao ambiente de deposição reforçando os dados obtidos em relação ao grau de seleção.

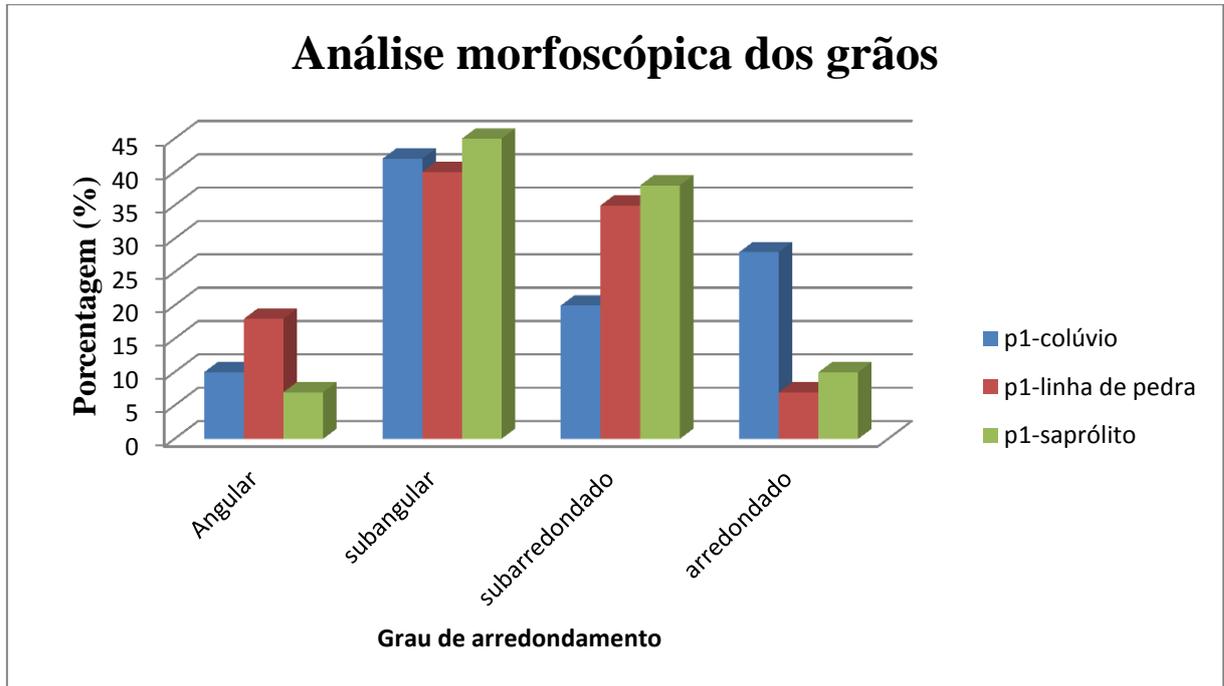
Os grãos são em maioria brilhantes, o que revela que foram transportados em meio aquoso. No entanto, há um número considerável de grãos foscos, indicando que parte dos grãos foram conduzidos por transporte eólico.

Os sedimentos da matriz das linhas de pedra também predominaram grãos subangulosos, o que sugere desagregação física a partir dos seixos e fragmentos das linhas de pedra.

A presença de fragmentos lateríticos angulosos na linha de pedra indica que os mesmos são provenientes dos materiais que capeiam os morros e colinas, entretanto, sugere que estes morros são a área fonte das linhas de pedra (Figura 38 a). O material que recobre os morros é constituído por material grosseiro como cascalho, seixo e fragmentos Lateríticos possíveis de identificar in situ, além de arenito conglomeráticos.

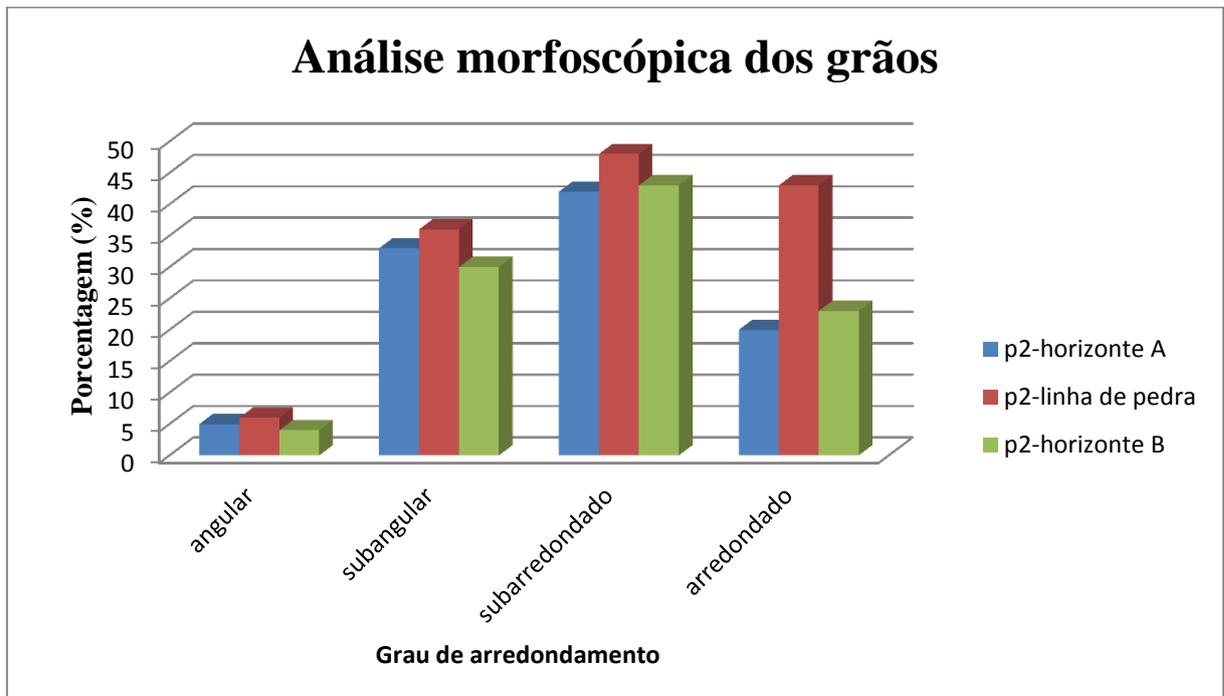
Já os grãos de quartzo arredondados presentes nas linhas de pedra mostram que os mesmos são advindos de rochas em que eles já se encontravam arredondados, a exemplo dos conglomerados da Formação Tepequém (Figura 38 b).

Figura 33: Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 1.



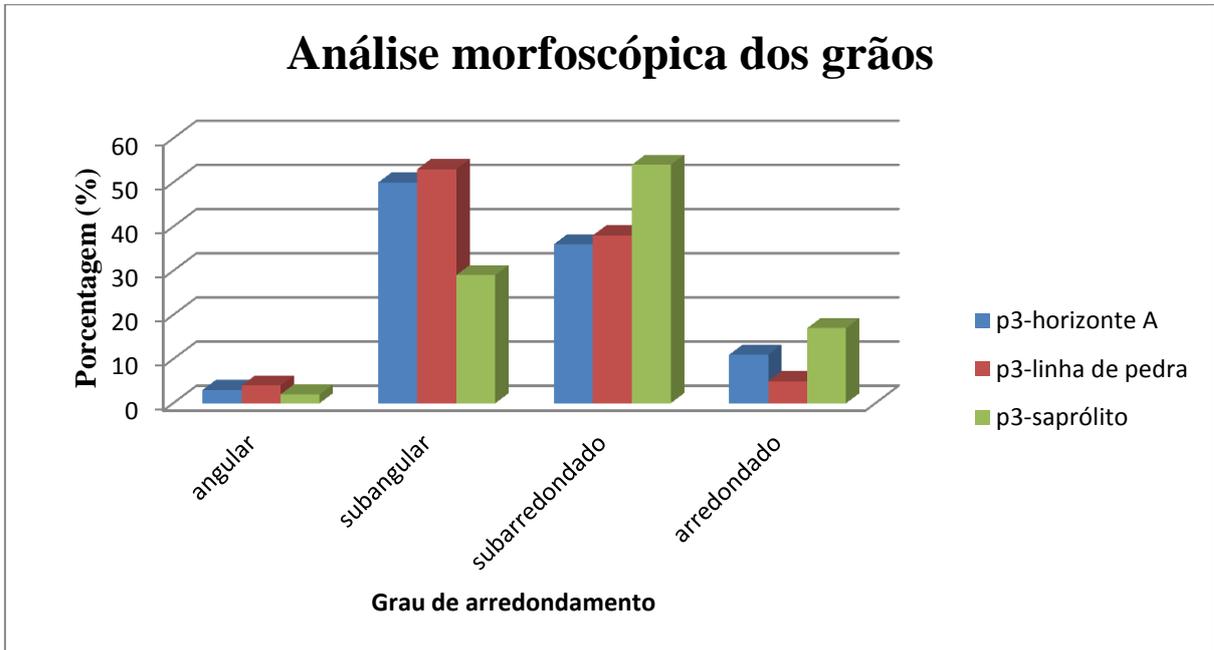
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 34: Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 2.



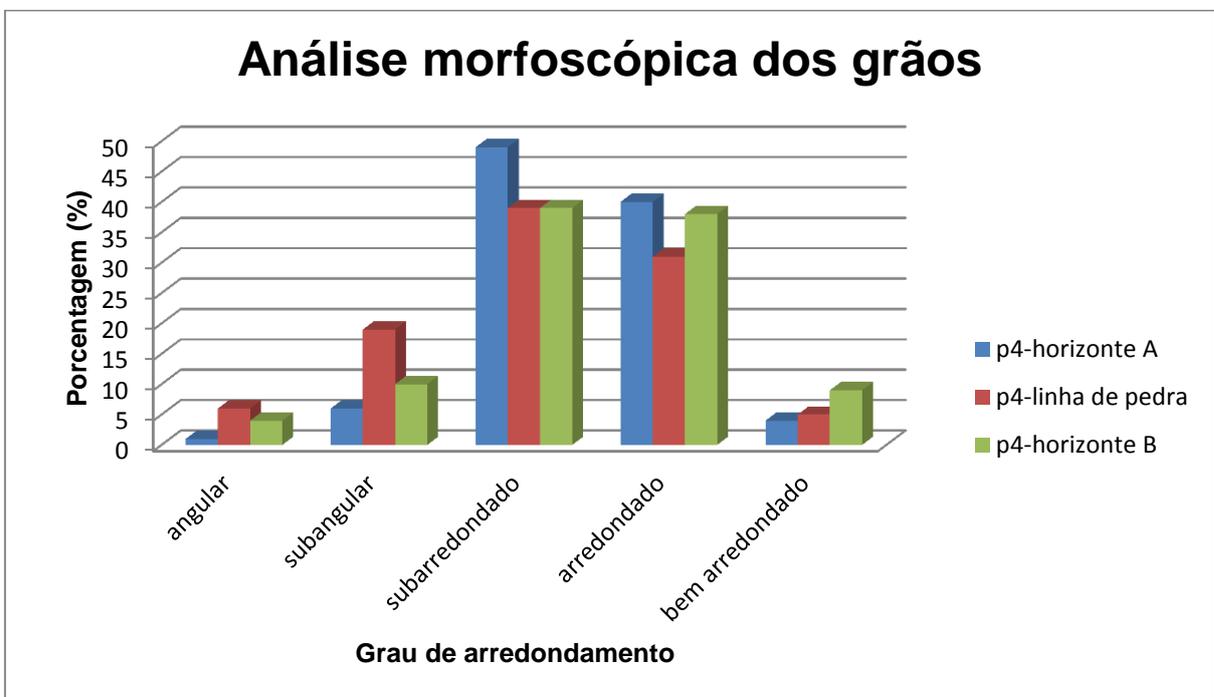
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 35: Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 3, com predominância de grãos subangulares.



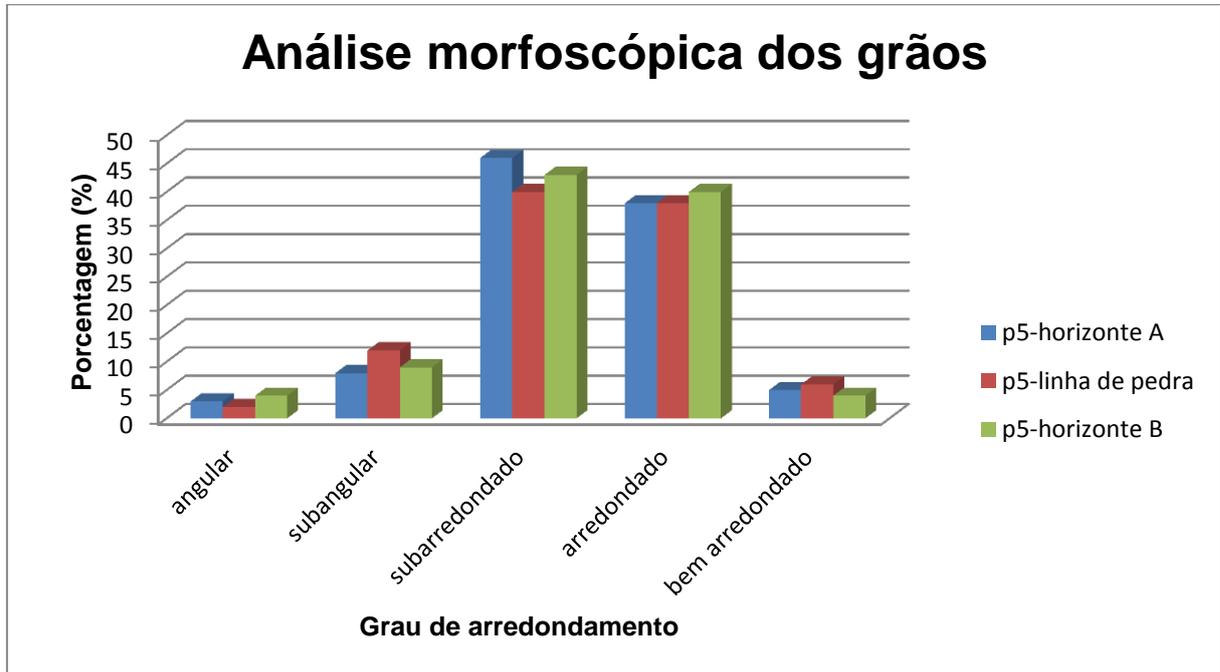
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 36: Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 4, com predominância de grãos subarredondados.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 37: Histograma representando o grau de arredondamento dos grãos do perfil 5, com predominância de grãos subarredondados.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Através da fotografia dos grãos, em lupa microscópica, é possível observar com melhor detalhe grãos com cavidades e fendas, o que pode ser resultado da ação mecânica. Apresentam também indícios de dissolução química, como fissuras, sulcos e manchas de tons escuros como castanho avermelhados sendo um indicador da presença de oxi-hidróxidos de ferro como a hematita e goethita (Figura 39).

Figura 38: Morfologia das linhas de pedra, (A) fragmentos lateríticos angulosos (B) seixos de quartzo arredondados.

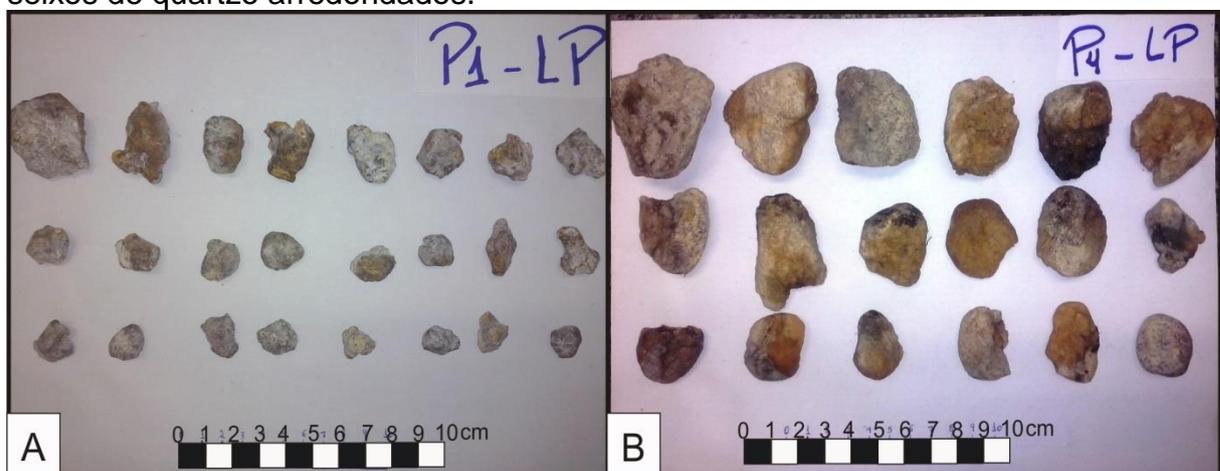


Foto: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 39: Morfologia e grau de arredondamento dos grãos: (A) grãos com morfologia angular; (B) subangular; (C) subarredondados; (D) arredondados e (E) detalhe de grãos com presença de fissuras, cavidades e manchas de tons escuros como castanho avermelhados.

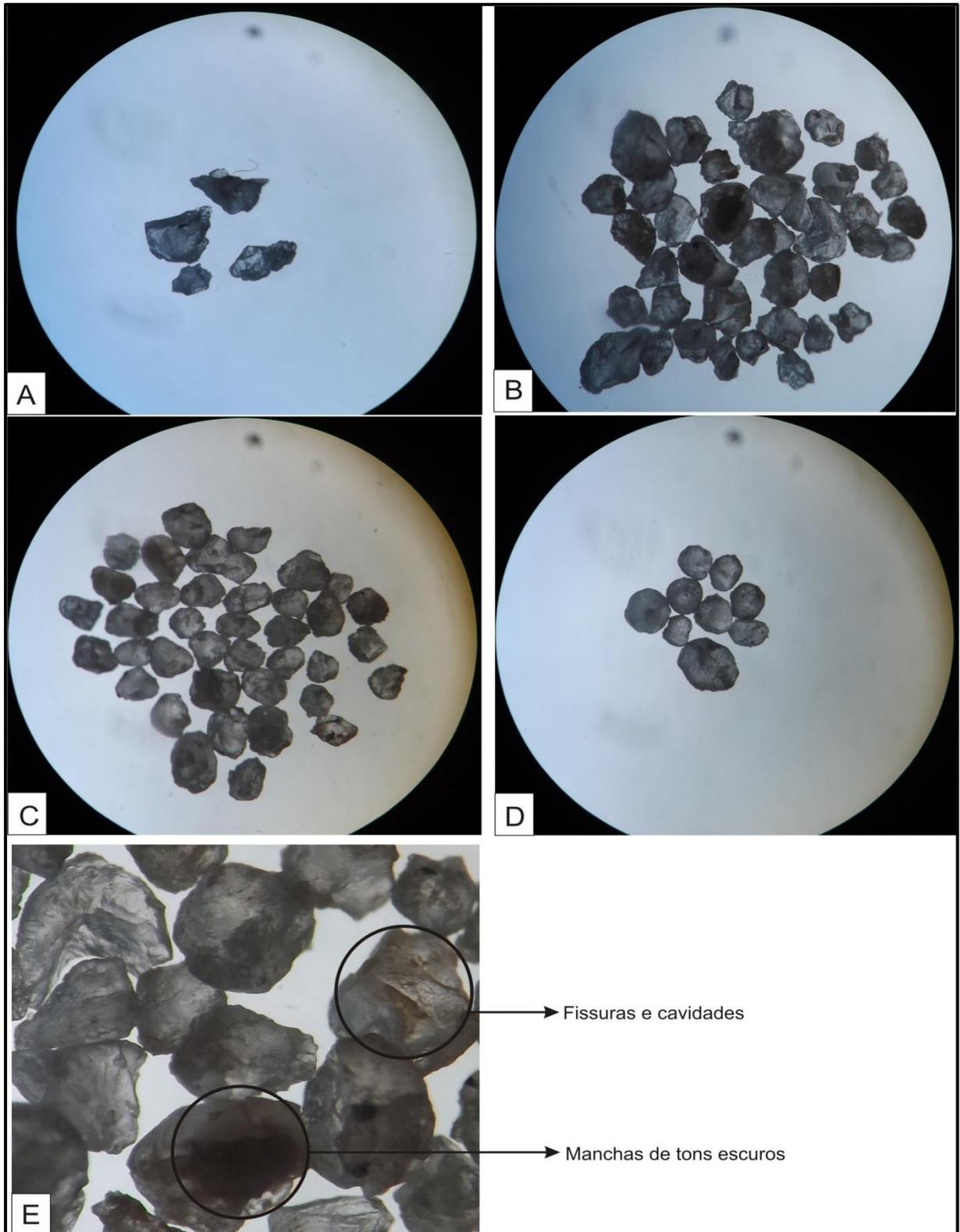


Foto: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

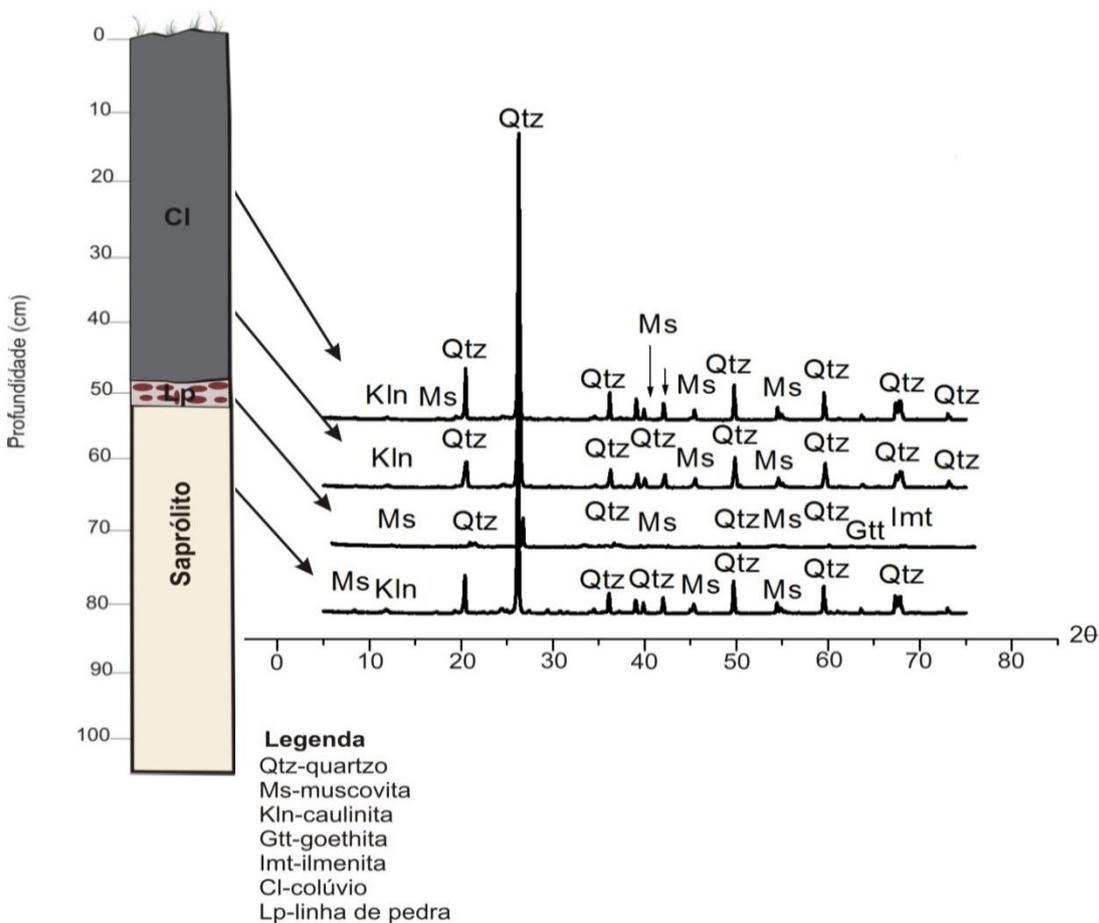
### 6.3.3 Composição mineralógica

Os horizontes de solos dos perfis estudados são constituídos predominantemente de quartzo, contendo ainda muscovita e caulinita. O mineral quartzo apresenta maiores teores em todos os horizontes dos perfis de solo analisados, secundariamente a muscovita e com menor intensidade a caulinita, como mostra as figuras 40 a 44.

A mineralogia dos sedimentos da matriz e os seixos das linhas de pedra predominou quartzo, mas também foram encontrados a hematita, goethita e ilmenita para lateritas.

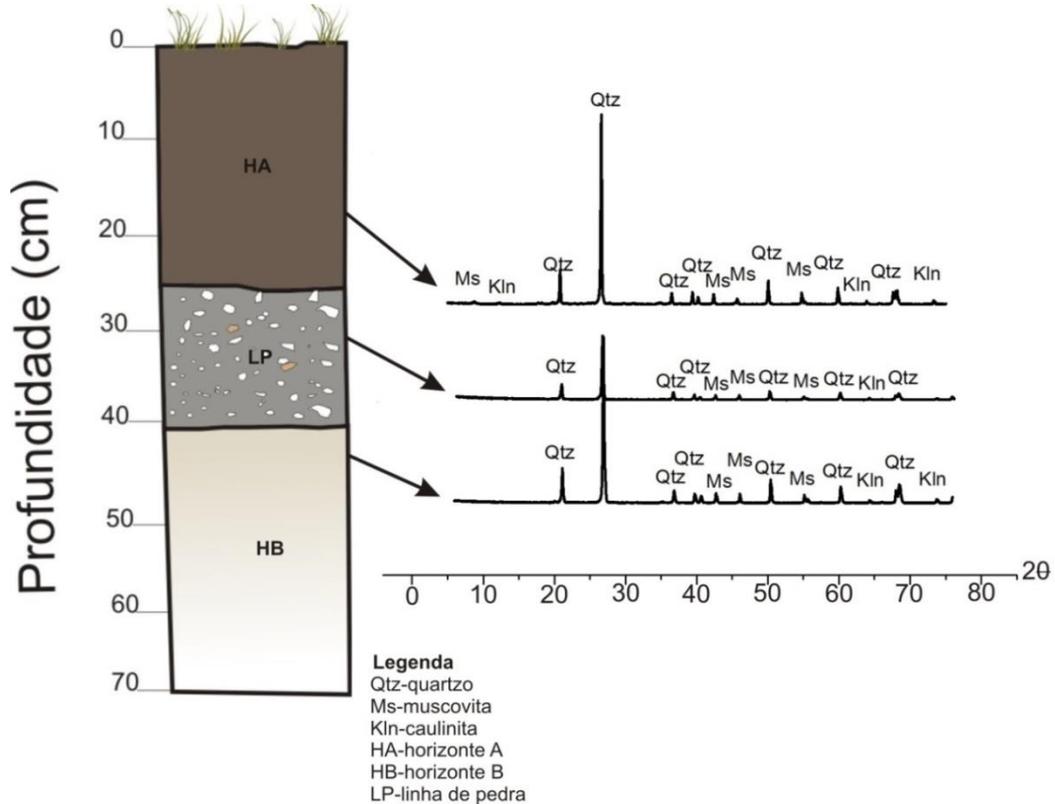
As composições mineralógicas dos solos dos perfis derivaram da alteração química de rocha comum, tipo arenitos, siltitos e conglomerados, da Formação Tepequém, apresentando similaridades devido ao material fonte.

Figura 40: Minerais presentes no solo do perfil 1, determinados por DRX em amostras totais.



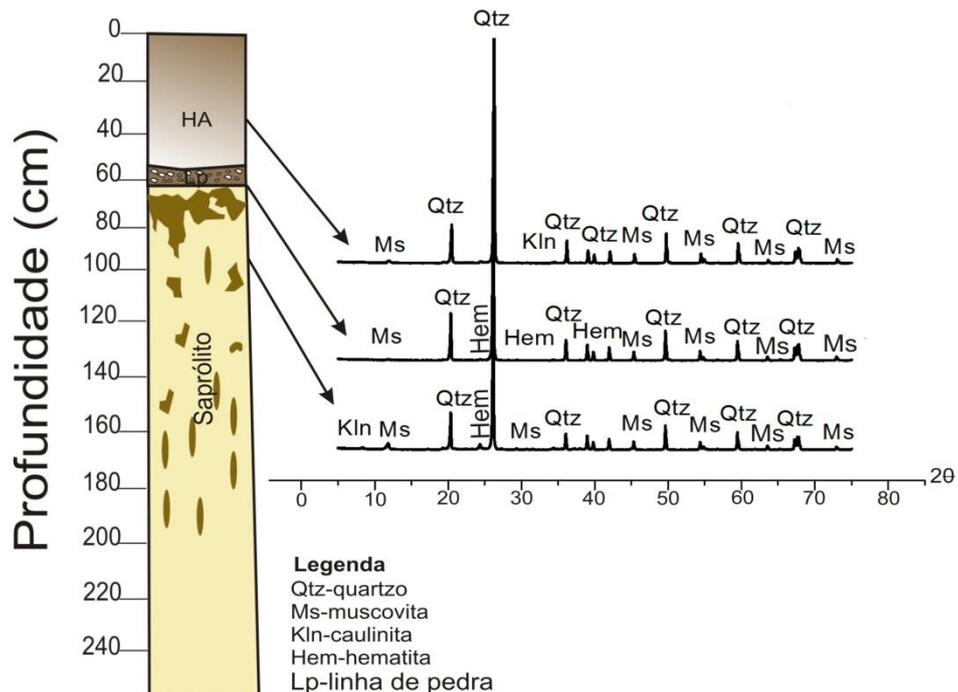
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 41: Minerais presentes no solo do perfil 2, determinados por DRX em amostras totais.



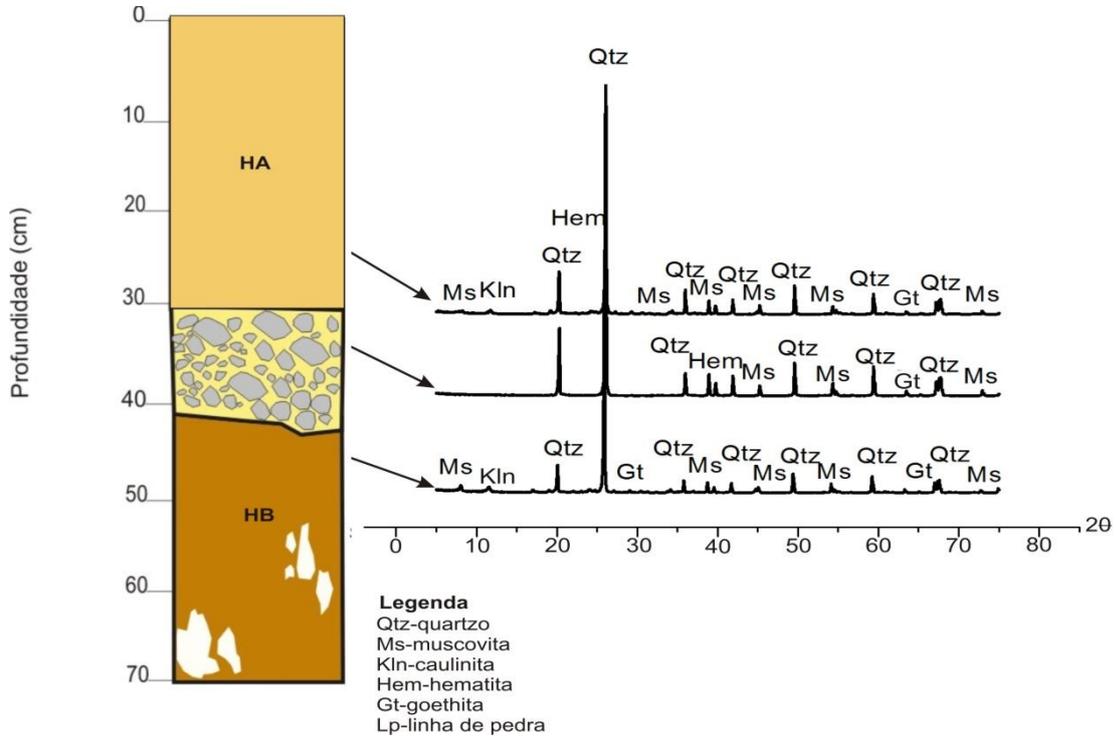
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 42: Minerais presentes no solo do perfil 3, determinados por DRX em amostras totais.



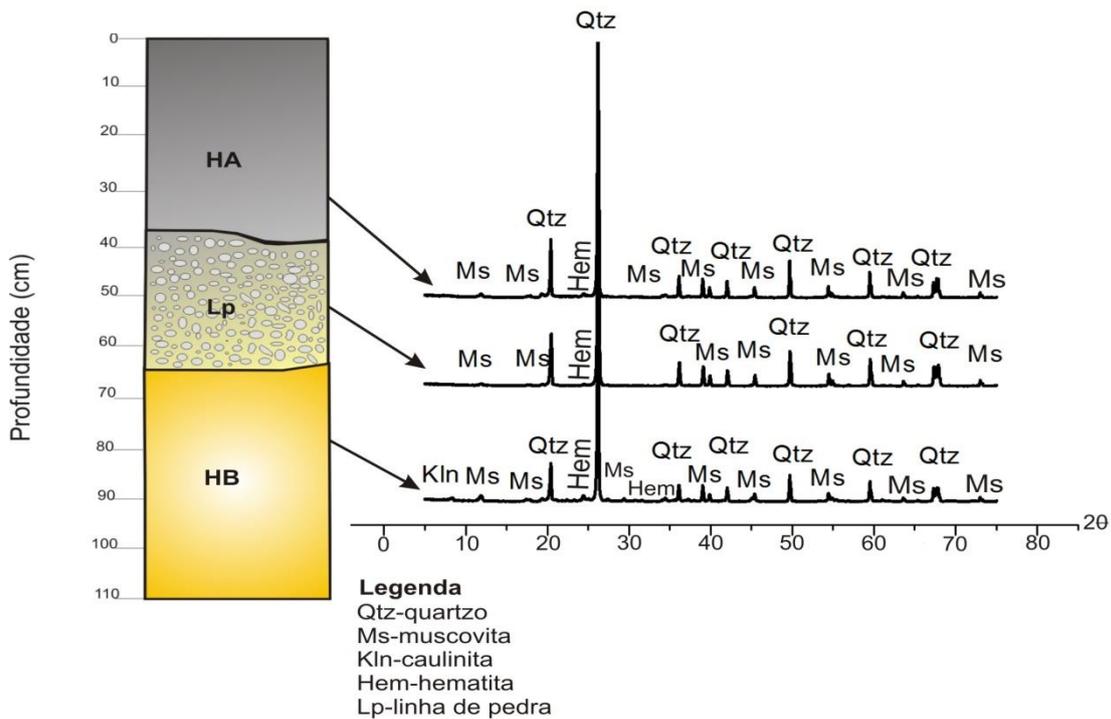
Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 43: Minerais presentes no solo do perfil 4, determinados por DRX em amostras totais.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 44: Minerais presentes no solo do perfil 5, determinados por DRX em amostras totais.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Os dados mineralógicos estudados são similares aos dados obtidos nas análises mineralógica dos solos e das linhas de pedra da serra do Tepequém em perfis de solos realizados por Beserra Neta (2007) bem como em trabalhos realizados por Beserra Neta et al., (2013) quando identificaram grande concentração de quartzo, muscovita e caulinita nos horizontes de solo e goethita e hematita nas linhas de pedra.

#### **6.3.4 Matéria orgânica e pH de solos**

O teor de matéria orgânica (MO), nos horizontes de solos (inferior e superior) e solo/matriz das linhas de pedra dos perfis 1 e 3 variou 5 a 21 g/dm<sup>3</sup> (0,5 a 2,1%). No perfil 1 a maior concentração de MO encontra-se no colúvio, com 18 g/dm<sup>3</sup>, decrescendo abruptamente para o horizonte inferior 5 g/dm<sup>3</sup>, como mostra o gráfico na figura 39. Na matriz da linha de pedra e no saprólito o teor de matéria orgânica é de 5 g/dm<sup>3</sup>. Esse resultado se deve ao acúmulo de biomassa vegetal na superfície do solo.

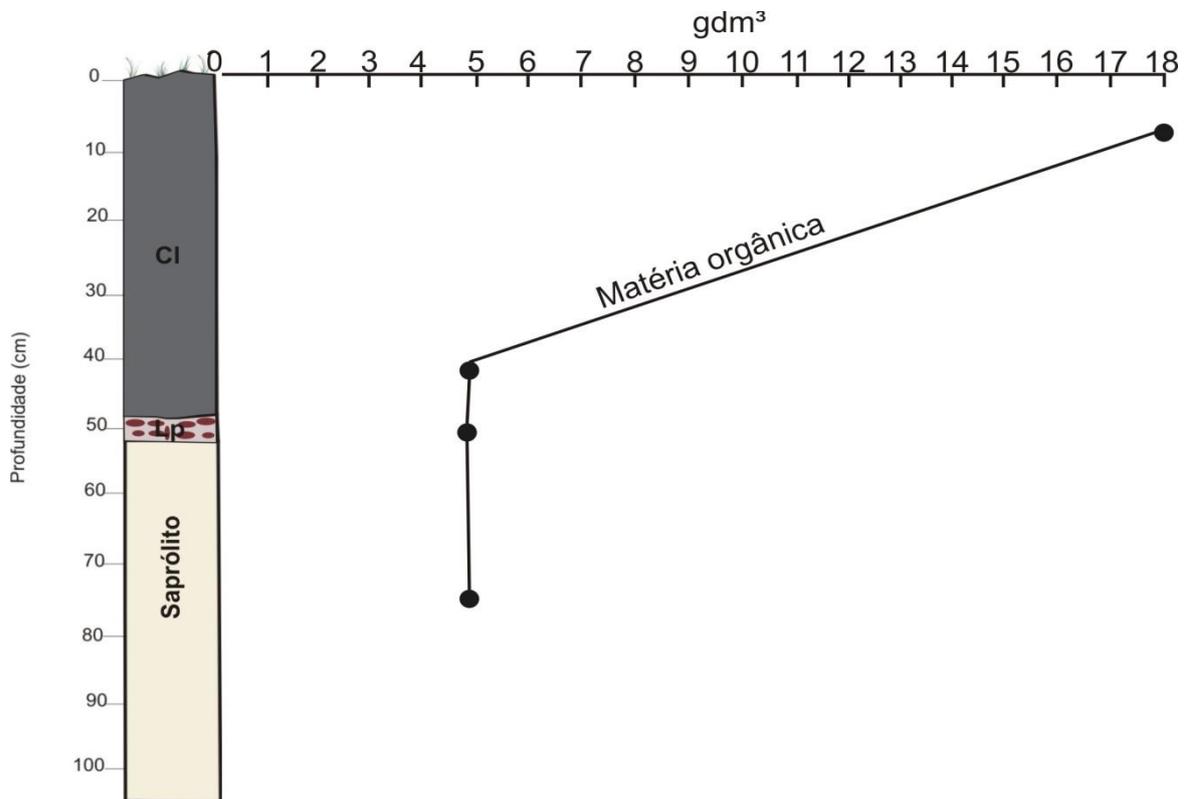
No perfil 3 o resultado da matéria orgânica chama a atenção. Entre eles, o aumento de grama por decímetro ao cubo em profundidade. O teor de matéria orgânica concentrou-se na matriz da linha de pedra com o valor mais elevado. O horizonte A possui 9 g/dm<sup>3</sup> de MO e aumenta para 21 g/dm<sup>3</sup> na matriz da LP (Figura 45). O aumento da matéria orgânica em profundidade verificado, não é um processo comum, visto que esta tende, em geral, a diminuir em profundidade.

Sugere-se que este processo ocorre devido à lixiviação por fluxo de imigração de elementos químicos e também de matéria orgânica, concentrando-se no horizonte inferior. A lixiviação determina perda de nutrientes da zona superficial para camada mais profundas do perfil de solo.

Os valores do conteúdo de MO são similares aos valores obtidos por Bezerra Neta (2007), em solos da área de estudo (serra do Tepequém), de 0,1 a 4,7%, e Golfetto (2010) em solos da região da serra da lua (de 0,5 a 2,7%). Segundo Golfetto (2010), o baixo teor de matéria orgânica dos solos de Roraima é atribuído à baixa capacidade de incorporação de biomassa da vegetação natural e à elevada atividade microbiana decorrente do clima úmido e quente da região de savana.

Os valores de pH dos perfis estudados, determinados em  $\text{CaCl}_2$  (cloreto de cálcio), variou de 4,3 a 4,7, indicando solos altamente ácidos. Nos solos/matriz das linhas de pedra o valor de pH é igual a 4,5 e nos horizontes inferior e superior as linhas pedra variou de 4,3 a 4,7 (Figura 47). Valores aproximados foram encontrados por Benedetti (2007) nos solos do campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista-Roraima.

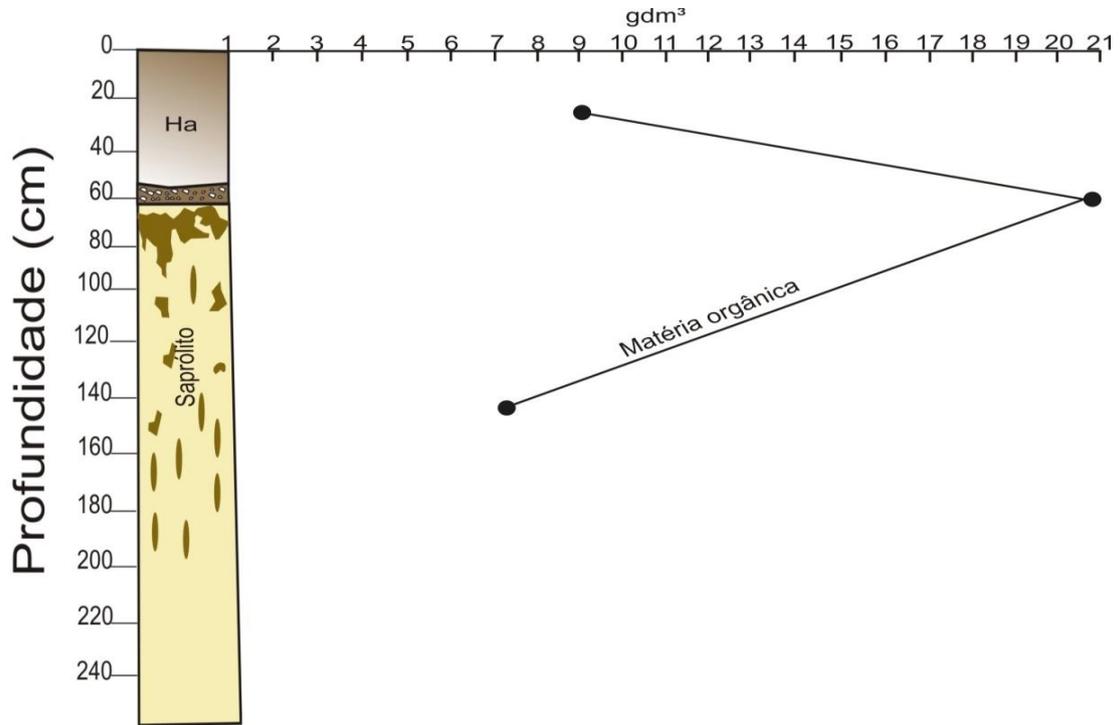
Figura 45: Variação do teor de matéria orgânica nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 1.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

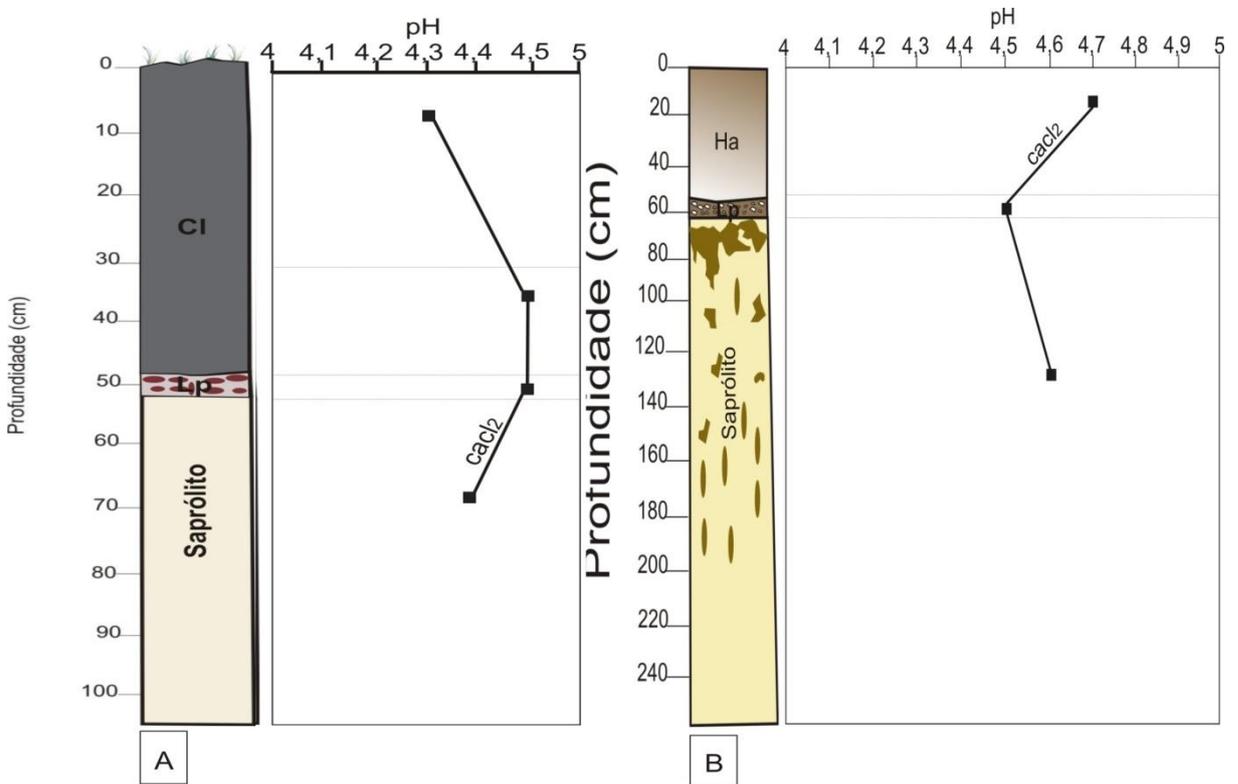
São Solos altamente ácidos devido ao material de origem (tipo arenitos, siltitos e conglomerados, da Formação Tepequém), o elevado índice de precipitação e a vegetação rasteira que facilita ao efeito *splash* (impacto das gotículas de chuva), ocasionando a intensificação da erosão, os quais contribuem para o aumento da acidez do solo.

Figura 46: Variação do teor de matéria orgânica nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 3.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 47: Variação do pH em cacl<sub>2</sub> nos horizontes de solos e nos materiais que compõem as linhas de pedra do perfil 1 (A) e perfil 3 (B).



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

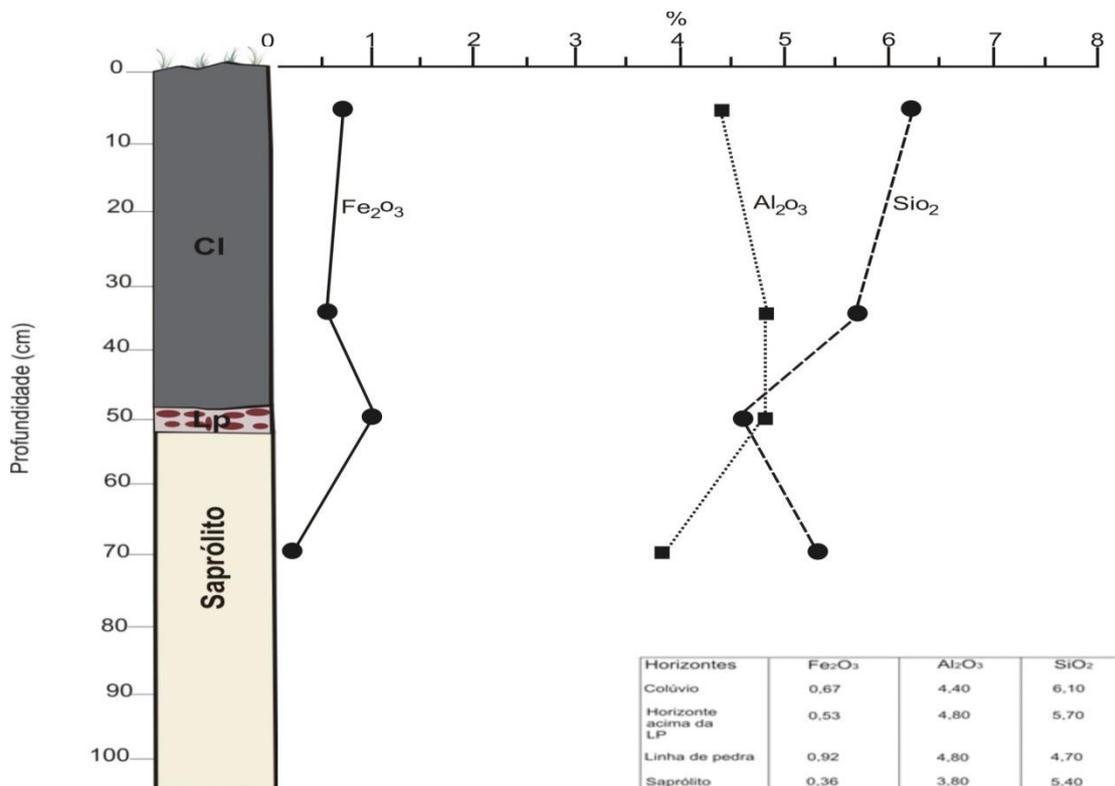
### 6.3.5 Composição química

Nos horizontes de solos (inferior e superior) e solo/matriz das linhas de pedra dos perfis 1 e 3, são silicosos (2,10% a 6,10%) e, em média mais aluminosos (1,60% a 4,80%) que ferruginosos (0,17% a 0,92%), no entanto, são sílico-aluminosos, em consequência da presença de quartzo, caulinita e muscovita, tais valores evidenciam a característica quartzosa dos solos como sugere os dados que foram obtidos na análise mineralógica (Figuras 48 e 49).

No perfil 1, a matriz da LP são mais aluminosas (4,80 %) em seguida silicosas (4,70%) e ferruginosas (0,92%). Enquanto que no perfil 3, a matriz da LP obteve maior valor em sílica (2,10%), em seguida em alumínio (1,60%) e ferro (0,17%). Horbe et. al (2005), identificou linhas de pedra com matriz e solos com as mesmas características sílico-aluminosos na região nordeste do Amazonas.

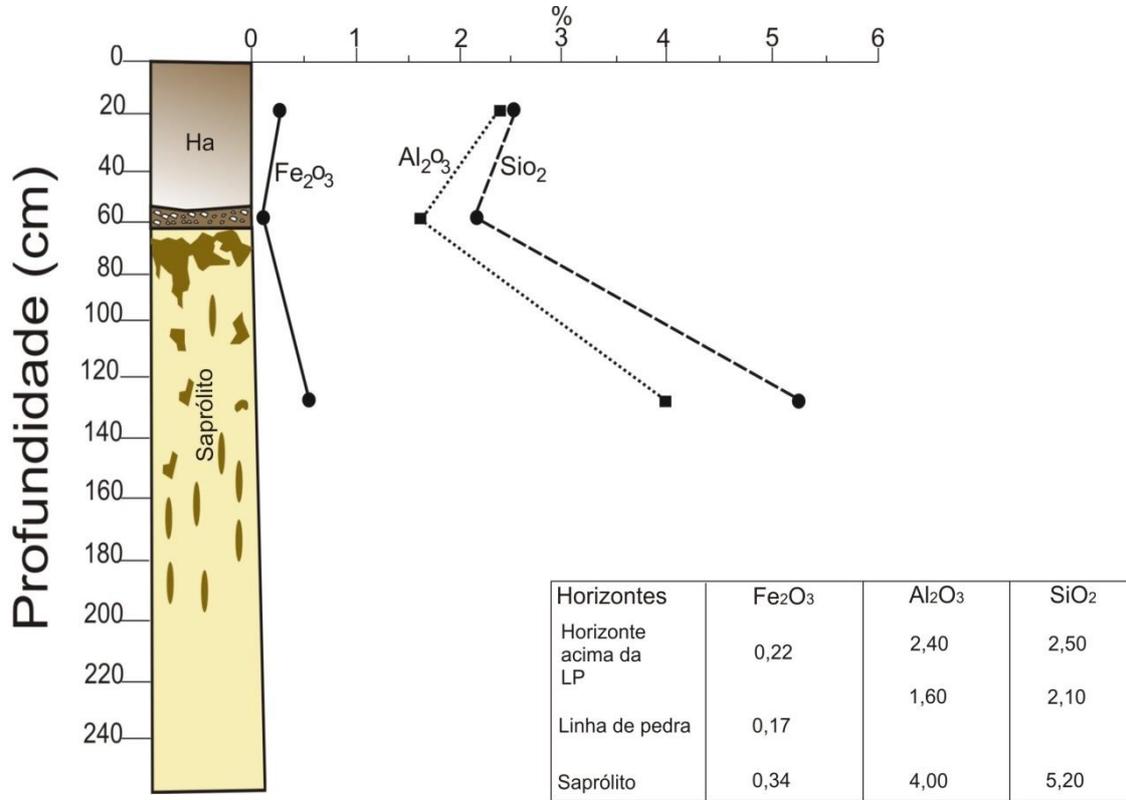
O maior valor percentual de ferro obtido, foi na linha de pedra do perfil 1, com 0,92 %, representados por fragmentos lateríticos, que é à base de oxi-hidróxidos de ferro (hematita e goethita).

Figura 48: Distribuição dos valores percentuais de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e Sílica ( $\text{SiO}_2$ ) nos horizontes de solos e na matriz da linha de pedra do perfil 1.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Figura 49: Distribuição dos valores percentuais de Ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e Silica ( $\text{SiO}_2$ ) nos horizontes de solos e na matriz da linha de pedra do perfil 3.



Elaboração: Sheilly Miranda Rodrigues (2016).

Essas características refletem a natureza arenosa dos sedimentos/solos bem como a pouca capacidade de trocas de cátions devido à falta de nutrientes. Considerando essas características físicas e químicas dos solos e das linhas de pedra vale ressaltar que os processos responsáveis pela esculturação da paisagem estão relacionados à denudação das formas elevadas.

O intemperismo é um dos mais cruciais e fundamentais fenômenos de desenvolvimento topográfico e de evolução das paisagens. As mudanças físicas e químicas que ocorrem *in situ* são fatores de degradação interna dos solos. A atuação destes processos é necessária e precursora para todo tipo de denudação e fundamental para a evolução das formas do relevo e das paisagens da superfície.

A presença de linhas de pedra, entre os saprólitos e camada de colúvios nas feições erosivas, demonstra a presença de oscilações climáticas com fases erosivas mais agressivas de recuo das encostas, em clima mais seco e os depósitos coluvionares, material mais fino, em clima úmido.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

- No topo da serra do Tepequém, as linhas de pedra concentram-se nas planícies intermontanas, secundariamente, na base dos morros e colinas. Nas planícies intermontanas as linhas de pedra são frequentemente encontradas no patamar de relevo mais suave, na área da planície em região circunvizinha aos morros e colinas. Foram identificados três tipos de linhas de pedra: fragmentos lateríticos, seixos de quartzo de até 20 mm e seixos de quartzo superior a 20 mm.
- A distribuição espacial das linhas de pedra nas áreas de planícies e baixa vertentes de morros não é homogênea. Elas se posicionam de modo horizontal à superfície do terreno, sendo comuns nas planícies de forma contínuas e descontínuas e se posicionam subhorizontalmente de forma contínua na baixa vertentes de morros.
- Estes paleopavimentos documentam fases erosivas mais agressivas de recuo das encostas, em clima mais seco com chuvas concentradas, posterior a essa fase encontra-se a formação de colúvios vinculado à morfogênese química. Este material coluvionar que recobre as linhas de pedra está ligado a períodos de umidificação do clima presente. Este retrabalhamento ocorre em virtude da alternância entre climas secos e úmidos.
- Os solos e o sedimento/matriz das linhas de pedra apresentam granulometria por fração arenosa a areia síltica, com predomínio da textura areia fina e por silte, altamente ácidos, e pobres em matéria orgânica, indicativo da natureza arenosa das rochas do substrato.
- O diâmetro das partículas dos sedimentos é caracterizado por areia muito fina e areia média, são pobremente selecionados, com grau de assimetria negativa a muito positiva (-0,2-0,7), e valores de curtose em platicúrticos a muito leptocúrticos. Portanto, esses valores indicam a forte influência do agente transportador. Sugere-se que este material foi selecionado em uma região de alta energia e então transportado sem alterar suas características para outro.
- Os grânulos e seixos que compõem as linhas de pedra apresentam morfologia subangulosos a arredondados, são características confirmam fonte próxima e transporte sob alta energia. Estes estão relacionados ao capeamento que recobre o topo dos morros, bem como veios de quartzo presentes na área de estudo.

- A mineralogia dos solos e sedimentos/matriz das linhas de pedra são constituídos predominantemente de quartzo, e secundariamente de muscovita e caulinita. Além destes minerais, são encontradas hematita, goethita e ilmenita nas linhas de pedra. Esta composição mineralógica reflete as características do material de origem, lateritos, e arenitos conglomeráticos da Formação Tepequém.
- Os solos e a matriz das linhas de pedra são silicosos e, em média mais aluminosos que ferruginosos. São sílico-aluminosos, devido a grande abundância de quartzo.
- Portanto, as linhas de pedra são indicativas da evolução da paisagem, marcados por longos períodos secos e curtos períodos úmidos, correspondendo a antigos depósitos de fragmentos grosseiros associados à morfogênese mecânica, promovidos pelas oscilações climáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. **Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental**. Universidade Federal do Paraná, 1962.

\_\_\_\_\_. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. Geomorfologia. n.18, IG-USP, S. Paulo, 1969.

\_\_\_\_\_. **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários**. Revista Paleoclimas, São Paulo, p.1-20, 1977.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABREU, A. A. **A teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise Crítica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, N° 2 (2003) 51- 67.

ALMEIDA, E. B. **Levantamento fitogeomorfológico no topo da serra do Tepequém- RR, por meio de técnicas de classificação em imagens de sensores remotos orbitais**. 2015. 107p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2015.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. (Ed.) **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p.325-335.

\_\_\_\_\_.et al. **Biodiversity and conservation of Brazil's Amazonian savanas**. Functional Ecosystems and communities, 2007. 1 (1): 29-41. Disponível em: <<http://philip.inpa.gov.br>>.

BENEDETTI, U. G. **Estudo detalhado dos solos do campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista, Roraima**. 2007. 104p. Dissertação (Pós-graduação em Recursos Naturais – PRONAT), Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2007.

BESERRA NETA, L. C. **Análise evolutiva da paisagem da serra Tepequém – Roraima e o impacto da atividade antrópica**. 190p. 2007. Tese (Doutorado em

Geologia e Geoquímica), Programa de pós – graduação em Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Para, Belém, 2007.

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 à Geologia da Amazônia*. Belém: SBG - Núcleo Norte, 2007. v.5. p. 89-100.

BESERRA NETA, L. C.; VILHENA, D. C.; TAVARES JÚNIOR, S. S. **Caracterização física e mineralógica das linhas de pedra na serra do Tepequém-RR.** *Anais do 13º Simpósio de Geologia da Amazônia*. Belém-setembro de 2013.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens Tropicais e Subtropicais.** 2ª ed. Florianópolis: ed. Da UFSC, 2007,1436p.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E. **Superfícies de erosão.** In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (org.) *Geomorfologia do Brasil*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 107-135.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J.X. **Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil.** *Bol. Paraná. Geografia*. Curitiba, 1965. 16/17: p. 117-151.

BORGES, F. R.; D'ANTONA, R. J. G. **Geologia e Mineralizações da Serra do Tepequém – (RR).** *Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Geologia*. SBG, v.1. Belém, 1988. pp. 155-163. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: DNPM, 1975. 428 p.

BOURGEAT, Frederic; PETIT Michael. **Les “stone-lines” et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches.** *Cahiers ORSTOM, sér. Pédologie*, vol. IV, nº. 2, 1966.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: DNPM, 1975. 428 p.

CAILLEUX, A. **A linha de cascalho situada à base dos solos amarelos**. Notícia Geomorfológica, nº 4, 1959.

CAMARGO, M. G. de. **Sysgran**, versão 3.0, SysGran para Windows. Disponível em: <[http://www.cem.ufpr.br/?page\\_id=527](http://www.cem.ufpr.br/?page_id=527)>.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. **Determinação da matéria orgânica**. In: RAIJ, B. V. (org.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

CAVALCANTE, L. M. **Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem**. Rio Branco, Ac: Embrapa Acre, 2006. 25p. Disponível em: <<http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/pdf>>.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>, 2005.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, n.21, 1991. p. 146-160.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Roraima Central, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (integrais), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (parciais). Escala 1:500.000**. Estado de Roraima. Superintendência Regional de Manaus. Manaus, 1999. 166 p. CD-Rom.

\_\_\_\_\_. **Carta Geológica, Folha NA.20-X-A-III Vila de Tepequém**. Programa Geologia do Brasil, Mapa Geológico, escala 1:100.000. 2010.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FEITOSA, K. K. **Caracterização e classificação de solo em “Ilhas florestais” e savanas associadas no nordeste de Roraima**. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Recursos Naturais – PRONAT), Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 2009.

FERNANDES FILHO, L. A. **Facies Depositionais, Estratigrafia e Aspectos Estruturais da Cobertura Sedimentar Paleoproterozóica na Serra do Tepequém, Escudo das Guianas, Estado de Roraima.** Tese de Doutorado Apresentado ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da UFPA. Belém, 2010. 115 p.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, n.27, 1957. p. 3-27.

FRANCO, E. M. S.; DEL'ARCO, J. O., RIVETTI, M. Geomorfologia da folha NA.20 Boa Vista. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. **Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. p.139-180.

GOLFETTO, D. C. **Alterações das características químicas do solo pela conversão da floresta nativa em sistemas de uso agrícola na região da serra da lua, estado de Roraima.** 2010. 75p. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia), Universidade Federal de Roraima em parceria com a Embrapa Roraima, Boa Vista, 2010.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org) **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 25-58.

HAFFER, J. **Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia.** Estudos Avançados, 6(15), 1992. p. 7-39. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br>> acesso em 03 Maio 2016.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. **Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica.** Estudos avançados 16 (46), 2002. p. 175-206. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br>>

HIRUMA, S. T. **Revisão dos conhecimentos sobre o significado das linhas de seixos.** Revista do Instituto Geológico. São Paulo, 2007. p. 53-64.

HORBE, A. M. C.; Horbe, M. A. **Linhas de pedra na região nordeste do Amazonas.** In: Horbe, A. M. C.; Souza, S. V. (Org.). *Contribuição à geologia da Amazônia.* Manaus, 4. 2005. p. 221 – 229.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia.** Nº 5, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2009. 175 p.

LECOMTE, P. **Stone line profiles: importance in geochemical exploration.** *Journal of Geochemical Exploration.* 1988, p. 30: 35-61.

LUZARDO, R. **O Metamorfismo da Serra do Tepequém** (Estado de Roraima). 2006. 91p. Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006.

MAURO, C. A. Di. **A atualidade da visão de ab'sáber.** *Soc. & Nat.,* Uberlândia, ano 24 n. 1, 7-20, jan/abr. 2012. Disponível em: <[http://: www.sur.ufu.br](http://www.sur.ufu.br)>.

MARQUES NETO, R. **Contribuição dos Geógrafos Franceses para o Desenvolvimento da Geografia Física Brasileira na primeira metade do século vinte: Emmanuel De Martonne e as Superfícies de Erosão.** *Revista de Geografia.* Juiz de Fora, v. 2, n 1, 2012. p.1-13.

MENDONÇA, F. **Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias.** *Revista Terra Livre,* São Paulo, v. 1, n. 20, p. 205-221, 2003.

MONTEIRO, C. A. F. **William Morris Davis e a Teoria Geográfica.** *Revista de Geomorfologia,* v. 2, n 1, p.1-20. 2001.

NASCIMENTO, F. A.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; BESERRA NETA, L. C. **Estudo de Morfoestruturas do Topo da Serra do Tepequém –RR, Através da Utilização de Geotecnologias.** *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.* Dourados, 2011.

NASCIMENTO, F. A.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; BESERRA NETA, L. C. **Geotecnologias aplicadas ao estudo morfoestrutural e geomorfológico da serra do Tepequém – RR.** *Anais do 13º Simpósio de Geologia da Amazônia.* Belém-setembro de 2013.

NASCIMENTO, F. A. **Compartimento geomorfológico da serra do Tepequém-RR, com base em produtos de sensoriamento remoto**. 2013. 116p. Dissertação (Pós-graduação em geografia – PPG – GEO), Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 2013.

NIEUWOLT, S.; MCGREGOR, G. R. **Tropical climatology** : an introduction to the climates of the low latitudes. 2. ed. Chichester: John Wiley and Sons, 1998.

PENTEADO, M. M. **Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos (stone lines)**. Not. Geomorf., Campinas, 1969. 9(17): 15-41.

POLIDORIO, A. M. et al. **Correção radiométrica de imagens multiespectrais CBERS e Landsat ETM usando atributos de reflectância e de cor** . *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4241- 4248.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. **Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total**. In: RAIJ, B. V. (org.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agronômico. 2001. 285 p.

ROSS, J. S. **Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. *Revista Geografia*. São Paulo, IG-USP, 1992.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

SALLUN, A. E. M. **Depósitos Cenozóico da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. 2003. 204p. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar). São Paulo, 2003.

SANTOS, L. J. C. et al. **Gênese das linhas de pedra**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*-v.11, nº 2, 2010.

SARGES, R. R.; NOGUEIRA, A. C. R.; RICCOMINI, C. **Sedimentação coluvial pleistocênica na região de Presidente Figueiredo, nordeste do estado do Amazonas**. *Revista Brasileira de Geociências*, 2009. p. 350-359.

SCHAEFER, C. E. G.R.; VALE Jr. J. F. do. **Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: Uma resenha do cretáceo ao recente**. In.: Barbosa, R. I.; Ferreira, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. Homem, ambiente e Ecologia no estado de Rorsims. Manaus-AM: INPA, 1997. p. 231-261.

SCHWARTZ, D. **Archeologie prehistorique et processus de formation des stone-lines em Afrique Centrale (Congo-Brazzaville et zones peripheriques)**. Geo-Eco-Trop, 20(1/4): 15-38. 1996. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/>. Acesso em: Maio/2015.

SEGALEN, P. **Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique**. Cah. Orstom, sér. Pédologie, 1969. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/>. Acesso em: Maio/2015.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt clay ratio. **J. Sediment Petrology**, n. 24, 1954. p.151-158.

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

SILVA, T. S.C., BESERRA NETA, L. C., TAVARES JUNIOR, **Propriedades físicas e mineralógicas do solo da serra do Tepequém - RR e suas implicações na vulnerabilidade a erosão**, In: *10º Simpósio Nacional de Geomorfologia: geomorfologia, ambiente e sustentabilidade*, 10, 2014, Manaus, **Anais... 10º SINAGEO**, Manaus 2014.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 317 p.

\_\_\_\_\_. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Diretoria Técnica, 1977. 91 p.

VANZOLINI, P. E. **Zoologia Sistemática, Geografia e a origem das Espécies.** (coleção Teses e Monografias, nº 3). São Paulo: USP, 1970.

VOGT, J.; VICENT, P. L. **Le complexe de la stone-line: mise ou point.** Bull. B. R. G. M., Paris, 1966. 4: 3-51.