

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MARIA LUISA GOMES DA SILVA

**EVOLUÇÃO DA PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA NO SEMIÁRIDO
ALAGOANO A PARTIR DO ESTUDO DOS MODELADOS DE
ACUMULAÇÃO E DENUDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA
- AL**

Recife
2019

MARIA LUÍSA GOMES DA SILVA

**EVOLUÇÃO DA PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA NO SEMIÁRIDO
ALAGOANO A PARTIR DO ESTUDO DOS MODELADOS DE
ACUMULAÇÃO E DENUDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA
- AL**

Defesa de dissertação de mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia como requisito para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmica das paisagens naturais e ecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa

Coorientadora: Prof.^a Dra. Flávia Jorge Lima

Recife
2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves Silva, CRB4-1260

S586e Silva, Maria Luísa Gomes da.
Evolução da paisagem geomorfológica no semiárido alagoano a partir
do estudo dos modelados de acumulação e denudação do Município de
Água Branca - AL / Maria Luísa Gomes da Silva. – 2019.
107 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa.
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Flávia Jorge de Lima
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco,
CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2019.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Geomorfologia. 3. Geocronologia. 4. Paisagem. 5.
Água Branca (AL). I. Corrêa, Antônio Carlos de Barros (Orientador). II.
Lima, Flávia Jorge (Coorientadora). III. Título..

910 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2019-143)

MARIA LUÍSA GOMES DA SILVA

**EVOLUÇÃO DA PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA NO SEMIÁRIDO
ALAGOANO A PARTIR DO ESTUDO DOS MODELADOS DE ACUMULAÇÃO E
DENUDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA-AL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestra em geografia.

Aprovada em: 29/03/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Frederico de Holanda Bastos (Examinador Externo)
Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todas as oportunidades de estudo que me deram, por sempre confiarem e acreditarem em mim.

Ao meu orientador, Prof. Antônio Carlos de Barros Corrêa, por me mostrar o quão fascinante é a geomorfologia, e por me acompanhar desde a graduação.

À minha coorientadora, Flávia Jorge de Lima, pela ajuda durante o trabalho de campo e durante o processo da dissertação.

A todos os colegas do LABGEQUA e de mestrado, pela ajuda e companhia durante os dias de trabalho.

Aos professores Osvaldo Girão e Frederico de Holanda por gentilmente aceitarem participar da banca examinadora deste trabalho.

Ao CNPQ por me conceder a bolsa de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pelo financiamento para a realização das datações.

“Parto do princípio de que as pessoas precisam, em primeiro lugar, entender o que é cultura para, depois, entender o que é ciência. Assim, cultura é o conjunto de valores do homem, algo que vem sendo conquistado desde a pré-história até a contemporaneidade. A pesquisa agrega conhecimento à cultura, alimenta a ciência e acelera os processos evolutivos das sociedades”.

(AB' SÁBER, 2006). .

RESUMO

Os modelados de acumulação representam na paisagem importantes evidências acerca dos eventos e elementos responsáveis pela formação dos depósitos de encosta, seja a partir de oscilações climáticas ocorridas principalmente durante o período do Quaternário. Ou também por influência da interferência da ação antrópica na paisagem. Nesse sentido, o Holoceno representa um importante intervalo de tempo marcado por grandes oscilações climáticas a nível global e local que modificaram as taxas de intemperismo e de pedogênese. No Nordeste do Brasil encontram-se muitos desses registros. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo definir elementos, em bases empíricas diversas, que propiciaram a reconstrução da evolução geomorfológica da paisagem a partir dos depósitos de encosta situados no município de Água Branca, com ênfase em seu maciço estrutural. Para tanto foram utilizadas técnicas como a geocronologia dos sedimentos por meio do método de datação por luminescência opticamente estimulada (LOE), a análise das propriedades sedimentológicas, através da granulometria e da morfoscopia e a assinatura geoquímica dos sedimentos. Os resultados demonstraram que existem na paisagem sedimentos estocados desde, ao menos, os últimos 10 200 anos. Sendo a maior parte dos depósitos referente aos últimos 4 590 anos. Os depósitos são marcados pela presença majoritária de uma sucessão de fluxos de lama, refletindo um regime de alta energia, compondo perfis com elevados níveis de intemperismo. Indicando que todos os depósitos pertencem ao Holoceno, de maneira que o maior número de evidências de atividades é do Holoceno Superior, podendo estar relacionado com eventos climáticos de cunho regional e local.

Palavras-chave: Água Branca – AL. Reconstrução paleoambiental. Holoceno. Semiárido do Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

Accumulation modeling represents in the landscape important evidence about the events and elements responsible for the formation of slope deposits, either from climatic oscillations mainly during the Quaternary period. Or from the interference of the anthropic action in the landscape. In this sense represents an important time interval marked by large global and local variations in the weather, which have modified the weathering and pedogenesis rates. In the Northeast of Brazil many of these records are found. Thus, this research aims to define elements, on different empirical bases, that allow the reconstruction of the geomorphological evolution of the landscape from the deposits of slopes located in the municipality of Água Branca, with emphasis on its structural mass. For this purpose, geochronology techniques such as optically stimulated luminescence dating (OSL), the sedimentological properties analysis, through the granulometry and morphoscopy and the geochemical signature of sediments were used. The results have shown that sediments have been stored in the landscape for at least the last 10 200 years. Being the largest part of the deposits from the last 4 590 years. The deposits are marked by the majority presence of a succession of mud flows, attesting a high energy regime, composing profiles with high levels of weathering. Indicating that all deposits belong to the Holocene, so that the greatest number of evidence of activities is of the Upper Holocene, and may be related to climatic events of a regional and local nature.

Keywords: Água Branca – AL. Paleoenvironmental reconstruction. Holocene. Semi-arid of the Northeast of Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mapa de Localização do município de Água Branca - AL	16
Figura 2	- Domínios tectônicos e principais estruturas da Província Borborema.....	18
Figura 3	- Mapa de unidades geológicas do município de Água Branca.....	20
Figura 4	- Mapeamento de Unidades Geomorfológicas do município de Água Branca.....	22
Figura 5	- Unidade de Cimeira rochosa.....	23
Figura 6	- Unidade de encosta sem cobertura coluvial.....	24
Figura 7	- Unidade de Pedimento detrítico.....	24
Figura 8	- Inselberg.....	25
Figura 9	- Unidade de encosta com cobertura coluvial.....	25
Figura 10	- Unidade de plaino aluvial.....	26
Figura 11	- Solos do município de Água Branca - AL.....	27
Figura 12	- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2012.....	32
Figura 13	- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2015.....	32
Figura 14	- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2011.....	33
Figura 15	- Formação de stone-lines ou paleopavimentos.....	48
Figura 16	- Diagrama de Tucker (1995), com os diferentes graus de arredondamento e esfericidade.....	55
Figura 17	- Fotolineamentos para os azimutes de iluminação 45°(A), 90° (B), 315° (C) e 360° (D).....	61
Figura 18	- Rosetas com frequência absoluta e comprimento absoluto dos fotolineamentos. A – Azimute de 45°, B – Azimute de 90°, C – Azimute de 315° e D – Azimute de 360°.....	62
Figura 19	- Mapa dos pontos de coleta.....	64
Figura 20	- Colúvio do Sítio Preguiçoso.....	65
Figura 21	- Colúvio Fórum de Água Branca.....	65
Figura 22	- Perfis longitudinais do Sítio Preguiçoso.....	66
Figura 23	- Perfil Estratigráfico, Sítio Preguiçoso.....	68
Figura 24	- “A” Diagramas de Shepard (1954) e “B” Pejrup (1988), para as amostras Preguiçoso 9, 13 e 18, respectivamente.....	70
Figura 25	- Perfil longitudinal Colúvio Fórum.....	77

Figura 26 - Perfil estratigráfico, Fórum.....	78
Figura 27 - “A” Diagramas de Shepard (1954) e “B” Pejrup (1988) para as amostras Fórum 11, 17 e 27, respectivamente.....	80
Figura 28 - Mapa com a localização e as idades para o Maciço Estrutural de Água Branca e na área em seu entorno.....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Oscilações climáticas no atual interglacial, Holoceno.....	35
Quadro 2	- Síntese dos principais trabalhos acerca do Quaternário, com ênfase no Holoceno para o NE Brasileiro.....	38
Quadro 3	- Classificação de tamanho dos grãos de Udden Wentworth (1922)	51
Quadro 4	- Escala de Folk e Ward (1957) para o grau de seleção.....	53
Quadro 5	- Escala de Folk e Ward (1957) para a assimetria.....	53
Quadro 6	- Escala de Folk e Ward (1957) para a curtose.....	53
Quadro 7	- Resultado da granulometria para o perfil Sítio Preguiçoso.....	69
Quadro 8	- Resultado da morfoscopia para o perfil Preguiçoso.....	73
Quadro 9	- Frações granulométricas do perfil Fórum.....	79
Quadro 10	- Resultado da morfoscopia para as amostras do Fórum.....	82
Quadro 11	- Análise geoquímica do Perfil Fórum (Amostras 1 a 16); Valores em porcentagem; Nd: não determinado.....	92
Quadro 12	- Análise geoquímica do Perfil Fórum (Amostras 17 a 31); Valores em porcentagem; Nd: não determinado; Ar: amostra de referência.....	93
Quadro 13	- Análise geoquímica do Perfil Preguiçoso (Amostras 1 a 12); Valores em porcentagem; Nd: não determinado.....	95
Quadro 14	- Análise geoquímica do Perfil Preguiçoso (Amostras 13 a 20); Valores em porcentagem; Nd: não determinado; Ar: amostra de referência.....	96
Quadro 15	- Índices Ki e Kr para as amostras nos perfis Fórum e Preguiçoso.....	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS	14
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
2.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2	ARCABOUÇO GEOLÓGICO	17
2.3	COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	21
2.4	ASPECTOS PEDOLÓGICOS	26
2.5	ASPECTOS CLIMÁTICOS	28
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	34
3.1	A IMPORTÂNCIA DO HOLOCENO PARA OS ESTUDOS	34
	PALEOAMBIENTAIS.....	34
3.2	ESTUDOS DO HOLOCENO NO NORDESTE BRASILEIRO.....	36
3.3	DEPÓSITOS HOLOCÊNICOS CONTINENTAIS	43
3.3.1	Ambiente eluvial.....	44
3.3.2	Ambiente coluvial.....	44
3.4	DINÂMICA DE ENCOSTA E A FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS COLUVIAIS.....	46
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS	49
4.1	MAPEAMENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	49
4.2	ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA.....	49
4.3	TRABALHOS DE CAMPO E COLETA DOS MATERIAIS	50
4.4	ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS: MORFOSCOPIA E GRANULOMETRIA.....	50
4.4.1	Granulometria.....	51
4.4.1.1	Parâmetros granulométricos	52
4.4.2	Morfoscopia.....	54
4.5	ASSINATURA GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS POR FLUORESCÊNCIA DE RAIO –X	55
4.6	GEOCRONOLOGIA DOS SEDIMENTOS POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE).....	57
4.7	DELIMITAÇÃO DOS LINEAMENTOS DE RELEVO	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
5.1	ANÁLISE DOS LINEAMENTOS DO RELEVO	60
5.2	PONTOS DE COLETA	63

5.2.1	Perfil estratigráfico do Sítio Preguiçoso	65
5.2.2	Discussão acerca dos dados sedimentológicos, parâmetros de Folk e Ward e dados geocronológicos no perfil Preguiçoso	74
5.2.3	Perfil estratigráfico Fórum de Água Branca	76
5.2.4	Discussão acerca dos dados sedimentológicos, parâmetros de Folk e Ward e dos dados geocronológicos no perfil Fórum.....	85
5.3	COMPILAÇÃO E CORRELAÇÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS .	86
5.4	ANÁLISE DOS DADOS GEOQUÍMICOS.....	90
5.4.1	Índices Ki e Kr para o perfil Fórum e Preguiçoso.....	98
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
	REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

Os estudos paleoambientais constituem atualmente uma importante ferramenta para compreensão das mudanças ambientais. Conhecer a evolução da paisagem geomorfológica ocorrida ao longo do Quaternário sobre a paisagem é a chave para a compreensão desta dinâmica.

As interferências antrópicas modificam a estrutura e dinâmica da paisagem, tendo como consequência o comprometimento de recursos naturais vitais para a sociedade, tais como água e solo. Compreendemos que tais interferências criam a necessidade de entender o balanço de sedimentos e o comportamento hidrológico na história geomorfológica durante o período do Quaternário, em que se forma a estrutura da paisagem existente hodiernamente.

Assim, as oscilações climáticas são fenômenos registrados em todas as épocas geológicas. Todavia, Para a análise dos sistemas ambientais atuais há maior relevância para o conhecimento das oscilações climáticas ocorridas durante o Quaternário, já que estas oscilações foram responsáveis pela evolução do atual modelado terrestre. Este período iniciou-se à aproximadamente 2,5 M.a (datação com potássio-argônio e paleomagnetismo) de acordo com a União Internacional para o Estudo do Quaternário (INQUA), e divide-se em duas épocas, o Pleistoceno com duração de cerca de 2,4 M.a e o Holoceno, que inclui apenas os últimos 10 mil anos (SALGADO LABOURIAU, 1994; CHRISTOFOLETTI, 1999; SUGUIO, 2010).

Nessa pesquisa houve maior atenção para a época do Holoceno, em virtude de que as principais evidências de oscilações climáticas que estão relacionadas com os depósitos encontrados na área de estudo são referentes a este intervalo de tempo.

De acordo com Silva (2013), o Holoceno é uma época marcada por grandes alterações climáticas globais que modificaram as taxas de intemperismo e pedogênese, os regimes fluviais, o nível dos oceanos e a distribuição espacial dos seres vivos, guardando em feições sedimentológicas registros ambientais capazes de comprovar no presente acontecimentos do passado e quem sabe prever cenários futuros.

Corrêa (2001) e Silva (2013) comprovaram que no Nordeste do Brasil encontram-se registros das mudanças ambientais no Quaternário e sobretudo no Holoceno, responsáveis pela elaboração do relevo, evidenciando a existência de ciclos úmidos alternados com fases áridas e semiáridas. Desta forma, na busca de uma interpretação dos processos formativos envolvidos na gênese do relevo escolhido, os depósitos coluviais serão a grande ferramenta de compreensão da evolução paleoambiental.

Sendo assim, esta pesquisa volta-se para reconhecimento e interpretação do significado geomorfológico e paleoambiental dos modelados de acumulação na área: encostas, pedimentos e plainos aluviais, bem como sua interconexão espaço-temporal. Para tanto, foram utilizadas diferentes técnicas, como as análises sedimentológicas do solo, por meio da morfoscopia e da granulometria, assinatura geoquímica dos sedimentos e a datação dos depósitos pela Luminescência Opticamente Estimada (LOE), afim de obter uma melhor e mais confiável correlação dos dados.

1.1 OBJETIVOS

Posto isto, tem-se como objetivo geral definir elementos, em bases empíricas diversas, que propiciem a reconstrução da dinâmica geomorfológica dos depósitos de encostas situados no município de Água Branca, com ênfase em seu maciço estrutural, contemplando a elucidação do seu desenvolvimento, estabilização e conexão com outras unidades de relevo. Com a finalidade de tornar possível a elaboração do trabalho apresentado teve-se como objetivos específicos:

- Analisar a distribuição espacial dos depósitos sedimentares na área do maciço estrutural de Água Branca – AL;
- Analisar as propriedades sedimentológicas (físico-químicas), e pedológicas dos depósitos estruturadores dos modelados agradacionais;
- Realizar análise geocronológica, a partir da Datação absoluta dos sedimentos por Luminescência Opticamente Estimada do quartzo e do feldspato;
- Realizar assinatura geoquímica dos sedimentos;
- Estabelecer correlações entre os dados geocronológicos encontrados e aqueles já existentes para a área, decorrentes da realização de outros trabalhos.

Além de tentar compreender os possíveis eventos climáticos formadores dos depósitos de encosta.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

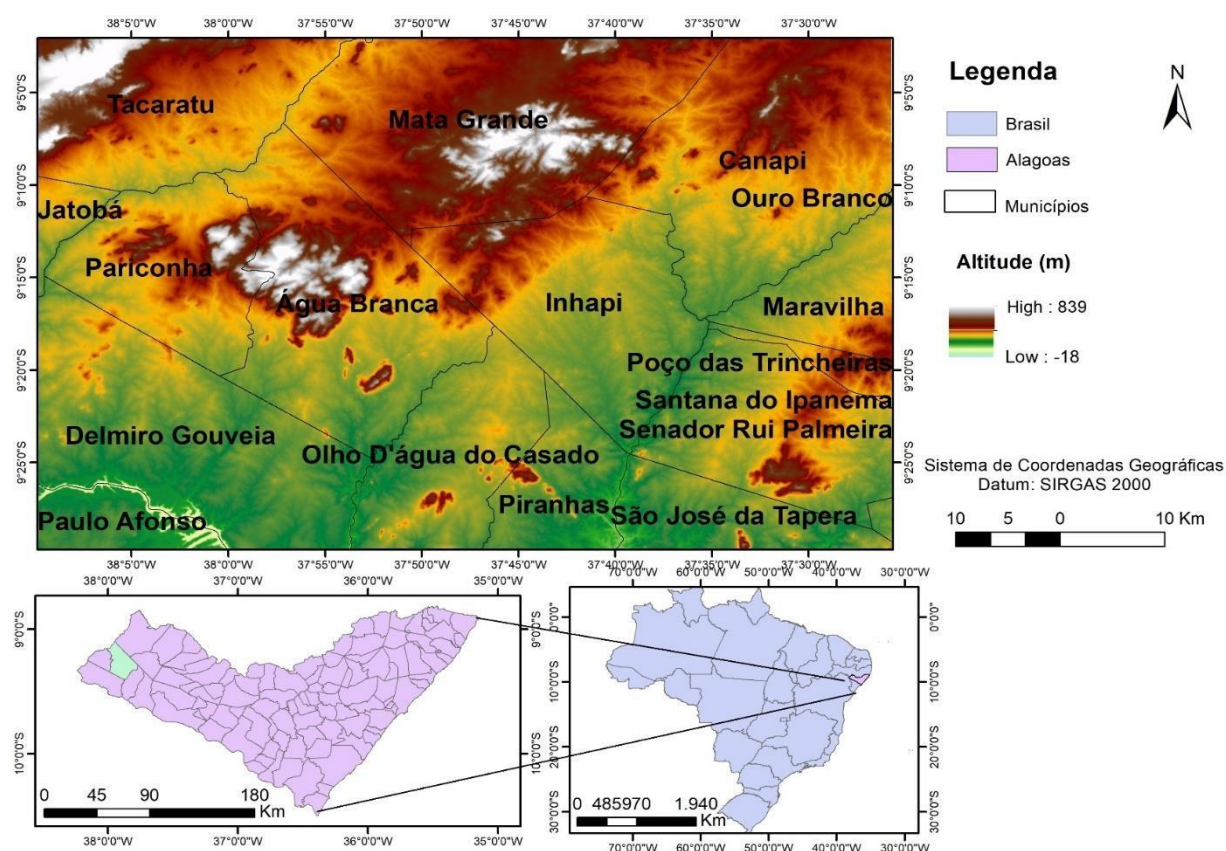
Nesse capítulo serão abordadas as características físicas da área de estudo.

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange o município de Água Branca, com enfoque em seu maciço estrutural. O município está localizado no oeste do estado de Alagoas, correspondendo à microrregião do Sertão Alagoano (Figura 1), possuindo uma área de 454,719 km², com altitude média de 570m, o que lhe confere valores de temperatura e precipitação um pouco diferentes da região em seu entorno (PREFEITURA MUNICIPAL DE ÁGUA BRANCA, 2018).

Limita-se a oeste com o município de Pariconha, a sul com os municípios de Delmiro Gouveia e Olho D'Água do Casado, a leste com Inhapi e Mata Grande e a norte com o município de Tacaratu que faz parte do estado de Pernambuco.

Figura 1 – Mapa de Localização do município de Água Branca – AL.



Fonte: Autora, 2018.

2.2 ARCABOUÇO GEOLÓGICO

De acordo com Delgado et al., (2003), o Estado de Alagoas, está inserido na Província Borborema e engloba porções dos domínios Pernambuco-Alagoas, Canindé, Rio Coruripe, Macucuré, Jirau do Ponciano e as coberturas fanerozoicas, sendo constituído de litotipos Pré-Cambrianos, abrangendo núcleos Arqueanos a Paleoproterozoicos e faixas dobradas do MesoProterozoico e NeoProterozoico (Figura 2). O município de Água Branca faz parte do segmento oriental Pernambuco-Alagoas, e reúne rochas do embasamento gnáissico-migmatítico, datadas do Proterozoico.

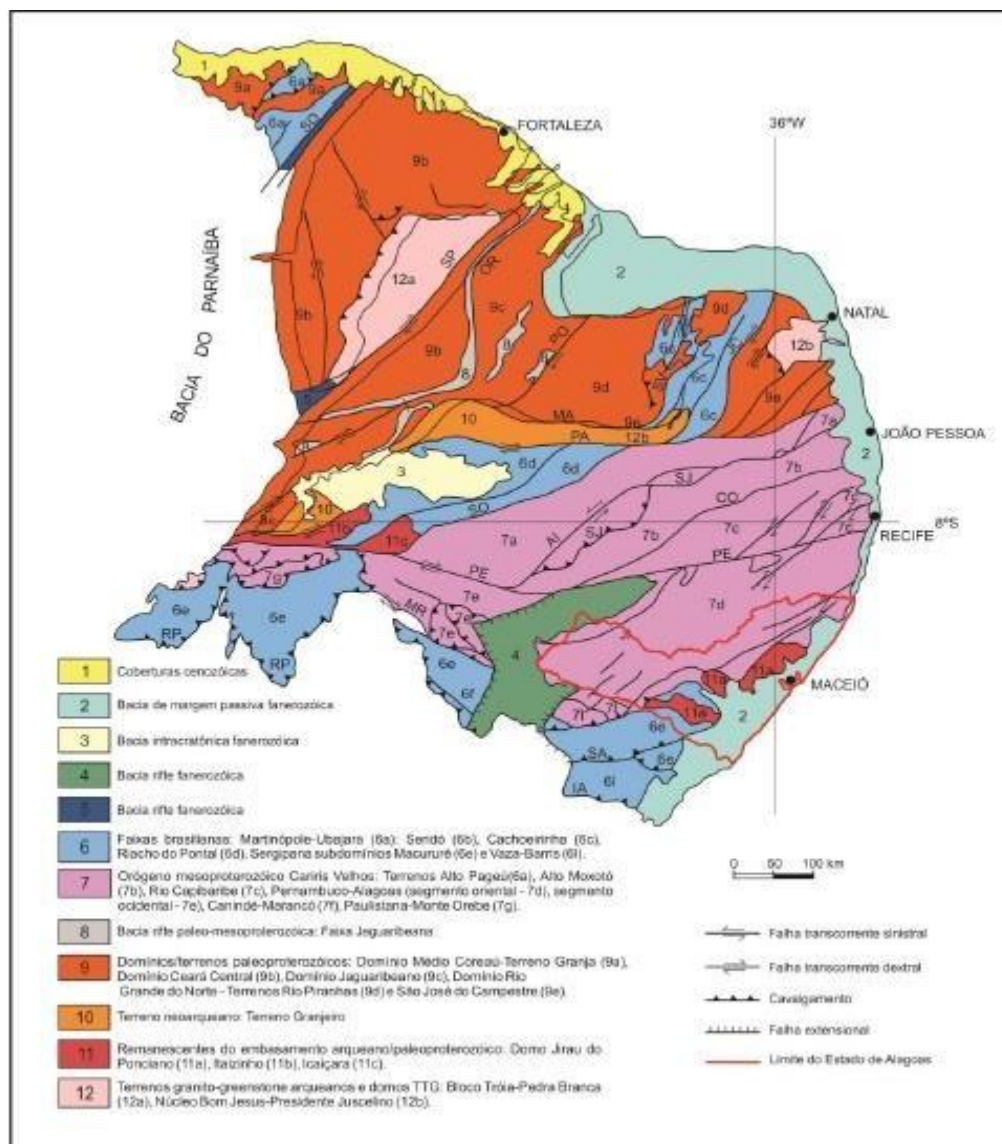
Corrêa et al., (2010) afirma que o Planalto da Borborema equivale a o conjunto de terras altas que estão distribuídas no setor nordeste oriental do Brasil, atingindo todo o domínio acima da isolinha dos 200m. Na subdivisão das unidades morfoestruturais do Planalto para esse estudo, a cidade de Água Branca encaixa-se na unidade dos Maciços Remobilizados Pernambuco-Alagoas.

Ainda de acordo com Corrêa et al., (2010, p.47), os Maciços Remobilizados Pernambuco-Alagoas correspondem:

A uma estreita faixa de relevo escarpado que bordeja o limite leste do Planalto Sedimentar Recôncavo Tucano Jatobá, em continuidade com a superfície cimeira deste compartimento. Estrutura-se em rochas metamórficas com intensa presença de plútons brasileiros dispostos num alinhamento NNE-SSW. A linha de plútons que define o compartimento, assim como sua encaixante metassedimentar, é limitada a leste por uma falha, no contato com a Depressão Intraplanáltica do Ipanema.

Nessa perspectiva, considera-se também, a partir da classificação de maciço estrutural presente no trabalho de Gurgel (2012), que o Maciço de Água Branca representa um maciço estrutural e não um maciço residual. Devido a predominância na sua evolução da atuação de fatores tectônicos, atrelada a atuação da erosão.

Figura 2: Domínios tectônicos e principais estruturas da Província Borborema.



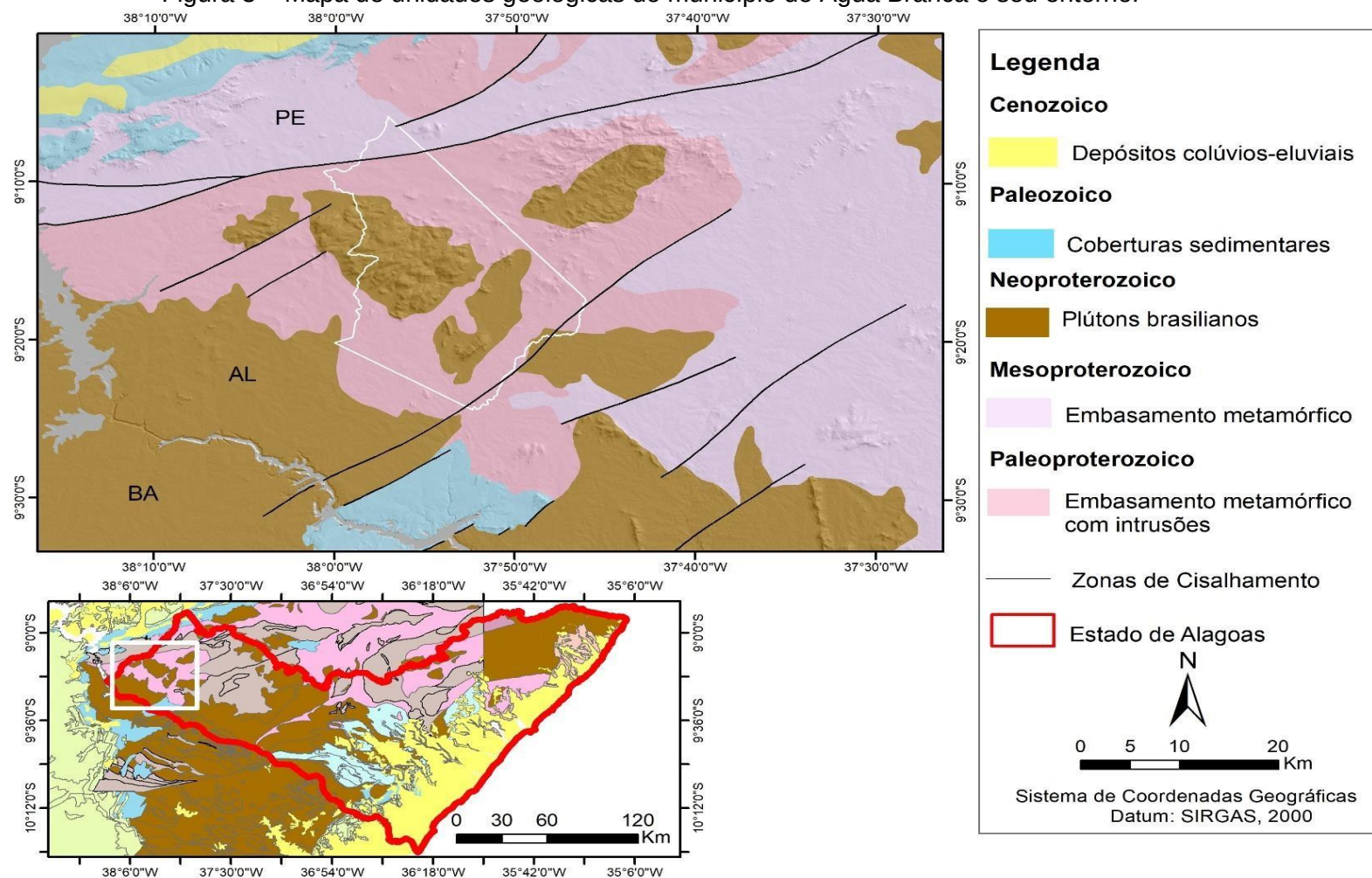
Fonte: Retirado de Delgado et al., (2003).

No recorte realizado para o município em estudo e a área em seu entorno (Figura 3), pode-se observar com maior grau de detalhe as unidades geológicas presentes. A litologia do Cenozoico refere-se à depósitos colúvio-eluviais da Bacia do Jatobá, pertencente ao estado de Pernambuco, são os depósitos mais recentes encontrados nessa região. Ainda no território pernambucano, ocorrem também coberturas fanerozoicas, relativas a depósitos sedimentares paleozoicos. A unidade neoproterozoica é marcada por plútons que possuem sua formação associada ao ciclo de orogênese brasileira (850 a 500 Ma), de afinidade shoshonítica. Os principais plútons são o Plutón de Água Branca, que compreende a maior parte do município com mesmo nome e o Plutón Serra do Catu que está a sudeste da cidade de Água

Branca. Essas feições são constituídas de biotita-hornblenda, quartzo, sienito, quartzo-monzonito, álcalifeldspato fino a porfirítico (BRITO NEVES et al., 1995; MENDES et al., 2010).

O embasamento metamórfico, que data do Mesoproterozoico engloba o Complexo Cabrobó, formado por paragnaisses eventualmente migmatizados com intercalações de metagrauvacas, quartzitos, calcissilicáticas, mármore e rochas metamáficas. O surgimento dessas rochas está associado a Orogênese Cariris Velhos (1.1 Ga a 0.95 Ga). Já a litologia do Paleoproterozoico está representada pelo Complexo Belém do São Francisco, com ortognaisses graníticos e migmatitos de composição granítica. Silva et al., (2002) encontrou, na localidade tipo deste complexo, a idade de $2.07 \text{ Ga} \pm 0.34$ em biotita-hornblenda, granodiorito gnássico com textura porfiroclástica, sendo deduzida como a idade de cristalização do magma (BRITO NEVES et al., 1995; BRITO et al., 2009; MENDES et al., 2010).

Figura 3 – Mapa de unidades geológicas do município de Água Branca e seu entorno.



Fonte: Modificado de CPRM (2010).

2.3 COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

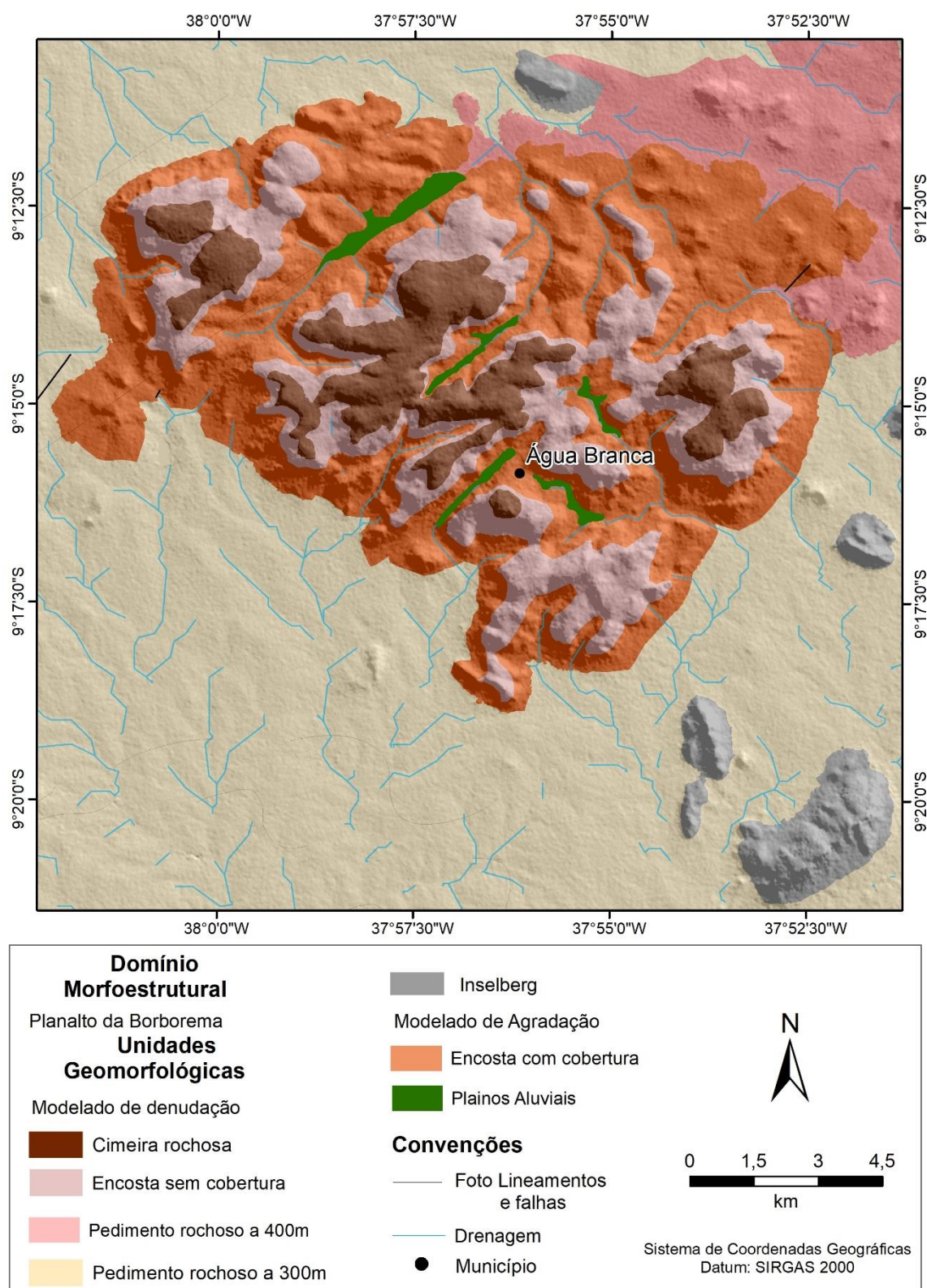
A geomorfologia do município de Água Branca, reflete uma paisagem típica do semiárido nordestino, evidenciada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, com um relevo predominantemente suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com encostas dissecadas, e a presença de alguns inselbergues. O restante de sua área está inserido na unidade do Planalto da Borborema, formada por maciços, como o maciço estrutural de Água Branca, com altitude variando entre 650 a 839 metros, apresentando relevo bastante movimentado.

Nesse contexto, os domínios morfoestruturais equivalem a um compartimento do relevo em escala regional. Representado através das características relacionadas ao arcabouço geológico e estrutural, distinguível em razão da natureza das rochas e da tectônica atuante em uma longa escala de tempo, formando os maiores táxons na compartimentação do relevo (DEMEK, 1972; CORRÊA, 2001).

Com o objetivo de compreender as feições geomorfológicas presentes sobretudo no maciço estrutural de Água Branca, e analisar a distribuição espacial dos seus modelados de agradação e de denudação, foi elaborado o mapa de unidades geomorfológicas (Figura 4). O mapa combina informações sintéticas sobre a morfografia, morfometria e estrutura das formas, a fim de estabelecer uma relação clara entre os materiais estruturadores e as unidades morfológicas. Embora o mapa represente um produto da fase de compilação da base de dados espaciais que compõem esta dissertação, optou-se por apresentá-lo junto à caracterização da área em virtude do mesmo ser uma peça chave para a compreensão da distribuição dos modelados de acumulação nos quais se encontram as áreas de coletas de amostras do interesse dessa pesquisa.

Como afirmam Corrêa e Fonsêca (2016), ao esquadrinhar as formas de relevo, a assimilação das particularidades morfológicas, bem como a dinâmica evolutiva da paisagem, o mapeamento das feições geomorfológicas e seu arranjo baseado nas configurações morfoestruturais são de suma importância na determinação de uma tipologia de formas e interpretação coerente do modelado.

Figura 4 – Mapeamento de Unidades Geomorfológicas do município de Água Branca.



Fonte: Autora, 2018

O resultado obtido com o mapeamento de unidades geomorfológicas, permitiu identificar as seguintes compartimentações:

Unidade de Cimeira rochosa: Corresponde aos níveis conservados da dissecação, com uma morfologia de topo plano ou em crista, sendo marcada pela presença de vegetação em alguns pontos e de sedimentos coluviais. Possui cotas altimétricas acima de 700m (Figura 5).

Figura 5 – Unidade de Cimeira rochosa.



Fonte: Autora, 2018.

Unidade de Encosta sem cobertura coluvial: É marcada pela presença de encostas íngremes que fazem a ligação entre a unidade de cimeira e a encosta com cobertura coluvial (Figura 6). Está sujeita a processos denudacionais principalmente nas áreas em que ocorre a retirada da vegetação. Também é marcada pela ocorrência de depósito de tálus, com cotas altimétricas acima de 630m.

Figura 6 - Unidade de encosta sem cobertura coluvial



Fonte: Autora, 2018.

Unidades de Pedimentos: São superfícies de aplainamento, de inclinação suave, capeada por material detrítico, não apresentando dissecação marcada ou deposição excessiva (Figura 7). Estão divididas em dois níveis, um mais elevado a 400m e outro menos elevado a 300m. Os dois níveis apresentam forte ângulo no contato com a vertente montanhosa íngreme ou menos íngreme, formando uma ruptura de declive, enquanto a jusante, suaviza-se com a deposição detrítica em direção as áreas mais planas.

Figura 7 - Unidade de Pedimento detrítico.



Fonte: Autora, 2018.

Inselbergs: São unidades residuais cuja ocorrência na área está associada à resistência de plútons neoproterozoicos (Figura 8). Estão delimitados por encostas íngremes, sobre a influência principalmente do intemperismo físico. E estão localizados nas áreas próximas aos pedimentos.

Figura 8 – Inselberg.



Fonte: Autora, 2018.

Unidade de encosta com cobertura coluvial: Esta unidade está localizada principalmente na face barlavento do maciço residual, situada entre a encosta íngreme e os níveis de pedimento. Por possuir uma declividade menos acentuada do que a encosta acima, favorece a deposição do sedimento coluvial, possui cotas altimétricas em torno dos 420m (Figura 9).

Figura 9 - Unidade de encosta com cobertura coluvial.



Fonte: Autora, 2018.

Unidade de plainos aluviais: Unidade limitada pelas encostas íngremes em alguns pontos e em outros limitada pelos depósitos coluviais. Está presente em formas alongadas pouco expressivas, onde predomina o entrincheiramento da drenagem pelas estruturas geológicas transversais. (Figura 10)

Figura 10 - Unidade de plaino aluvial.



Fonte: Autora, 2018.

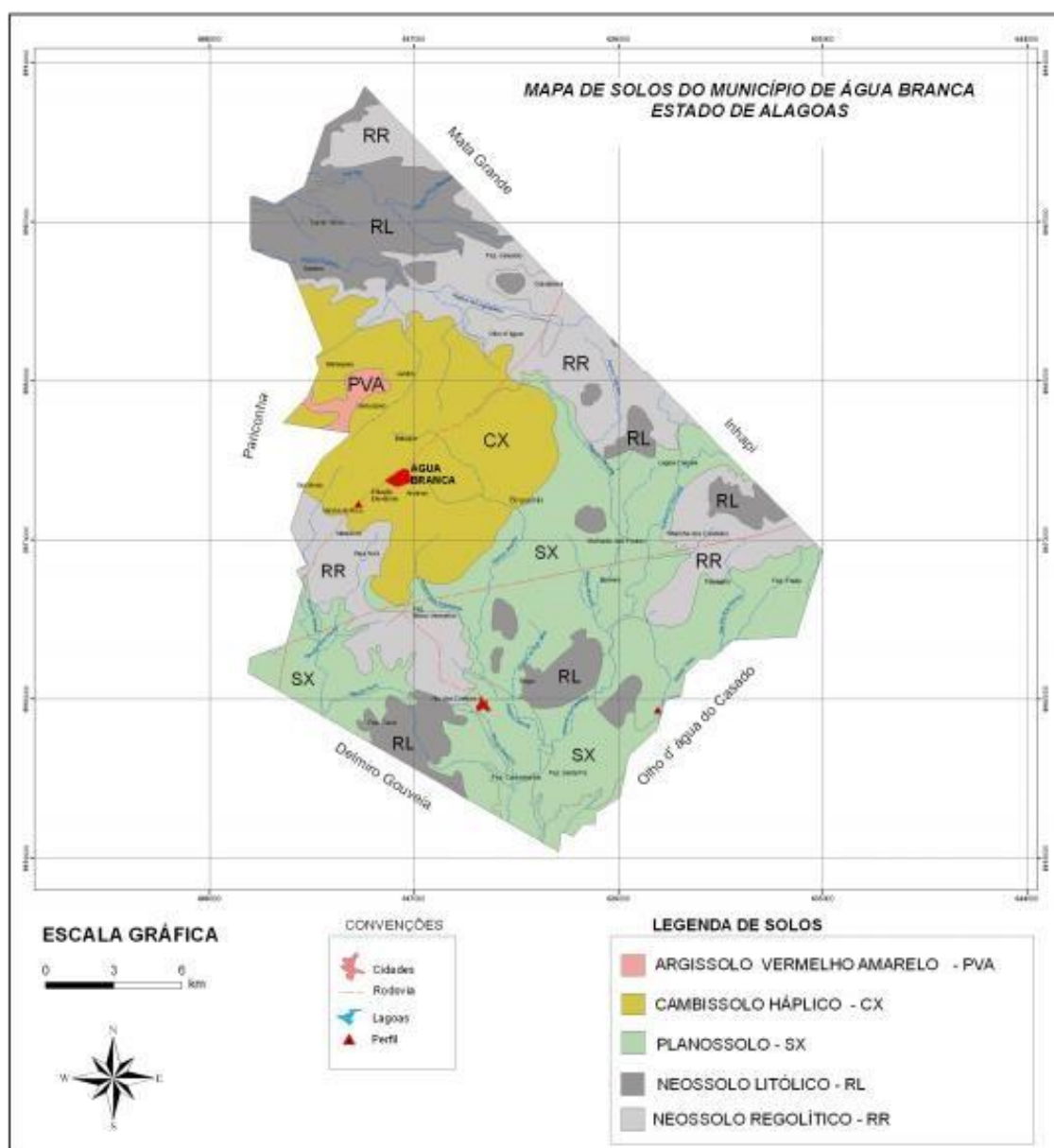
2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

As informações relacionadas as coberturas pedológicas do município foram retiradas do levantamento de solos de Água Branca, elaborado pela Empraba em 2006, resultando em um mapa, na escala de 1: 100 000, com a distribuição espacial dos solos. As principais classes de solos encontradas foram Planossolos, Neossolos Regolíticos, Cambissolos, Neossolos Litólicos e Argissolos (Figura 11). Suas atribuições serão descritas a seguir.

No que diz respeito ao Planossolos locais, estes são rasos a pouco profundos, apresentam mudança textural abrupta, horizonte Bt adensado, com baixa permeabilidade e muitas vezes com presença de sódio. Estes solos são muito usados com pastagens, que é uma prática comum no local desde o século XVII. Ocorre com predominância na área de estudo as classes dos Planossolos háplicos e em menor destaque os Planossolos nátricos com texturas arenosas de média a argilosa. Essa

classe de solo está concentrada na parte Sul do maciço, correspondendo aos níveis de pedimento.

Figura 11 – Solos do município de Água Branca – AL.



Fonte: Embrapa, 2006.

Os Neossolos Regolíticos também são pouco profundos a profundos, possuem pequena reserva de nutrientes, e boa permeabilidade. Sua localização está condensada nas áreas adjacentes ao maciço.

Os Cambissolos ocorrem na parte mais elevada e movimentada da área de estudo, com relevo suave ondulado, correspondendo principalmente à cimeira

rochosa e à encosta sem cobertura coluvial. São pouco profundos a profundos, com a presença de depósito de tálus, e alta suscetibilidade à erosão.

Os Neossolos Litólicos são rasos e na área apresentam textura arenosa e média. São desenvolvidos de substratos rochosos constituídos por granitos e gnaisses que por vezes afloram, podendo ser acompanhado também por pedregosidade. Ocupam posições na paisagem muito variadas, com relevo plano até montanhoso, referente aos inselbergues.

Os Argissolos correspondem à classe com menor abrangência e são pouco profundos a profundos, com textura média/argilosa. Possuem horizonte “A” moderado e proeminente. Podem ser eutróficos e distróficos nos horizontes subsequentes. Os principais fatores limitantes para seu uso são os declives acentuados e a ocorrência de muitos afloramentos rochosos.

2.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

O clima de um município ou de uma determinada área sofre influência de mecanismos atmosféricos de escala global, regional e local. Esses mecanismos são instigados pela distribuição não homogênea da radiação solar sobre a Terra, pela disposição dos continentes e dos oceanos e também pelas características topográficas continentais (Boletim de Monitoramento e Análise Climática - Número Especial, 1986).

Dessa forma, afim de entender como se dá o clima atual na área de estudo e compreender quais são os eventos desencadeadores das maiores taxas de precipitação, é necessário recorrer ao conhecimento de alguns mecanismos atmosféricos atuantes na região Nordeste, e compreender as suas relações com a paisagem, com os fatores geográficos e com a formação dos depósitos de encosta.

Cerca de metade da região NE do Brasil é marcada pelo clima semiárido, que possui uma taxa pluviométrica anual relativamente baixa, podendo variar entre 1200 mm e menos de 125mm, com uma distribuição da precipitação irregular no espaço e no tempo. Normalmente, apresenta uma estação marcadamente chuvosa e uma estação seca que pode ser curta ou prolongada (MENDONÇA E DANI OLIVEIRA, 2007).

Entre os fenômenos atmosféricos que atuam na região, e também na área de estudo, e que influenciam o regime de chuvas, estão: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Frentes Frias, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as linhas de Instabilidade (LI) e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e ainda o dipolo do Atlântico.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) forma-se na área de baixas latitudes, onde o encontro dos ventos alísios provenientes de sudeste com os de nordeste cria uma ascendência das massas de ar que são normalmente úmidas. A ZCIT é móvel e apresenta sua posição mais ao sul em março e mais ao norte em setembro. Quando mais ao Sul, nos meses de março e abril, têm-se condições favoráveis ocorrências de chuvas na região Nordeste, o deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), já que a mesma é mais significativa sobre os oceanos (MENDONÇA E DANI OLIVEIRA, 2007).

Outro fator responsável pelas precipitações no NE são as Frentes Frias, que possuem maior penetração nas latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro. Nada mais são do que bandas de nuvens que se formam na confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de novembro e março, porém possuem maior atuação nos meses de janeiro e fevereiro. Sua movimentação é no sentido leste-oeste, enquanto em sua periferia ocorre a formação de nuvens e precipitação, em seu centro o movimento do ar é de cima para baixo, inibindo a formação de nuvens (FERREIRA E MELLO, 2005).

As Linhas de Instabilidade (LI) são bandas de nuvens, tipo cumulus, organizadas em forma de linha e que são causadoras de chuvas. Possuem maior atuação quando aprimoradas pela presença da ZCIT no hemisfério sul, principalmente nos meses de fevereiro e março.

Já os complexos convectivos de mesoescala (CCMs), se formam a partir das condições locais de temperatura, relevo, pressão e etc. São sistemas com menor área de abrangência, caracterizados por precipitações fortes e de curta duração (FERREIRA E MELLO, 2005). Por exemplo, podem ocasionar precipitações que chegam até a 200mm em algumas horas e que atingem apenas uma cidade. Esse

sistema atuante na área de estudo, pode ser responsável por até 70% da precipitação mensal, que pode ocorrer em um dia.

O dipolo do Atlântico consiste em um fenômeno de interação oceano-atmosfera, onde uma anomalia na alteração da temperatura do mar no Oceano Atlântico Tropical Norte resulta em altas temperaturas para essa área e baixas temperaturas para o Oceano Atlântico Equatorial e Tropical Sul, a partir do movimento descendente do ar frio e seco das altas altitudes para as baixas, provocando a inibição da formação de nuvens sobre este setor do Oceano. Como resposta a esse fenômeno as taxas de precipitação em parte do NE e do Norte do Brasil tendem a diminuir, constituindo a fase de dipolo positivo. Porém, quando o oposto ocorre, com o crescimento da temperatura nas águas do Oceano Atlântico Equatorial e Tropical Sul, em detrimento da diminuição da temperatura no Oceano Atlântico Tropical Norte, a partir do aumento dos movimentos ascendentes sobre essa primeira região, dá-se a formação de nuvens e o acréscimo nas taxas de precipitação no NEB, essa fase é denominada de dipolo negativo (NOBREGA, SANTIAGO E SOARES, 2016).

Considerando que a distribuição normal da precipitação no município é marcada por uma estação chuvosa que se estende de maio a agosto, e por uma estação seca entre principalmente os meses de dezembro e janeiro, os demais meses possuem taxas variáveis de precipitação. Além disso, as chuvas torrenciais, bastante características dessa região, mascaram os totais mensais mais elevados, já que consistem em precipitações concentradas, em um curto período de tempo, mas aportando volumes importantes em face do volume. Esses eventos, também são capazes de remobilizar considerável quantidade de sedimento, principalmente em locais com cobertura vegetal esparsa e solo nu.

É interessante frisar que esses sistemas atmosféricos atuam em conjunto, de forma que um único mecanismo não é responsável por toda a taxa de precipitação de uma área. E estes mesmos sistemas podem ter maior ou menor influência na precipitação em um determinado ano, a depender da atuação de outros fenômenos atmosféricos de escala global, como por exemplo, o El Niño e a La Niña.

O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal, nas águas superficiais no Oceano Pacífico, que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento em nível mundial, o transporte

de umidade e perturbando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais. A La Niña é o fenômeno com características opostas ao El Niño, anomalia negativa, que causa o resfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico. Alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño (OLIVEIRA, 2001).

Valores negativos e positivos do Índice de Oscilação Sul (IOS) são indicadores da ocorrência do El Niño e La Niña respectivamente, esse índice representa a diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Austrália).

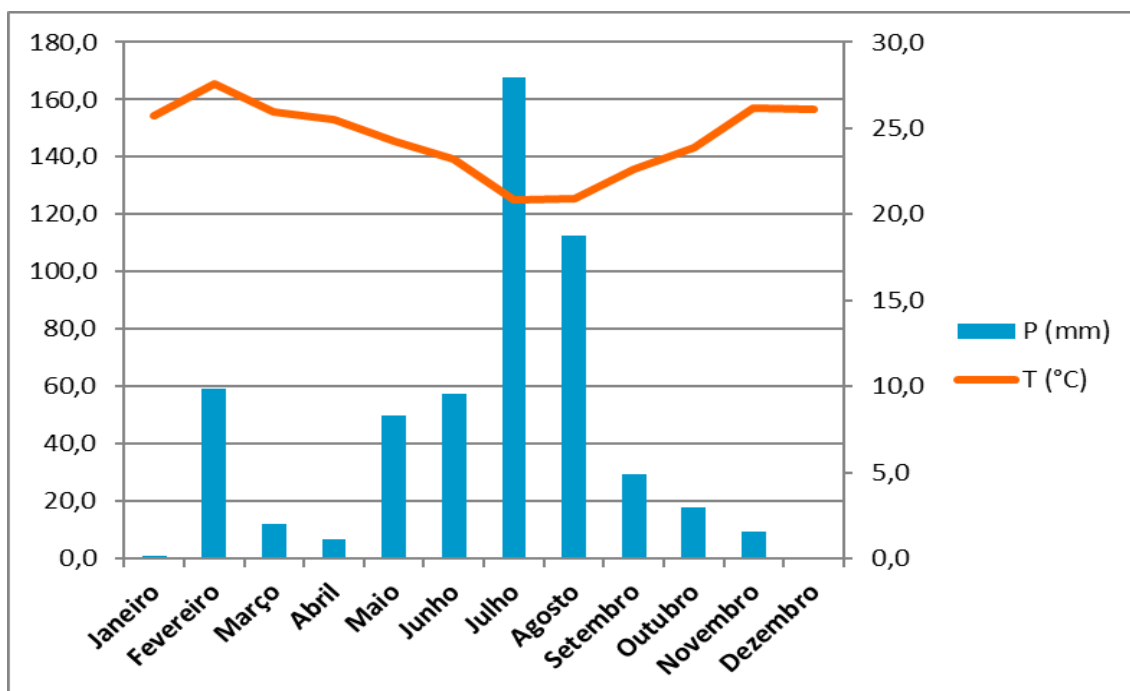
Nesse sentido, observa-se que em anos de ocorrência de El Niño o índice de precipitação no Nordeste do Brasil, tende a diminuir. E em anos de La Niña o índice de precipitação tende a aumentar. Essa afirmativa pode ser verificada na comparação entre climogramas descritos a seguir (Figura 12,13 e 14).

O primeiro climograma é do ano de 2012, um ano sem influência de El Niño ou de La Niña, com um total de 508mm. Considerando que a precipitação de Água Branca normalmente se concentra nos meses de maio, junho, julho e agosto, e que sua precipitação média anual é de 879 mm (SEPLAG, 2018), esse climograma segue o padrão do município (Figura 12).

No segundo climograma referente a um ano com a presença de El Niño, com um total 297mm. Observa-se a inibição da precipitação entre os meses de junho e novembro. Levando em consideração de que no geral o El Niño atinge o seu pico nos últimos meses do ano. E considerando também que o período de concentração de precipitação na área em estudo em um ano padrão, ocorre justamente entre os meses de maio e agosto. Verifica-se também uma precipitação mínima entre os meses de janeiro a maio (Figura 13).

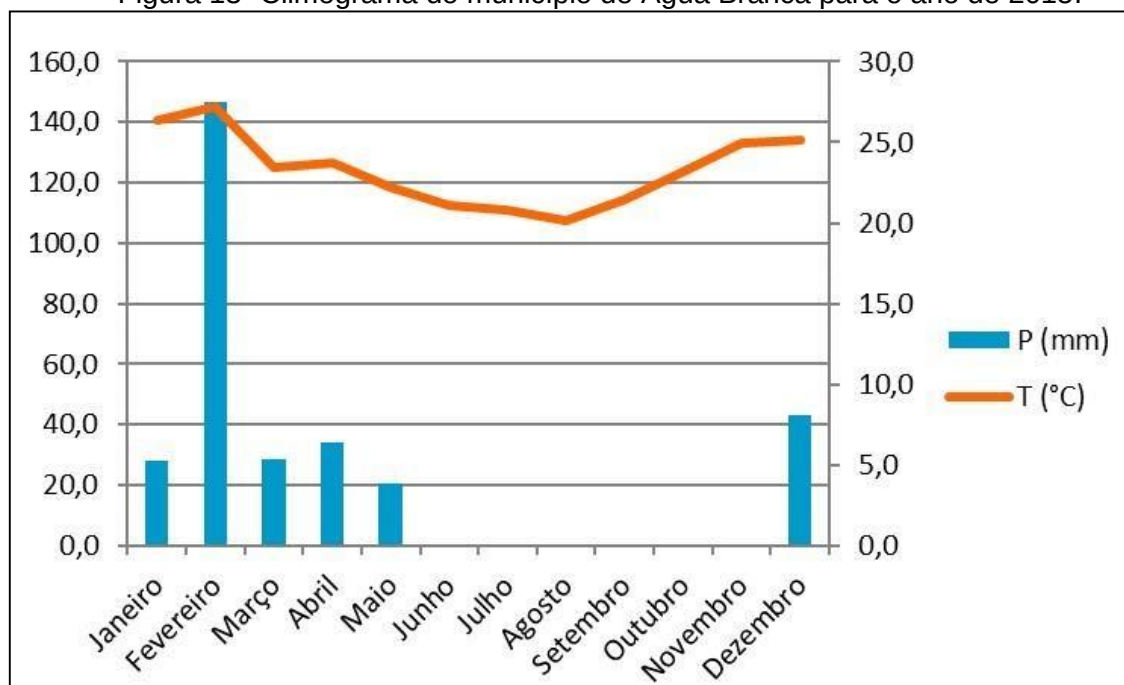
No terceiro climograma, a distribuição da precipitação está diferente dos anos citados anteriormente. No ano de 2011, a distribuição das chuvas se deu de maneira mais ou menos uniforme, com um substancial aumento na precipitação mensal, o total de precipitação do climograma foi de 1 265mm, e este foi um ano marcado pela influência do sistema de La Niña (Figura 14).

Figura 12- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2012.



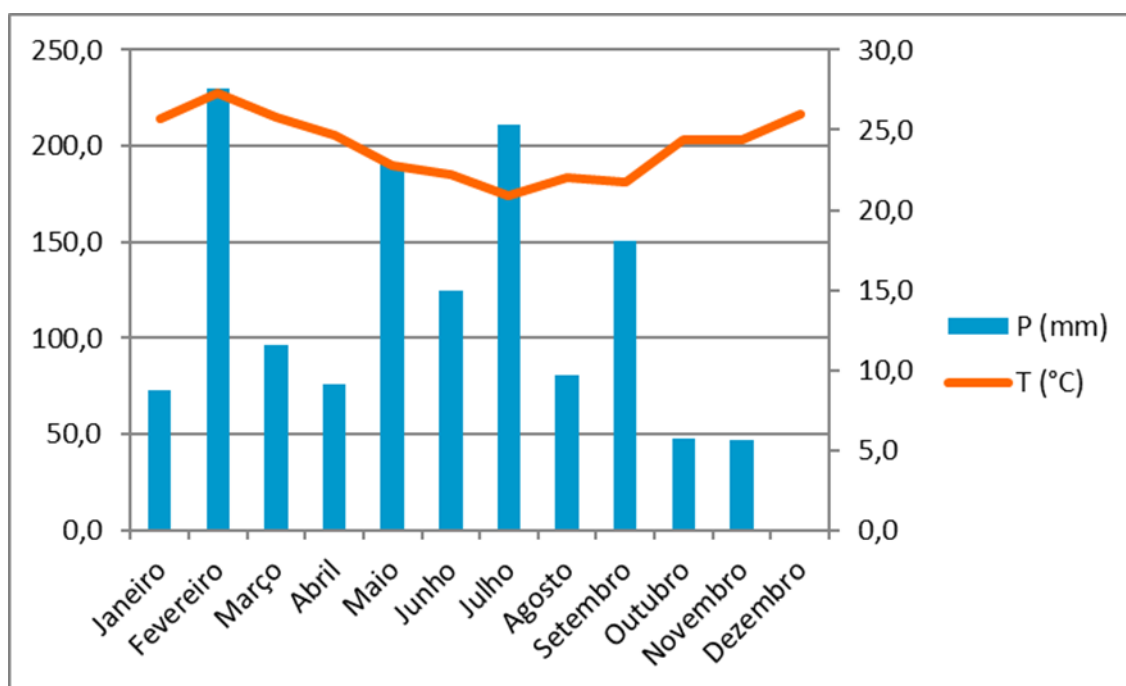
Fonte: Agritempo, 2018

Figura 13- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2015.



Fonte: Agritempo, 2018.

Figura 14- Climograma do município de Água Branca para o ano de 2011.



Fonte: Agritempo, 2018.

A partir da análise desses dados pode-se afirmar que é importante saber as relações existentes entre esses eventos atmosféricos de escalas diferenciadas (global, regional e local), e as suas consequências nas taxas de deposição do relevo local. Aliada a fatores como a cobertura vegetal, o arcabouço geológico e a ação antrópica. De modo que, em determinado momento esses eventos podem agir em conjunto e também pode ocorrer a predominância de alguns sistemas em detrimentos de outros. É relevante também, assimilar que esses fenômenos de escala global, como o El Niño/La Niña, são fenômenos cíclicos, recorrentes, que afetaram o clima do passado, afetam o clima do presente e podem afetar também o clima do futuro.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo foram elencados alguns conceitos e abordagens da geografia física e da geomorfologia que serviram como base teórica para a realização desta pesquisa.

3.1 A IMPORTÂNCIA DO HOLOCENO PARA OS ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS

As oscilações climáticas são fenômenos registrados em todas as épocas geológicas. Todavia, para a análise dos sistemas ambientais atuais há maior relevância para o conhecimento das oscilações climáticas ocorridas durante o Quaternário. Este período iniciou-se à aproximadamente 2,5 M.a (datação com potássio-argônio e paleomagnetismo) de acordo com a União Internacional para o Estudo do Quaternário (INQUA), e divide-se em duas épocas, o Pleistoceno com duração de cerca de 2,4 M.a e o Holoceno, que inclui apenas os últimos 10 mil anos (SALGADO LABOURIAU, 1994; CHRISTOFOLETTI, 1999; SUGUIO, 2010).

A principal característica do Quaternário está no fato desse período ser marcado por amplas oscilações climáticas cíclicas e de intensidades distintas. Ao longo da sua duração ocorreram pelo menos 16 glaciações, com duração média de 100 000 anos cada, sendo intercaladas por interglaciais quentes, com duração aproximada de 20 000 anos (SALGADO-LABOURIAU, 2007). Apesar das dificuldades na obtenção de informações sobre as glaciações em todo o planeta dificultarem o entendimento das características ambientais de cada ciclo, os dados obtidos até o presente, permitem um progresso no entendimento da dinâmica climática global e as suas repercussões na paisagem.

Partindo do pressuposto, de que as oscilações climáticas geram alterações no comportamento da atividade humana, modificam a vegetação e consequentemente adulteram as taxas de erosão e denudação dos relevos, torna-se importante tentar compreender as últimas oscilações climáticas no planeta e quais foram as suas possíveis consequências na evolução da paisagem geomorfológica da área em estudo.

Para os estudos de evolução paleoambiental, a fase vinculada aos últimos 15 mil anos é de extrema importância, visto que, além de incluir todo o Holoceno e o final do Pleistoceno, este é o intervalo de tempo com maior número de informações paleoecológicas (fósseis, por exemplo), extremamente importantes por incluir a

história da civilização humana, e as grandes intervenções do homem sobre os ecossistemas naturais. Sendo também a época alvo para a formulação de modelos que dão base para a interpretação dos paleoclimas e das características dos últimos ciclos glaciais (SALGADO LABOURIAU, 1994, 2007).

Nesse sentido, como explicado anteriormente e a partir dos dados encontrados na área de estudo, optou-se por realizar um histórico das flutuações climáticas a partir do início do atual período interglacial, que começou a aproximadamente 10 000 anos (Quadro 1). No quadro abaixo encontram-se algumas dessas oscilações, relacionando o evento climático e a sua principal característica com o período de ocorrência.

Quadro 1- Oscilações climáticas no atual interglacial, Holoceno.

Evento climático (clima)	Idade (Antes do presente/AP)
Início do atual interglacial (quente)	10 000 AP
HN – Chuvas torrenciais, clima úmido ZI - Clima seco e ventos fortes	8000 – 7 000 AP
1º Ótimo Climático (temperaturas elevadas, 2º a 3º C mais quente). HN – Clima mais ameno HS - Clima seco	5 600 – 2 500 AP
Temperaturas baixas, época mais fria do interglacial	2 500 – 2000 AP
2º Ótimo Climático (temperaturas elevadas).	1800 – 1000 AP
Pequena Idade do gelo (Clima frio, baixas temperaturas).	500 – 200 AP
Temperaturas elevadas, recuo das geleiras.	150 AP – Atualidade

Fonte: Adaptado de Sant'anna Neto e Nery, 2005.

Legenda: HN: Hemisfério Norte; ZI: Zona Intertropical e HS: Hemisfério Sul.

Nessa perspectiva, o objetivo de estudo do Quaternário, de acordo com (LEDRU et al., 2002; AULER e SMART, 2001) *apud* Lima (2015, p.61), é:

Compreender que as respostas das paisagens às mudanças climáticas e suas oscilações não são iguais e simultâneas como se pensava. Elas dependem de fatores regionais e locais, como também da capacidade de fornecer respostas rápidas ou não, cujos registros podem não ser mais contemporâneos aos padrões conhecidos e generalizados. Isto posto, cresce a necessidade de produção de dados de amplitude regional e dos mais diferentes ambientes para que se tenha o maior número de correlações cronoestratigráficas dos registros Quaternários.

A importância do Quaternário está relacionada com as mudanças ambientais no espaço e no tempo nesse curto intervalo do tempo geológico. Mudanças estas que geraram as formas de relevo da paisagem atual, bem como, o substrato sedimentar que estrutura esse relevo. É neste período também onde o homem surge, e se estabelece como agente modificador da Terra.

Assim, fica evidente que boa parte da história da humanidade se deu em uma época mais quente, denominada interglacial, ainda que tenham ocorridos pequenos avanços e recuos de fases mais frias sobre o clima da Terra (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Nessa perspectiva, Corrêa (2001) e Silva (2013) comprovaram que no Nordeste do Brasil encontram-se registros das mudanças ambientais no Quaternário e também no Holoceno, responsáveis pela elaboração do relevo, evidenciando a existência de ciclos úmidos alternados com fases áridas e semiáridas. Desta forma, na busca de uma interpretação dos processos formativos envolvidos na gênese da unidade de relevo escolhida para esta pesquisa, os depósitos quaternários serão a grande ferramenta de compreensão da evolução paleoambiental.

3.2 ESTUDOS DO HOLOCENO NO NORDESTE BRASILEIRO

Primordialmente, os estudos do Quaternário no Brasil são bastante recentes, os primeiros trabalhos remontam das primeiras décadas do século XX. Entre os principais autores da época estavam João José Bigarella e Aziz N.

Ab'Saber, e as suas respectivas áreas de estudos estavam relacionadas a sítios arqueológicos e as planícies costeiras. Nas últimas décadas mais trabalhos foram surgindo, assim como também associações ligadas ao Quaternário e grupos de pesquisa. Entre os principais pesquisadores das últimas décadas estão Salgado Labouriau, Kenitiro Suguio, Antonio José Teixeira Guerra, Antônio C. de B. Corrêa, Mabesoone, entrou outros.

Os trabalhos relacionados ao tema no Nordeste do Brasil são ainda escassos, porém vêm crescendo nos últimos anos. De forma geral, a maior parte das pesquisas relacionadas ao Quaternário Tardio, apontam para eventos deposicionais recentes na região, pertencentes em sua maioria ao Último Máximo Glacial, a transição Pleistoceno/Holoceno e ao Holoceno. Este tópico tem como propósito analisar alguns trabalhos que possuem idades pertencentes aos últimos 11 000 anos, e dessa forma, relacionar as áreas de estudos, com as idades dos depósitos e os paleoclimas existentes. Para tanto, utilizou-se como referência um quadro síntese dos principais trabalhos acerca do Quaternário Superior para o NE (Quadro 2), dando ênfase aos dados dos depósitos que fazem referência ao Holoceno.

Quadro 2 – Síntese dos principais trabalhos acerca do Quaternário, com ênfase no Holoceno para o NE Brasileiro.

Autores (ano de publicação)	Local	Abrangência temporal (AP)	Considerações
CABRAL (2014)	Áreas do Rio São Francisco, Petrolina -PE	a) 410 anos AP e 165 anos AP	a) Atividade dunar recente, associada a momentos mais secos e com maior velocidade de vento.
LIRA (2014)	Bacias Hidrográficas do Riacho do Pontal e GI-8 – PE	a) 5000 AP b) 3 800 AP	a) Diminuição da umidade; b) Padrões repetitivos cíclicos de semiaridez.
GURGEL et al., (2013)	Maciço do Pereiro - RN/CE	a) Holoceno Médio e Superior	a) Instalação do sistema ENOS contemporâneo e de alta frequência. Diminuição da umidade.
FERREIRA et al., (2013)	Itaparica (PE) e outros locais pertencentes a bacia do Rio São Francisco.	a) 11 800 AP	a) Circulação dos ventos alísios de sudeste com pouca alteração na área de estudo.
SILVA (2013)	Afrânio - PE	a) Holoceno Inferior b) Holoceno Médio c) Holoceno Superior	a) Remobilização das coberturas superficiais das encostas; b) Remobilização do regolito, estabilidade da cobertura vegetal e picos de máxima umidificação; c) Diminuição na produção de sedimentos e instalação do sistema ENOS.
GALVÃO (2012)	Lagoa de Puiú e abrangência do Vale do Catimbau - PE	a) 9 400 AP b) 4 000 AP	a) Presença de maior umidade; b) Redução gradativa da umidade. Deposição ocasionada por condições torrenciais.

PESSEDA et al., (2010)	Áreas de carrasco, cerrado e floresta no PI/CE/PB	a) Entre 10 000 e 4 500/3 200 anos AP b) Últimos 2 000 anos AP	a) Aumento da vegetação aberta, clima mais seco; b) Retorno do predomínio da vegetação de floresta.
MUTZENBERG (2007)	Vale do Rio Carnaúba - RN	a) Holoceno Inferior b) Holoceno Médio c) Holoceno Superior	a) Retorno súbito da umidade; b) Manutenção da umidade e intensificação do intemperismo químico; c) Indícios do retorno da semiaridez.
CORRÊA (2001)	Maciço da Serra da Baixa Verde	a) Transição Pleistoceno/Holoceno b) Holoceno Médio c) Fase contemporânea	a) Remobilização maciça das coberturas rudáceas; b) Máximo de umidificação e remobilização maciça do regolito; c) Ravinamento de antigos depósitos pelo padrão atual de uso de terra.

Fonte: Adaptado de Lima, 2015.

Um dos objetivos das pesquisas ligadas ao Quaternário e a evolução geomorfológica da paisagem é tentar compreender quais elementos foram responsáveis pelos picos de sedimentação nas áreas de estudo. De acordo com Corrêa (2001), houve três momentos marcantes de sedimentação em sua área de estudo que corresponde às superfícies elevadas do Planalto da Borborema, no setor correspondente aos Maciços Remobilizados da Zona Transversal (Correa et al., 2010). Para o autor, o primeiro episódio ocorreu no limite Pleistoceno/Holoceno, de 10000 a 8500 anos AP, e foi responsável pela remobilização maciça das coberturas rudáceas ocasionada supostamente por chuvas torrenciais da ZCIT. O segundo marco ocorreu durante o Holoceno médio, entre aproximadamente 7 500 e 4 500 anos AP, e foi marcado por uma série de coluvionamentos, provavelmente ocasionados por pequenos fluxos de detritos e corridas de lama, induzidos pelo aumento da umidificação na área e pelo restabelecimento apenas parcial da cobertura vegetal.

O evento mais recente foi marcado pelo excessivo ravinamento dos depósitos antigos, sendo provocados pelo tipo de uso da terra local, gerando depósitos coluviais de expressão restrita ao longo da encosta, tais como leques coluviais e depósitos laminares causados pela erosão em lençol. Corrêa (2001) afirma ainda que o modelo de morfogênese proposto por Thomas (1998), corrobora seus achados acerca da sua área de pesquisa na Serra da Baixa Verde, no que diz respeito a que os ambientes semiáridos ou de clima tropical estacional apresentam finas camadas de colúvios laminados, formados pela erosão em lençol.

A pesquisa de Cabral (2014) foi realizada em ambiente dunar, no município de Petrolina - PE, no setor do sub-médio São Francisco. De acordo com as idades encontradas para os sedimentos, algumas hipóteses emergiram a respeito dos fatores que condicionaram a sua deposição. Em função das datações se restringirem ao Holoceno Superior (410 anos AP e 165 anos AP), acredita-se que esses depósitos estão relacionados à ocorrência de eventos do tipo El Niño prolongados na região. Esses teriam sido responsáveis por diminuir a vazão em trechos do Rio São Francisco, deixando uma parte dos sedimentos de suas margens expostos, esses posteriormente foram transportados por ação eólica e conseqüentemente depositados como dunas parabólicas.

Lira (2014), em sua pesquisa realizada na mesma região do estado de Pernambuco, tentou explicar a origem dos latossolos que margeiam o Rio São

Francisco naquele setor. Através da análise dos sedimentos, constatou-se uma gênese climática comandada por fatores de circulação atmosférica secundária ao longo do Holoceno. Para o autor, a permanência da célula de Hadley sobre a região e a estabilização da célula de Walker há aproximadamente 5000 anos, teriam sido responsáveis pela diminuição da umidade na área, em consórcio com eventos cíclicos de La Niña/El Niño que ocasionaram padrões repetitivos alternados de semiaridez severa e semiaridez moderada.

As amostras que abrangem o Holoceno, na pesquisa de Galvão (2012), datam do Holoceno Inferior, aproximadamente 9400 anos AP, e do Holoceno Superior, após o 1º ótimo climático, aproximadamente 4 000 anos. Os depósitos datados foram provavelmente ocasionados por fluxos de detritos e corridas de lama sob condições torrenciais.

No estudo da evolução quaternária do Maciço do Pereiro – RN/CE por Gurgel et al., (2013), foram coletadas 51 amostras para datação pelo método de luminescência opticamente estimulada (LOE). A maior parte das amostras correspondem a depósitos coluviais, sendo um número reduzido referente a depósitos aluviais. A sedimentação aluvial da área abrange desde Holoceno Médio até o Holoceno Superior. Os sedimentos holocênicos na área estão associados a eventos ENOS contemporâneos que foram responsáveis por secas de alta magnitude. A diminuição da umidade se refletiu na menor capacidade de desencadeamento de fluxos gravitacionais. Acredita-se que esse provavelmente foi um cenário climático local/regional devido à maior influência da ZCIT sobre o NE se comparado com a região Sul e central do Brasil.

As análises de isótopos de carbono e de distribuição de carvão em solos foram utilizadas nos estados de Ceará, Piauí e Paraíba por Pessenda et al., (2010), afim de relacionar a dinâmica da vegetação com as mudanças climáticas ocorridas desde o Pleistoceno Superior. Durante o Holoceno Inferior e Médio, de 10 000 AP até 4500/3200 AP aproximadamente, foi verificada uma expansão da vegetação de savana associada à diminuição da umidade e a presença de um clima mais seco. Entre 3 200 AP até 2 000 AP, verificou-se a ocorrência de fogo através da presença de fragmentos de carvão no solo.

Durante o Holoceno Superior, e a partir dos últimos 2 000 anos, observou-se para a região uma expansão da vegetação de floresta, o que caracterizaria o retorno de um clima mais úmido. De acordo com os autores, esses resultados estão em concordância com um padrão regional encontrado em alguns pontos no estado do Maranhão, na Amazônia e também em Rondônia. A princípio, diferindo dos resultados encontrados em locais mais próximos à área de estudo, onde a partir no Holoceno Superior tende a ocorrer uma diminuição gradativa da umidade.

Já na pesquisa de Ferreira et al., (2013), executada em ambiente eólico dunar na bacia do Rio São Francisco foram realizadas três datações pelo método LOE em uma mesma duna, sendo a mais recente, pertencente à transição Pleistoceno/Holoceno, datando de aproximadamente 11 800 anos. Segundo os autores, durante este período, a circulação dos ventos alísios de sudeste não sofrera significativas alterações na área do vale do São Francisco, o que possibilitou a energia necessária para o retrabalhamento eólico dos depósitos aluvias do São Francisco, originando assim o campo de dunas. Acredita-se que essas condições mudaram no transcurso do Holoceno, o que resultou no fim da atividade eólica na área de estudo.

O trabalho de Mutzenberg (2007), realizado no sítio arqueológico Pedra Branca, no vale do rio Carnaúba-RN, sugere que no Holoceno Inferior deu-se o retorno súbito da umidade, com a remobilização do regolito causada por eventos chuvosos de alta magnitude. A umidade provavelmente permaneceu durante o Holoceno Médio, com a intensificação do intemperismo químico na área e expansão da cobertura vegetal. Já no Holoceno Superior ocorreram indícios do retorno à semiaridez, com a deposição de sedimentos e a estabilização da paisagem.

Na tentativa de reconstruir a dinâmica geomorfológica na área de Fazenda Nova – PE. Silva (2013), encontrou evidências de que durante o Holoceno Inferior ocorrera a remobilização das coberturas superficiais das encostas com a deposição dos sedimentos nas marmitas de dissolução. Durante o Holoceno Médio ocorreram eventos capazes de remover o regolito, através de fluxos de detritos, sendo registrada também a estabilização da cobertura vegetal, com picos máximos de umidificação no ambiente. A partir do Holoceno Superior foi verificada diminuição da umidade com a predominância de climas mais secos, ocasionando a redução na produção de sedimentos, associada à influência do ENOS na região.

As pesquisas citadas demonstraram uma tendência climática para o período do Holoceno. De uma forma geral, observou-se, que o Holoceno Inferior foi marcado pela predominância de um clima úmido, com remoção dos sedimentos de encosta. Durante o Holoceno Médio em alguns locais ocorreu a manutenção da umidade, com picos de máxima precipitação e remobilização das coberturas, seguida pela diminuição gradativa da umidade e a instalação da semiaridez. Consequentemente, no Holoceno Superior, manteve-se o clima semiárido, com registro de padrões repetitivos cíclicos, e a diminuição na produção de sedimentos em alguns locais. Neste momento, ocorreram ainda alternâncias entre os fenômenos El Niño e La Niña com a presença de condições favoráveis a precipitações torrenciais.

Mesmo com o crescente número de pesquisas que discutem as mudanças ambientais que abrangem o Holoceno, é importante não generalizar os resultados encontrados e buscar a obtenção de mais dados especializados, afim de conhecer as especificidades de cada local e consequentemente, aprimorar a qualidade das interpretações.

3.3 DEPÓSITOS HOLOCÊNICOS CONTINENTAIS

Em um ambiente sedimentar o sedimento em questão é oriundo de uma área fonte e nessa perspectiva, Mabessone (1983), trabalha o conceito de ambiente sedimentar a partir do modelo processo-resposta. No qual, a geometria do ambiente (forma do ambiente, sua configuração de superfície) aliada aos materiais do ambiente. Por exemplo: a textura e a composição disponível, assim como, o meio pelo qual o material é transportado, seja água doce ou gravidade. Esses elementos compõem o modelo do processo, que dependem dos agentes operativos para gerar uma resposta. Os agentes consistem na energia do ambiente, como a energia cinética do vento, são elementos físicos, químicos e também biológicos. E as respostas consistem na geometria dos sedimentos, na sua composição e distribuição no relevo.

O autor ainda afirma que, os sedimentos são decorrência dos ambientes que os formaram e, portanto, possuem várias características resultantes das rochas mães, dos ambientes nos quais essas rochas foram intemperizadas e também dos ambientes de transporte e de deposição.

Ou seja, nos estudos de evolução geomorfológica da paisagem, os depósitos quaternários, constituem a chave para entender os paleoambientes e paleoclimas, assim como os agentes modificadores do ambiente.

Antes de especificar melhor acerca dos depósitos quaternários, é importante discutir a partir de quais ambientes ou fáceis estes depósitos são formados. Nesse contexto, serão apresentados dois ambientes continentais, o ambiente eluvial e o ambiente coluvial.

3.3.1 Ambiente eluvial

Ocorre no local da desintegração da rocha mãe, as características dos seus perfis são variadas, depende do tipo de intemperismo predominante e da erosão dos seus horizontes superficiais. Nesse sentido, não são perfis espessos, sendo reconfigurados com certa frequência. É importante definir que se constitui de toda a área onde não há transporte em massa. Nos locais com predominância de decomposição física o perfil pode ser constituído de detritos grosseiros, já nos pontos de decomposição química os perfis são constituídos de depósitos finos, argilosos, que perdem características da rocha mãe. Normalmente não possuem estratificação em camadas, o que os diferencia do ambiente coluvial (MABESOONE, 1983).

Para Bigarella, Becker e Santos (2009), o elúvio ou saprólito é o material que sofre alterações, mas que continua in situ. Em alguns ambientes compõem a principal estrutura superficial da paisagem, podendo recobrir desde os topos de cristas até interflúvio, demonstrando, neste caso, um ambiente dinâmico.

Esses depósitos quando expostos a superfície, seja pela retirada da vegetação original, ou por outros fatores, são suscetíveis a erosão, ao intemperismo e conseqüentemente ao transporte para outros setores do relevo.

3.3.2 Ambiente coluvial

Constitui-se de todos os depósitos transportados por gravidade e acumulados principalmente aos pés das escarpas. Podem ser oriundos de escoamentos superficiais, corridas de lama ou corrida de detritos. Os sedimentos presentes são os mesmos do ambiente eluvial, a diferença pode estar relacionada a textura dos grãos, que neste caso tendem a ser menos angulosos. Devido ao transporte sofrido (MABESOONE, 1983).

Para Suguio (2003), os colúvios possuem feição maciça e são compostos por sedimentos areno-argilosos, contudo podem incluir também fragmentos rochosos de vários tamanhos, mais ou menos intemperizados.

De acordo com Moura e Silva, 2006 *apud* Ribeiro et al., (2012), do material removido das encostas origina-se os depósitos coluviais, cuja sucessão de camadas apresenta características próprias dos processos geradores tanto do transporte quanto da forma assumida pelos depósitos.

Atualmente, entende-se que o colúvio pode ser utilizado como um importante registro de evolução geomorfológica. De acordo com Corrêa (2001), o indício de colúvios para eventos passados, pode ser reconhecido pela presença de horizontes incipientes, com estratificação ocasional dos depósitos, ou conservação de estruturas sedimentares, também pela separação dos depósitos por materiais de outras origens, como stone-lines, ou linhas de pedras, e a incorporação de materiais datáveis.

Segundo Thomas (1994), a deposição dos colúvios nem sempre é ocasionada por grandes eventos formativos, também podem acontecer como resposta a eventos menores únicos ou sucessivos, normalmente sendo de alta magnitude.

Nesse sentido, Leopold e Völkel (2007), atribuem a deposição dos colúvios a ação antropogênica através do antigo tipo de uso do solo, como por exemplo, a prática da agricultura. Tomando como exemplo, base descobertas arqueológicas encontradas, na Europa Central, acerca de 7 000 anos AP, associadas as datações de sedimentos coluviais no mesmo ambiente, a partir de 8 000 – 9 000 anos. Os mesmos admitem que esse tipo de sedimento pode ser encontrado em diferentes setores da encosta. E que são capazes de armazenar dados correspondentes ao período anterior à deposição através da morfologia do solo, informações sobre a erosão e o transporte sofrido e também podem armazenar dados relativos ao ambiente pós deposicional.

De uma maneira geral, é difícil estudar os sedimentos coluviais, pois os ciclos erosivos e deposicionais que os formam, muitas vezes não são completos, deixando evidências de atividade nas encostas sempre truncadas e incompletas (CORRÊA, 2001).

3.4 DINÂMICA DE ENCOSTA E A FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS COLUVIAIS

No que diz respeito a dinâmica de encostas e a formação de depósitos coluviais. Adota-se o conceito mais utilizado, de que são as mudanças de cunho climático as principais desestabilizadoras da paisagem. Apesar de haver outros fatores que podem ser responsáveis pela formação dos depósitos colúviais, como os componentes estruturais e de controles tectônicos.

De acordo com Corrêa (2001), em ambientes áridos e semiáridos ocorrem deslizamentos translacionais superficiais compostos de materiais heterogêneos, como areia, lama, cascalho e até matacões, que são responsáveis pela geração dos colúvios. Esses eventos costumeiramente são consequências de tempestades sazonais que representam o regime climático no semiárido. Como visto anteriormente no trabalho de Galvão (2012), na lagoa do Puiu – PE, com depósitos datados de 4 000 anos, que segundo o autor provavelmente foram formados por fluxos de detritos e corridas de lama sob condições torrenciais.

Atualmente em ambientes com climas sazonal, como acontece no NE do Brasil, os eventos de alta magnitude são escassos, e quando ocorrem caem sob solos com pouca umidade. As precipitações intensas e de curta duração, contemporâneas, de origem convectiva, não são suficientes na geração de movimentos de massa profundos. Portanto, a presença de sucessões coluvionares no semiárido são um potencial indicador de mudanças climáticas recentes (THOMAS, 1994).

Nesse sentido, os colúvios desse tipo de ambiente podem ser evidências de eventos pontuais, diferentes de ambientes úmidos onde a precipitação tende a ser constante.

A ocorrência dos depósitos coluviais pode também, além do fator climático, estar associada ao tipo pretérito de uso do solo, através da agricultura, por exemplo. Com a retirada da vegetação de maior porte, para a plantação, o solo fica mais exposto a ação erosiva. Além do manejo do solo facilitar também o intemperismo da rocha. Na tese de Corrêa (2001), os colúvios referentes ao Holoceno Superior, foram provocados pelo tipo de uso de solo local, e geraram depósitos limitados ao longo da encosta, provocados pela erosão em lençol.

Em relação aos modelos de encostas, existem duas variações que caracterizam a pedogênese, a morfogênese de um determinado relevo. A primeira

classe, é a encosta limitada pelo transporte, onde predomina o processo de intemperismo com a desagregação e a decomposição da rocha, e em menor escala o transporte. O segundo tipo é a encosta limitada pelo intemperismo, onde predomina a remobilização do material, e em menor taxa o processo de intemperismo. A primeira classe caracteriza encostas de ambientes úmidos e subúmidos, com menor declividade. E o segundo tipo é característico de ambientes semiáridos e áridos, em uma encosta com declividade mais acentuada (BRIDGE e DEMICO, 2008).

As encostas limitadas pelo intemperismo são as predominantes na área de estudo. Devido à baixa taxa de intemperismo, principalmente de intemperismo químico, já que a presença de água não é constante na encosta. O manto de intemperismo tende a ser mais delgado, dando à encosta uma fisionomia retilínea.

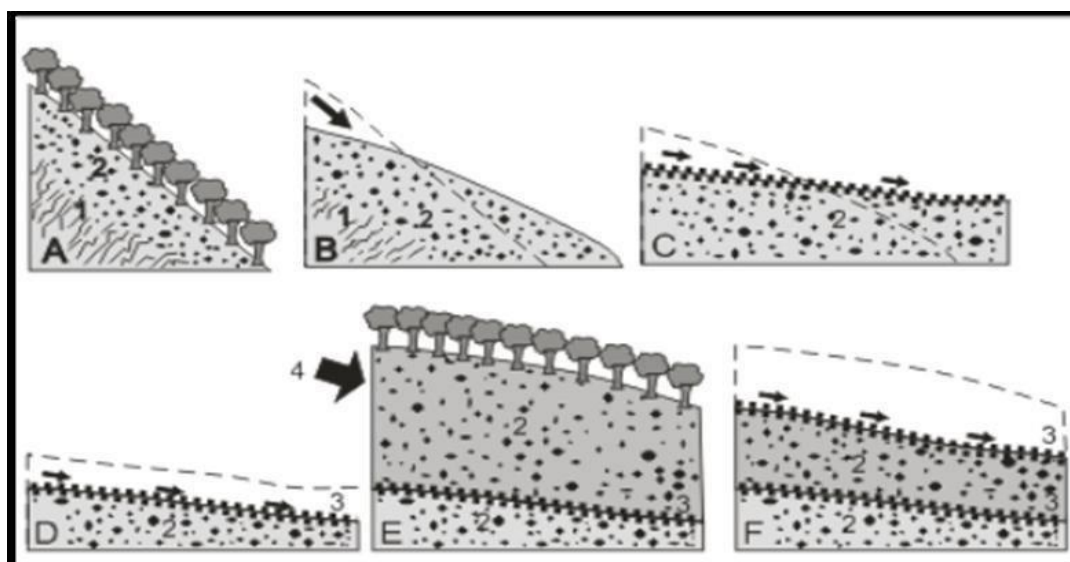
Em relação às stone-lines, linhas de pedras ou paleopavimentos, é importante compreender a sua formação e como a sua presença nos depósitos coluviais pode indicar alterações climáticas. Nesse sentido, entende-se por paleopavimentos uma ou mais linhas marcadas pela presença de sedimentos mais grossos, que podem estar próximos a superfície ou soterrados em profundidades variadas (SELBY, 1985).

Nessa conjuntura, Bigarella, Becker e Santos (2009), afirmam que: “Alguns paleopavimentos possuem, espessuras superiores a 1,5 m formando verdadeiras cascalheiras, enquanto outros são praticamente irreconhecíveis, constituindo-se de finas concentrações de grânulos e pequenos seixos de extensão insignificante”.

A oscilação da granulometria das linhas de pedras na paisagem varia de acordo com o seu evento ou eventos formativos. Na figura 15, pode-se compreender a geração das stone-lines a partir de oscilações climáticas. A – Paisagem com clima úmido, presença da cobertura vegetal densa, manto do intemperismo marcado pelo elúvio (1) e pelo colúvio (2). B – Mudança para clima semiárido ou seco, retirada da vegetação e maior exposição do material ao processo erosivo, início do transporte dos sedimentos mais finos, marcado pela erosão em lençol. C e D – Contínua remoção dos sedimentos finos, deposição de sedimentos rudáceos e formação do paleopavimento. E – Retorno do clima úmido, possível movimento de massa a montante da encosta (4), com formação de colúvio (2) e retorno da vegetação. F – O

processo se repete com a retirada da vegetação, remoção dos sedimentos finos e deposição dos sedimentos mais grossos, formando um novo paleopavimento.

Figura 15 – Formação de stone-lines ou paleopavimentos.



Fonte: Bigarella, Becker e Santos (2009).

O estudo das propriedades físico-químicas e pedológicas tanto dos depósitos coluviais quanto das linhas de pedras, são importantes ferramentas na tentativa de reconstrução dos paleambientes e do tipo de energia predominante na formação desses depósitos. Ainda que essas evidências representem apenas uma pequena parcela do material original que foi deixado na paisagem. Nesse sentido, a datação por Luminescência Opticamente Estimada (LOE), é umas das técnicas utilizadas que ajudam a posicionar na escala temporal cada depósito encontrado, tornando-se uma ferramenta fundamental no estudo da evolução geomorfológica da paisagem.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo foram elencados os aspectos metodológicos utilizados nesse trabalho.

4.1 MAPEAMENTO DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

O mapeamento de unidades geomorfológicas foi realizado na escala de 1:100 000 para fim de reconhecimento dos modelados de agradação, modelados de denudação e suas respectivas unidades presentes no município de Água Branca. A metodologia empregada foi proposta por Demek (1972), sendo adaptada para o contexto regional do semiárido brasileiro.

Em relação às bases cartográficas utilizaram-se o mapa geológico e de recursos minerais realizado pela CPRM (2005), para o estado de Alagoas na escala de 1:250 000. E a imagem de satélite Alos Palsar, com resolução de 12,5 m. A partir da qual foram extraídas as curvas de nível com intervalo de 10m. Foi realizada também a confecção da rede triangular irregular – TIN, que é um tipo de MDE, afim de facilitar a visualização de altimetria do relevo. As unidades geomorfológicas da área foram traçadas a partir da elaboração de perfis topográficos, todas as etapas foram realizadas no software *ArcGis* 10.3. Realizou-se também visitas a campo afim de validar os resultados obtidos através do mapeamento.

4.2 ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA

A análise geomorfológica, pela sua relação intrínseca com a geologia, constitui base para a análise de evolução da paisagem no passado geológico recente. Todavia, um ponto primordial para um melhor entendimento desta relação está na consonância de registros estratigráficos com estudos geomorfológicos, devido ao fato desses perfis estratigráficos permitirem identificar respostas dos sistemas ambientais às variações de energia do sistema climático (SLAYMAKER & SPENCER, 1998)

Nesse sentido, a abordagem morfoestratigráfica aliada ao mapeamento de unidades geomorfológicas permitiu identificar e caracterizar as unidades deposicionais presentes na área de estudo. O entendimento das propriedades sedimentológicas e pedológicas dos perfis estratigráficos selecionados também foi fundamental para a compreensão da gênese local do relevo, uma vez que representam uma ligação direta com o material de origem. É importante que essas

análises também estejam associadas a informações geocronológicas, com o objetivo de obter uma correlação mais confiável dos depósitos.

Por exemplo, um projeto de pesquisa realizado em um deserto no estado do Novo México, no sudoeste dos EUA. O objetivo do trabalho foi compreender a morfologia, a formação e a ocorrência de solos desérticos afim de mapeá-los, compreender sua relação com o Cenozoico tardio e utilizar essa classificação em outros ambientes com características similares. Utilizando a abordagem morfoestratigráfica como referência, através da integração principalmente do estudo das classes de solos presentes aliado a compreensão das características geológicas da área. Considerando que a área está localizada em região com grande influência tectônica (MONGER et al., 2009).

4.3 TRABALHOS DE CAMPO E COLETA DOS MATERIAIS

Foram realizadas três visitas a campo, a primeira em fevereiro de 2018, para reconhecimento da área e observação de pontos com potencial presença de depósitos coluviais. Posteriormente, mais duas idas foram feitas, ambas no mês de junho de 2018, na segunda visita foram vistos pontos preestabelecidos e foram definidos os pontos de coleta. E na terceira ida, a partir da identificação das áreas estratégicas, as coletas foram realizadas. Coletou-se para análises sedimentológicas (morfoscopia e granulometria), para datação pelo método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), e para análises geoquímicas observando diferenciações de cor e de textura presentes em cada horizonte do solo.

Os pontos de coleta foram escolhidos por possuírem coerência cronoestratigráfica com o restante do relevo, eles revelam na paisagem uma correlação existente entre os processos formadores do depósito e a sua idade. Demonstrando tratar-se de um maciço relativamente recente e com dimensões menores. Sendo possível encontrar colúvio nos setores mais altos do relevo, representando evidências da sedimentação em cascata.

4.4 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS: MORFOSCOPIA E GRANULOMETRIA

Diante da semelhança na gênese dos sedimentos terrígenos, torna-se necessário a utilização de técnicas como análises morfoscópicas e granulométricas,

visto que, a partir dos resultados obtidos através destas técnicas é possível a compreensão da evolução pós-deposicional dos sedimentos.

Para análises sedimentológicas as amostras foram coletadas em sacos plásticos, com cerca de 1Kg de sedimento cada, a cada 10cm do perfil, afim de obter mais detalhes acerca das características dos grãos. O perfil Preguiçoso possui 2m de comprimento, totalizando 20 amostras. E o colúvio do Fórum possui 3,10m, completando assim 31 amostras

4.4.1 Granulometria

A análise granulométrica representa a definição do percentual das diversas partículas existentes em cada amostra. Para tal determinação, é preciso seguir uma série de etapas. As amostras foram processadas seguindo a metodologia proposta por Gale & Hoare (1991). A fim de se obter a desagregação das partículas mais finas de sedimento, foi necessário separar em um becker de plástico 100g de sedimento, mais 20g de dispersante, hexametáfosfato de sódio, adicionar 500ml de água e agitar, no agitador mecânico por 10min.

Após esse processo, foi utilizada uma peneira de 0,063mm ou 4 ϕ , para a lavagem dos sedimentos finos. O restante de cada amostra foi colocado na estufa, com temperatura média de 60º graus, com a finalidade de completa secagem. Em seguida, o material foi pesado em uma balança de precisão, e colocado no agitador de peneiros, por 10 minutos, com o intuito de separar as frações. Utilizou-se peneiras com intervalo de 1 ϕ , seguindo a classificação de tamanho de Udden Wentworth (1922), (Quadro 3).

Quadro 03 - Classificação de tamanho dos grãos de Udden Wentworth (1922).

Escala de Wentworth	Escala ϕ (fi)	Escala (mm)
Cascalho	-1	2
Areia muito grosseira	0	1
Areia grosseira	1	0,500
Areia média	2	0,250
Areia fina	3	0,125

Areia muito fina	4	0,063
Silte grosseiro	5	0,038

Fonte: Adaptado de Dias (2004).

Posteriormente, cada fração foi pesada e colocada em sacos plásticos. Afim de quantificar o material fino foi realizada a pipetagem, o procedimento consistiu em colocar 20g de sedimento em uma peneira de 63 μ m, posicionar embaixo um funil e uma proveta. Em seguida, despejar uma solução de 1L de água destilada, com 5g de dispersante, sob a peneira para que o líquido desça para a proveta. Após completar o volume na proveta, a solução foi agitada por 30 segundos com um bastão. E foi marcado o tempo necessário para a sedimentação da argila, seguindo a lei de Stokes.

Depois desse tempo, foi introduzida uma pipeta a até 5cm para a retirada da amostragem de argila e o material foi transferido para um becker, que em seguida foi para a estufa, a 115° graus, para a secagem da amostra. O material derradeiro foi pesado em uma balança de precisão, com o objetivo de quantificar os sedimentos finos.

4.4.1.1 Parâmetros granulométricos

A partir da obtenção das diferentes frações de sedimento, foram aplicados os parâmetros de Folk e Ward (1957) para a obtenção de informações relativas ao grau de seleção dos sedimentos, assimetria e curtose (Quadro 4,5 e 6). Todas essas análises foram executadas no software Sysgran 3.0.

O grau de seleção mede a variação no intervalo do tamanho dos grãos. De maneira que quanto menor a variação, melhor é a seleção dos grãos e vice-versa. Já o cálculo da assimetria de Folk e Ward (1957), representa a medida existente entre os percentis 16 e 84 da curva de calibração granulométrica, somado a medida entre os percentis de 5 a 95, em relação ao valor da mediana (DIAS, 2004). Se considerarmos uma curva de distribuição normal, curva gaussiana, o valor da assimetria é igual a 0, ou seja, ambos os lados são simétricos. Porém, se a curva de distribuição é assimétrica, o cálculo permite quantificar o desvio da simetria. Assim, para valores maiores do que zero a assimetria é positiva, e conseqüentemente para valores menores do que zero a assimetria é negativa (Quadro 4).

Por último, a curtose representa a medida do achatamento da curva de distribuição granulométrica em relação a curva normal. Se a curva for mais achatada é classificada como platicúrtica, e se for mais cumprida é leptocúrtica. Os valores mais próximos de 0, representam as curvas mais próximas as curvas normais, mesocúrtica.

Quadro 4 – Escala de Folk e Ward (1957) para o grau de seleção.

Grau de Seleção	Valor
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente selecionado	0,50 a 0,1
Pobremente selecionado	0,1 a 2,0
Muito pobremente selecionado	2,0 a 4,0
Extremamente mal selecionado	> 4,00

Fonte: Adaptado de Dias (2004)

Quadro 5– Escala de Folk e Ward (1957) para a assimetria.

Assimetria	Valor
Assimetria muito negativa	-1,00 a -0,30
Assimetria negativa	-0,30 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: Adaptado de Dias (2004).

Quadro 6 – Escala de Folk e Ward (1957) para a curtose.

Curtose	Valor
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: Adaptado de Dias (2004).

Afim de determinar as características referentes à textura dos sedimentos encontrados, sua hidrodinâmica, e seu ambiente de deposição com o tipo de energia predominante, foram utilizados os diagramas de Shepard (1954) e Pejrup (1988). A classificação de Shepard, bastante utilizada nos trabalhos que aplicam análise textural dos sedimentos, é meramente descritiva e categoriza o material em relação a sua textura, sendo constituído de dez classes, sem se preocupar com características referentes a hidrodinâmica

O diagrama de Pejrup, no entanto, propõe uma classificação hidrodinâmica dos sedimentos, a partir principalmente da fração de areia presente e também da razão entre o silte e a argila. São quatro categorias, variando de hidrodinâmica baixa a muito alta. Sendo possível assim compreender os níveis energéticos atuantes na deposição dos sedimentos (DIAS, 2004).

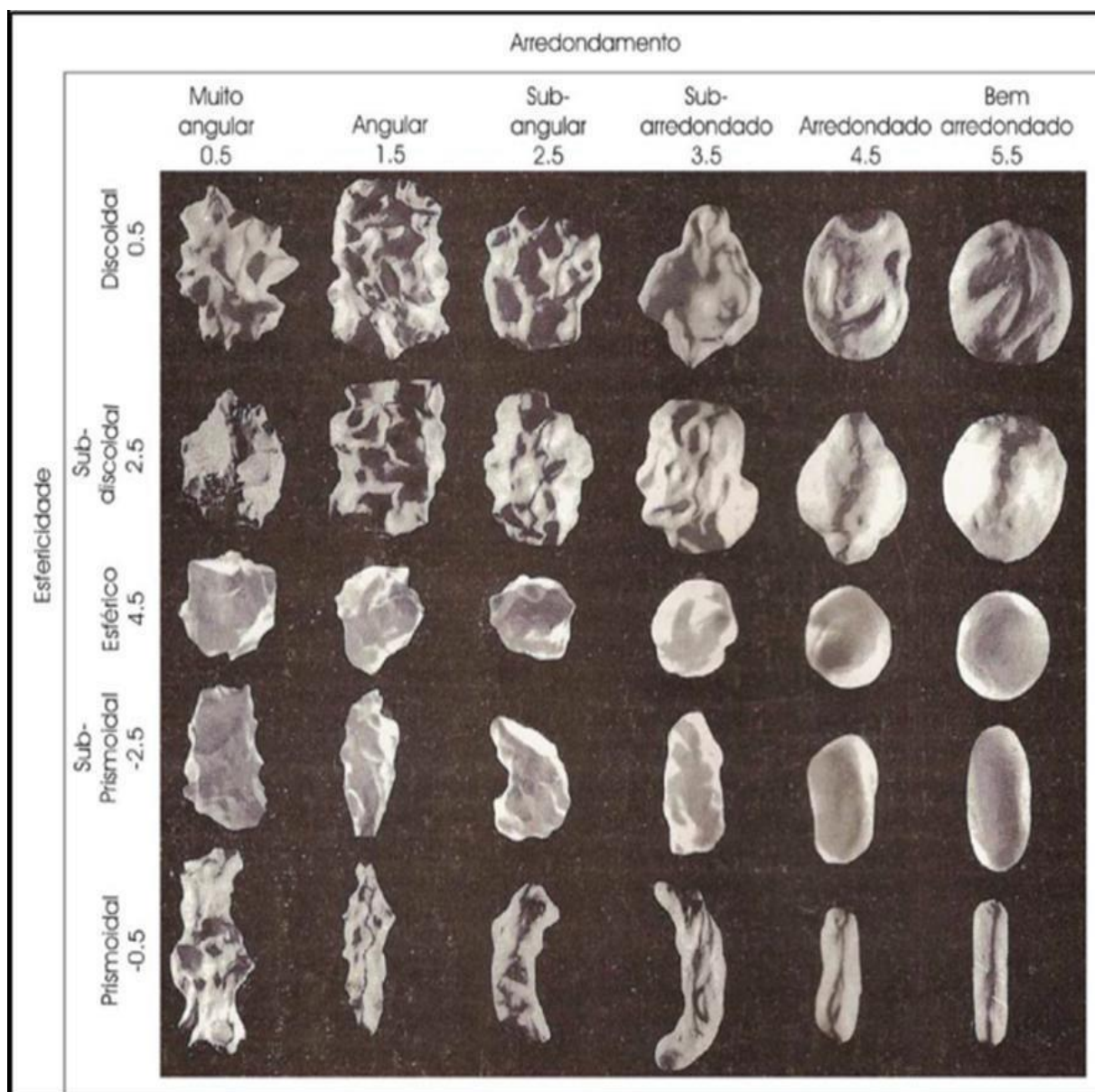
4.4.2 Morfoscopia

A análise morfoscópica consiste em examinar o grão quanto à sua forma, grau de arredondamento e sua esfericidade, textura (brilho, fosco e polido), opacidade (transparente e opaco) e composição mineralógica (material homogêneo ou heterogêneo).

Tais parâmetros morfométricos sendo, em parte, respostas ao meio e o modo de transporte, ajudarão na caracterização e interpretação dos diferentes tipos de ambientes em que foram transportados e depositados (LIMA, 2015).

Os parâmetros foram calculados de acordo com o procedimento descrito por Tucker (1995). Selecionou-se 100 grãos, de cada amostra coletada, na fração de 0,250mm, areia média, o material foi analisado na lupa binocular com zoom de 2x e 4x, e classificado de acordo com o seu grau de arredondamento e esfericidade, seguindo o diagrama de Tucker (Figura 16). A classificação para o grau de arredondamento está dividida em: muito angular (0,5), angular (1,5), sub-angular (2,5), sub-arredondado (3,5), arredondado (4,5) e bem arredondado (5,5). A esfericidade está distribuída em: esfericidade alta (0,5 até 4,5), esfericidade média (2,5) e baixa esfericidade (0,5). Os resultados foram expostos em tabelas afim de verificar as propriedades presentes em cada amostra.

Figura 16. Diagrama de Tucker (1995), com os diferentes graus de arredondamento e esfericidade.



Fonte: Retirado de Lima, 2015.

4.5 ASSINATURA GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

A assinatura geoquímica dos sedimentos consiste em uma análise química conjunta dos perfis de alteração, que permite através da concentração dos elementos

constituintes do perfil, o diagnóstico dos materiais de origem dos solos, bem como as alterações a que foram submetidas ao longo do seu desenvolvimento (CRUZ, 2006).

Afim de classificar as amostras coletadas quanto ao seu nível de intemperismo aferiu-se a assinatura geoquímica dos sedimentos utilizando a técnica de fluorescência de raio – X por energia dispersiva, para as 51 amostras coletadas nos dois perfis topográficos. Em termos de análises geoquímicas essa técnica destaca-se pela sua precisão e velocidade na obtenção dos dados, além de possibilitar o diagnóstico multielementar. O procedimento ocorreu no laboratório de Geomorfologia do Quaternário – GEQUA, na Universidade Federal de Pernambuco.

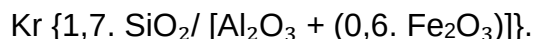
A fluorescência de raio-X consiste na agitação da amostra por um feixe primário oriundo de um tubo de raios X. Este feixe pode retirar elétrons das camadas eletrônicas internas. Logo, os elétrons das camadas externas preenchem essas vacâncias. Durante a reestruturação são expedidos feixes secundários de raio-X, radiação fluorescente, referentes à transição ocorrida e ao elemento. No aparelho, a radiação captada em função da sua energia e de sua intensidade é equivalente à concentração do elemento na amostra. Depois da calibração do instrumento é possível quantificar esses elementos (ZAMBELLO, 2001).

Com o objetivo de efetuar a análise foram separadas cerca de 10g de cada amostra, já quarteada e sem matéria orgânica. Foi utilizado nitrogênio líquido para o resfriamento do espectrômetro, o modelo utilizado foi EDX – 720. Após sua calibração os sedimentos foram examinados, obtendo-se assim as frações para os elementos maiores e elementos traços.

Trabalhos como o de Silva (2012), Cruz (2006) e Zambello (2001), demonstram que a identificação de elementos maiores como Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti e P. E de elementos traços, tipo Zr, Ba, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, S, Sr, V e Zn, podem significar sedimentos de origem in situ, ligados à rocha mãe, ou material transportado com características divergentes e ainda materiais que foram retrabalhados e possuem aspectos não esperados.

Além disso, foi empregado para cálculo do grau de intemperismo dos perfis os índices Ki e Kr, a partir das seguintes fórmulas, retiradas de Silva (2018):

$$K_i = (1,7. SiO_2/Al_2O_3)$$



4.6 GEOCRONOLOGIA DOS SEDIMENTOS POR LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE)

Os métodos de datação por luminescência abrangem uma gama de técnicas baseadas no acúmulo de cargas radioativas produzidas por uma população de elétrons aprisionados em minerais cristalinos. Estes métodos são capazes de estabelecer o período de tempo transcorrido desde que a população aprisionada de elétrons foi liberada pela última vez (CORRÊA, 2001).

Após a liberação, por radiação solar, o sinal do LOE é limitado a zero. Com a deposição os sedimentos passam a acumular elétrons novamente, os elétrons passar a ser aprisionados, juntando energia, devido ao efeito de radiação ionizante expedida pelo decaimento de rádio isótopos, presente no próprio depósito. Assim, a partir da medição dessas cargas em laboratório por meio da incidência de um sinal luminoso, é possível quantificar com clareza há quanto tempo o sedimento foi depositado, seja uma escala de dezenas de anos ou até mesmo milhares de anos (MELO, 2008).

A luminescência consiste na emissão de luz por elementos que foram anteriormente expostos à radiação ionizante e em seguida submetidos a um agente excitante. No caso da LOE, este agente é a luz. Para esta pesquisa foi utilizado o protocolo SAR (*single aliquot regenerative-dose*), este utiliza apenas uma alíquota para medida da luminescência natural, desviando a possível variação existente nessa medida, ao usar várias alíquotas. Para avaliar a qualidade de uma alíquota são feitos alguns testes nos grãos de quartzo, como: teste de capacidade da dose, variação de sensibilidade, presença de feldspato e de recuperação. A dose acumulada em uma amostra é definida pela média da dose acumulada em várias alíquotas, neste caso trabalhou-se com 10 alíquotas. Minimizando assim variações inerentes aos atributos de luminescência da amostra, melhorando a eficácia do protocolo SAR (MELLO, 2008).

O objetivo da técnica de datação é determinar uma cronologia dos eventos deposicionais ocorridos ao longo do Quaternário, visto que, este poderá estabelecer padrões desde eventos climáticos regionais de grande magnitude, até episódios erosivos recentes que manifestaram alterações nos padrões de uso do solo (BEZERRA et al, 2008; SILVA, 2013).

A coleta foi realizada em dois perfis estratigráficos utilizando tubos de ferro galvanizado, de 30cm de comprimento. Os tubos foram inseridos em pontos estratégicos, onde verificou-se mudanças nos gradientes do solo. Não havendo contato com a luz do sol, em seguida os canos foram recobertos com sacos plásticos da cor preta e embalados para análise. O procedimento ocorreu na empresa Datação, Comércio & Serviços – Ltda, em São Paulo – SP, foram encaminhadas cinco amostras no total, duas pertencem ao colúvio do Preguiçoso e três pertencem ao colúvio do Fórum.

4.7 DELIMITAÇÃO DOS LINEAMENTOS DE RELEVO

De acordo com a definição de Hobbs (1912, *apud* VENEZIANNI, 1987), os lineamentos representam:

As relações espaciais de feições tais como cristas, bordas de áreas elevadas, alinhamentos de contatos geológicos ou tipos retrográficos, ravinas ou vales e, de fraturas ou zonas de falhas visíveis como tais.

O autor afirma ainda que os lineamentos são um indicativo de feições definidas por alinhamentos de relevo e drenagem. E ainda, de acordo com Billings (1947), são feições estruturais como falhamentos que pode ter apresentado mais de um tipo de movimento.

Assim, pode-se entender que a análise dos lineamentos é importante na compreensão das estruturas geológicas que controlam a área de estudo, seja em relação ao controle da drenagem, por meio da sua reativação ao longo do tempo, ou de feições geomorfológicas. A definição dos lineamentos de relevo ocorreu no software ArcGis 10.3, por meio da ferramenta Hillshade, que possibilita a incidência de diferentes ângulos de luz solar sobre a topografia. Proporcionando a visualização de lineamentos para os ângulos de 45°, 90°, 315° e 360°. A imagem de satélite utilizada foi a Alos Palsar com resolução de 12,5m.

Em seguida foram traçados os lineamentos a partir da observação de feições retilíneas para os diferentes ângulos. Com disposição de todos os lineamentos foi feito

um mapa, ainda no Arcgis, utilizando como base a imagem raster da área de estudo, onde foram inseridas as shapefiles com os diferentes ângulos dos fotolineamentos.

Os diagramas de roseta foram gerados no software Spring 5.5, foram confeccionados diagramas para o comprimento absoluto dos fotolineamentos nos ângulos 45°, 90°, 315° e 360°, e o mesmos ângulos para a elaboração dos diagramas de frequência absoluta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das análises dos fotolineamentos do relevo, análises sedimentológicas e análises dos dados geoquímicos e geocronológicos para os dois perfis estratigráficos escolhidos. Além de discutir e correlacionar as informações existentes afim de caracterizar a dinâmica processual da área.

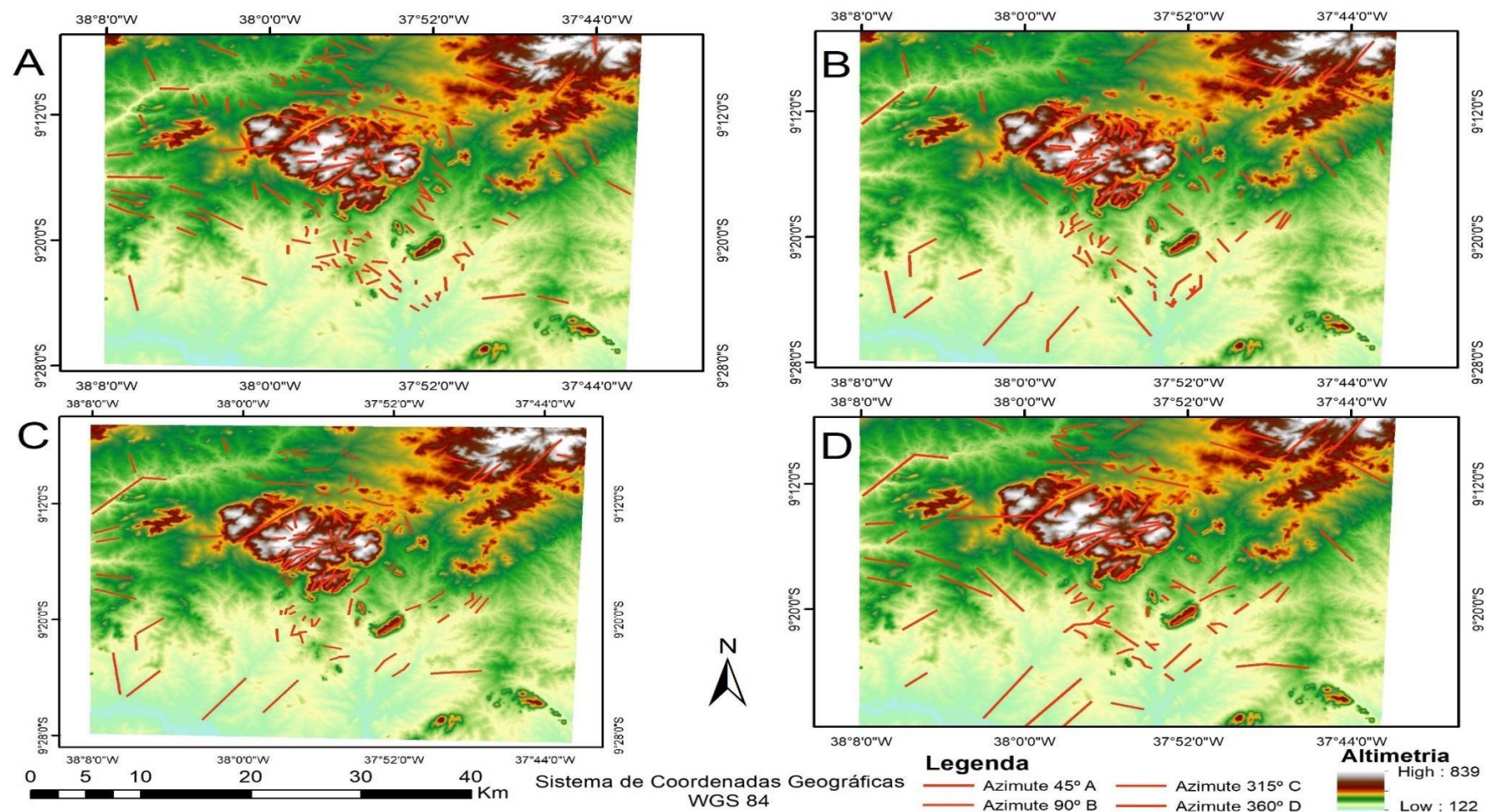
5.1 ANÁLISE DOS LINEAMENTOS DO RELEVO

As análises dos fotolineamentos demonstraram que ocorrem na área segmentos retilíneos com extensões quilométricas (Figura 17). Nos dados de frequência absoluta (número de lineamentos), as direções preferenciais para o azimute de 45° foram WNW-ESE, NNW-SSE (Figura 18). Já no azimute de 90° as principais direções foram NNE-SSW, NE-SW e NNW-SSE. No azimute de 315° os maiores números de lineamentos ocorreram no sentido NE-SW, NNE-SSW e NNW-SSE. Para o azimute de 360° obteve-se os sentidos NE-SW, NNE-SSW, ENE-WSW e novamente NNW-SSE.

Percebeu-se uma predominância de lineamentos na direção NE-SW, que estão inseridos principalmente na área do plúton de Água Branca, e no relevo correspondem a áreas de vales estreitos com feições retilíneas, tendo muitas vezes um contato brusco com a encosta. Essa direção também está associada à presença de um inselberg localizado ao sul do maciço (Figura 17). Além de obedecer à direção dos principais lineamentos presentes no Planalto da Borborema, a direção corresponde ainda a um traço de uma falha presente na borda do maciço.

Os lineamentos muitas vezes também ocorrem nas áreas que correspondem às bordas do maciço, nas direções ENE-WSW, NNE-SSW e NNW-SSE. Ademais, os que ocorrem na direção NNE-SSW, podem estar relacionados com uma falha a leste do maciço no contato com a depressão sertaneja. De uma maneira geral, é possível constatar que o relevo de Água Branca, e seu entorno, está condicionado pela existência dos lineamentos, sejam eles nas áreas de vales, cristas, bordas do maciço ou associados às zonas de falhas.

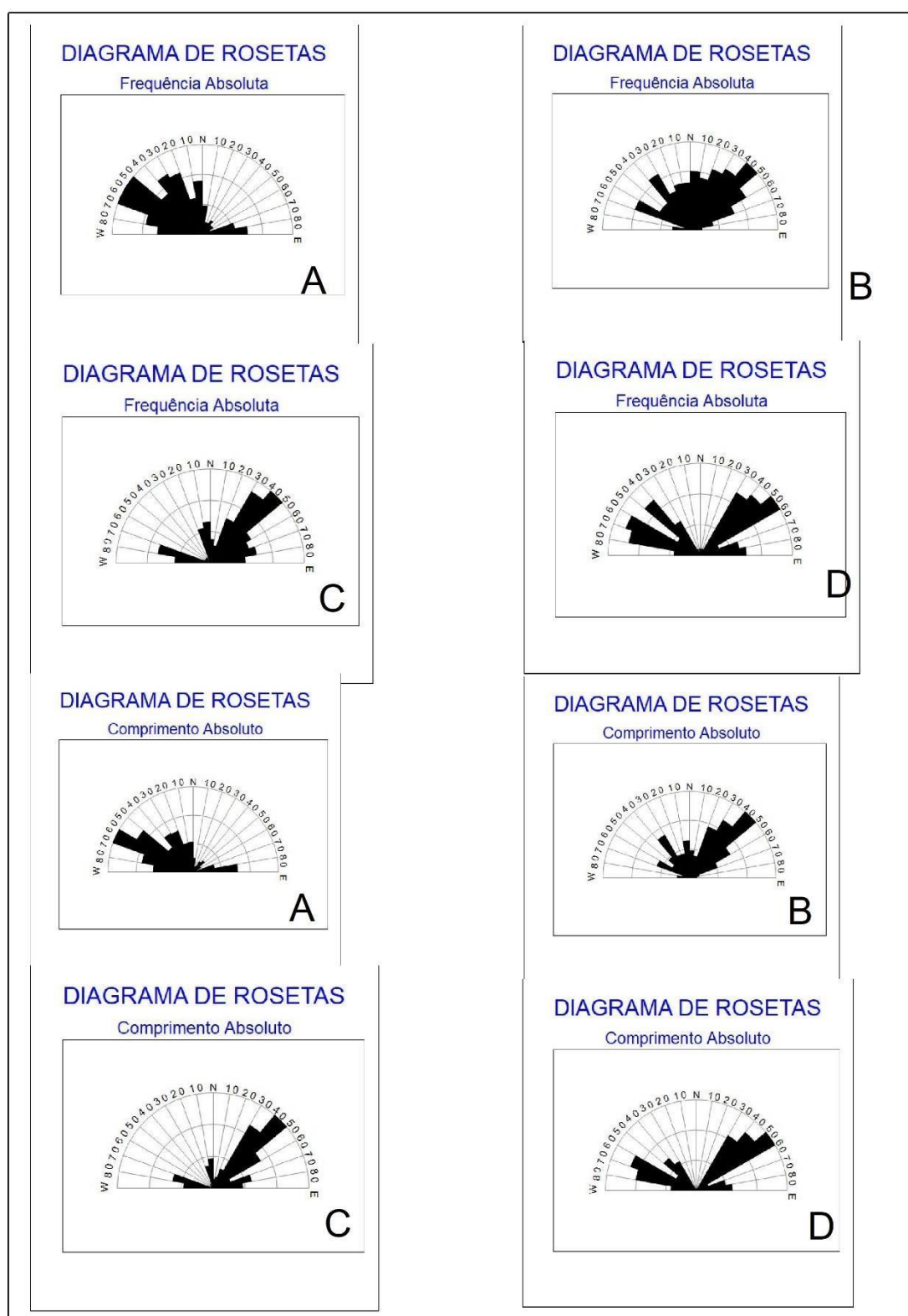
Figura 17 - Fotolineamentos para os azimutes de iluminação 45° (A), 90° (B), 315° (C) e 360° (D).



Fonte: Autora, 2019.

Figura 18 – Rosetas com frequência absoluta e comprimento absoluto dos fotolineamentos.

A – Azimute de 45°, B – Azimute de 90°, C – Azimute de 315° e D – Azimute de 360°.



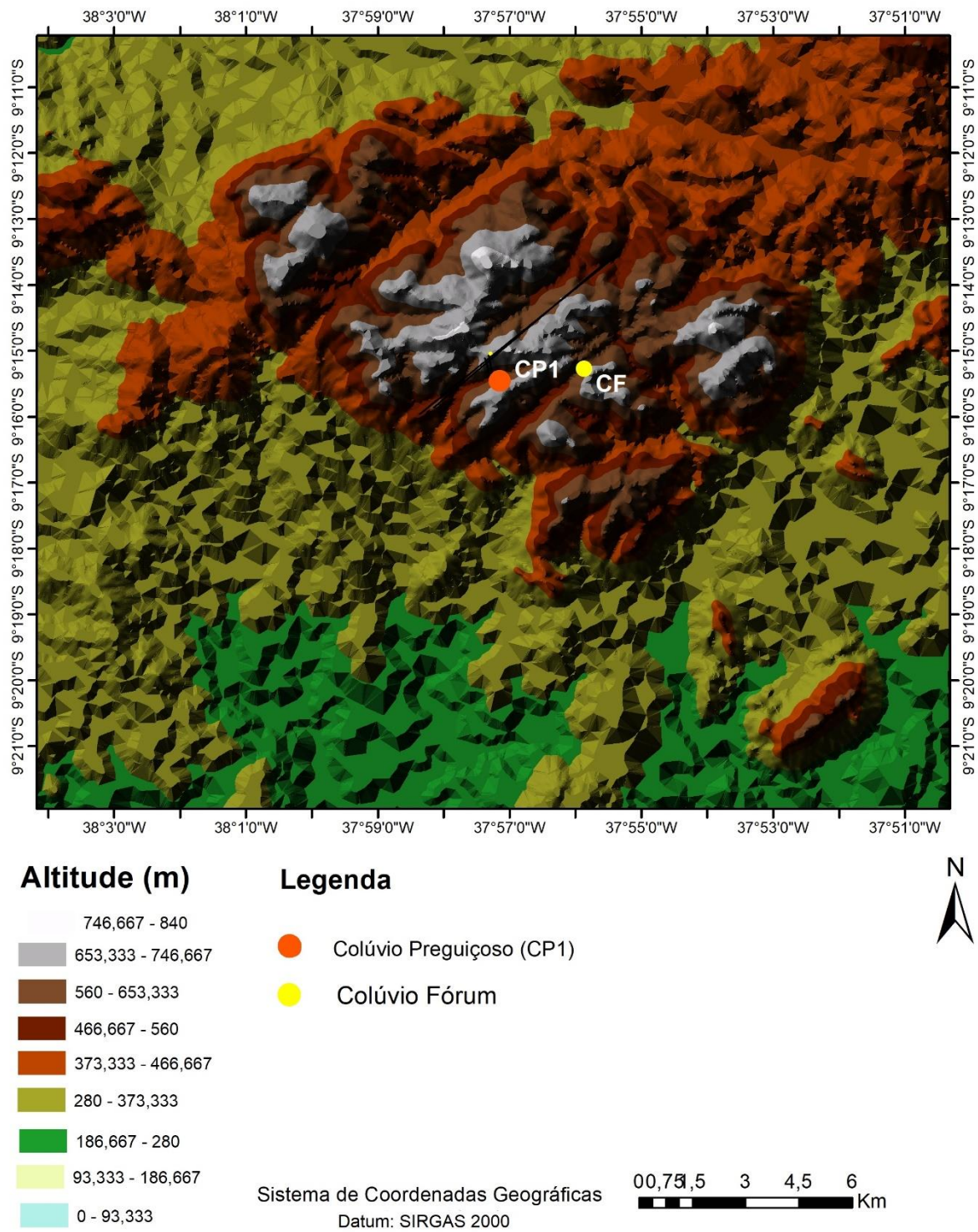
Fonte: Autora, 2019.

5.2 PONTOS DE COLETA

Durante os trabalhos de campo foram visitados diferentes setores do maciço da Serra de Água Branca (cimeiras, encostas e plainos aluviais), com o objetivo de compreender a dinâmica geomorfológica da área e também afim de definir os pontos de coleta. Nesse sentido, foram escolhidos dois perfis estratigráficos, marcados por depósitos coluviais (Figura 19).

O primeiro ponto (Figura 20) corresponde a um depósito coluvial, localizado na cimeira do maciço, a 728m de altitude, sobre uma paleo concavidade que permitiu a retenção dos sedimentos. Em alguns pontos é possível verificar o contato direto dos sedimentos com a rocha mãe. O segundo ponto (Figura 21) está situado no baixo setor de uma encosta íngreme, a aproximadamente 600m de altitude, em uma abertura recuada alguns metros da estrada. Esse depósito coluvial apresentou continuidade lateral ao longo da encosta e contato brusco visível com a rocha mãe. Em todas as coletas foram aproveitados cortes de estradas e a presença de barrancos, sendo necessário apenas a limpeza superficial do perfil.

Figura 19 – Mapa dos pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2019.

Figura 20 - Colúvio do Sítio Preguiçoso.



Figura 21 – Colúvio Fórum de Água Branca.



Fonte: Autora, 2018.

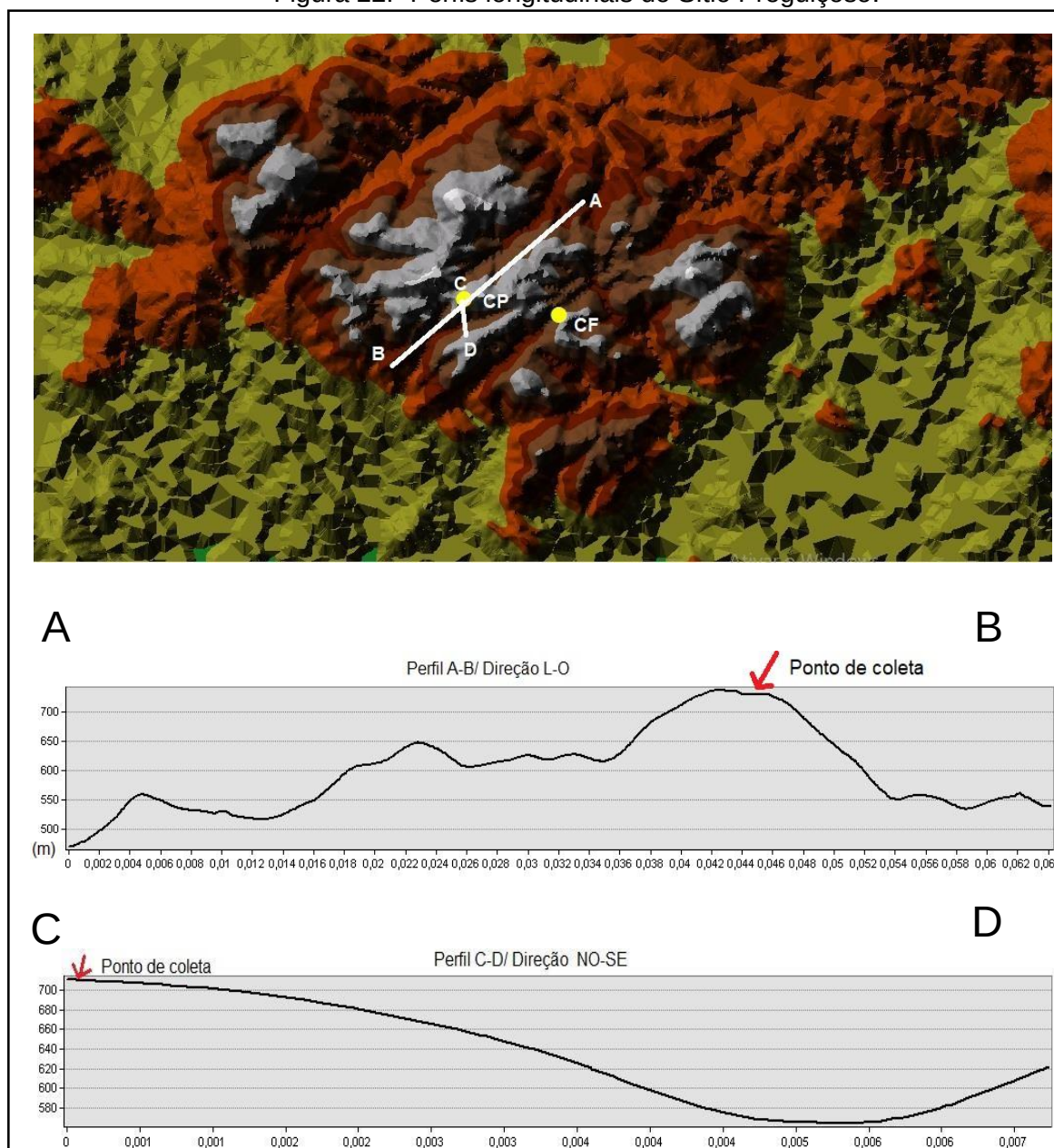
5.2.1 Perfil estratigráfico do Sítio Preguiçoso

Nesse perfil foram coletadas 20 amostras para as análises sedimentológicas e geoquímicas. O perfil tem 2 metros de altura e representa uma rampa coluvial delgada. Os sedimentos foram retidos no local devido a uma paleo-concavidade presente no relevo, ao percorrer a área percebe-se que o depósito apresenta profundidade que varia entre 2m e 2,5m, duas amostras foram coletas para datação. O perfil está localizado na cimeira do maciço, com topo ondulado, a 728m de altitude, nas coordenadas -9°, 15', 02'' e -37°, 57'39''.

No perfil longitudinal A-B (Figura 22) é possível observar o ponto de coleta no sentido leste-oeste. No extremo leste ocorre o nível de base local, à medida em que

aparecem as colinas com encostas que possuem setores côncavos, retilíneos e convexos, até chegar na cimeira dissecada com topo ondulado. Pode-se perceber também no ponto de coleta, a concavidade existente que permitiu a acomodação dos sedimentos. No perfil C-D, já na direção nordeste-sudoeste, percebe-se o ponto de coleta em relação à encosta convexa, com o nível de base a menos de 580m.

Figura 22.- Perfis longitudinais do Sítio Preguiçoso.



Fonte: Autora, 2019

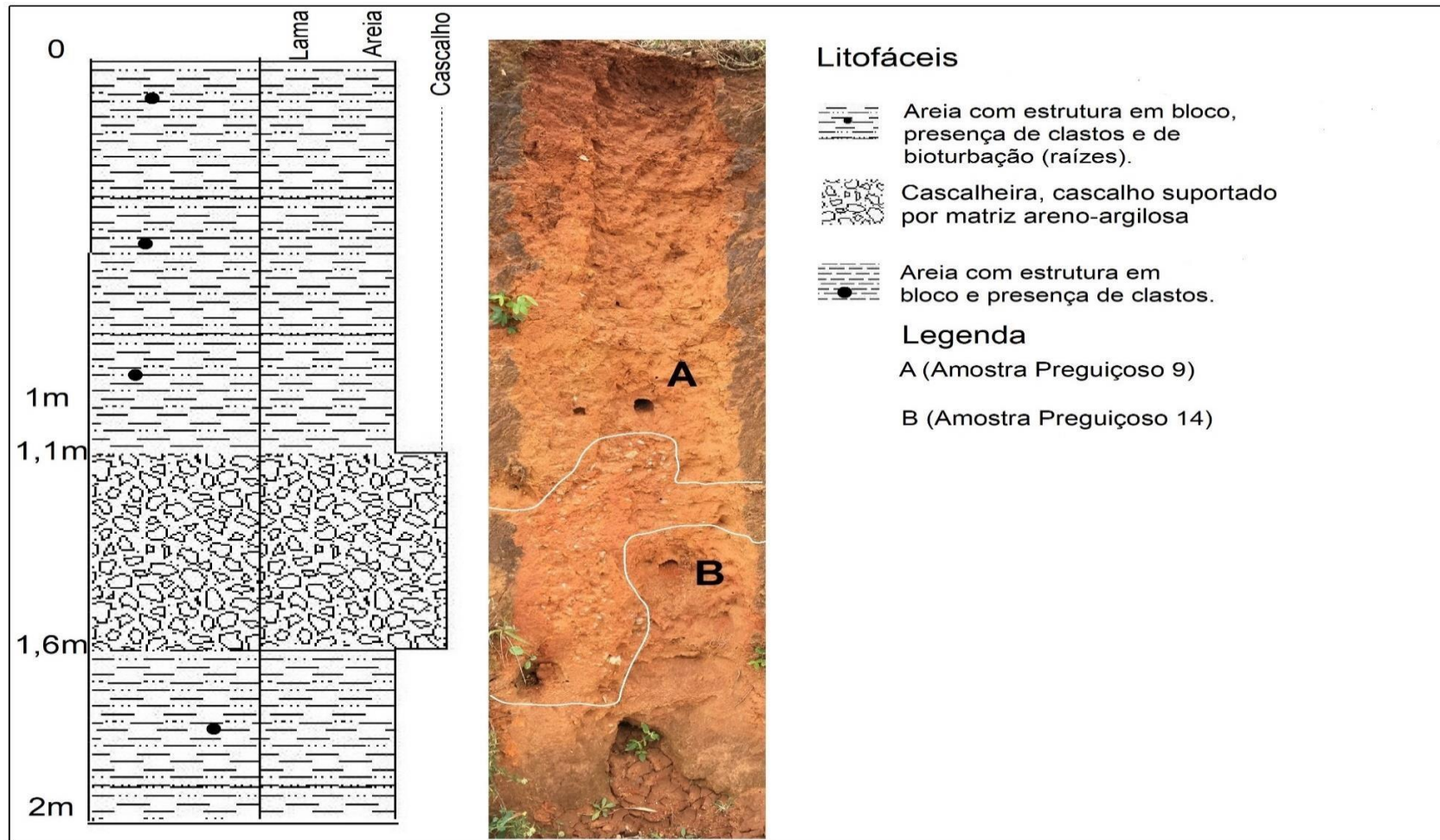
O perfil foi dividido em três litofáceis (Figura 23), de acordo com as suas diferenciações morfoestratigráficas. A base possui 40cm de espessura e é marcada

pela presença de poucos clastos soltos na fração grânulo, bioturbação por raízes, e granulometria variando de areia a silte grosso com estrutura em blocos. Há o predomínio das frações areia grossa, areia média e areia muito fina (Quadro 7). A tabela, referente às frações granulométricas encontradas no perfil, está organizada do topo para a base, de modo que a amostra Preguiçoso 1 representa o topo e consequentemente, a amostra Preguiçoso 20, representa a base.

A camada intermediária está representada pela cascalheira matriz suportada, presumivelmente formada pelo processo de fluxo de detritos. A partir dos perfis abertos foi verificado que a sua extensão lateral não é significativa. A fração dos clastos encontrados varia de grânulo a seixo ou calhau. No que diz respeito à granulometria, as amostras correspondentes à cascalheira são as Preguiçoso 10, 11, 12, 13, 14 e 15. Essas possuem as maiores proporções da fração grânulo (Quadro 7). A morfologia da cascalheira não é uniforme, a sua margem esquerda é mais profunda do que a margem direita, como é possível verificar na figura 23. Isso justifica o fato de uma das coletas da geocronologia ter sido realizada na amostra 14.

A parte superior apresenta composição arenosa com praticamente 1m de espessura, possui também clastos soltos no perfil na fração grânulo e seixo, e a presença de bioturbação por raízes. Em campo não foi possível identificar descontinuidades litológicas marcantes nessa camada. Supõe-se que a mesma foi formada por uma sucessão de fluxos de lama. No tocante à granulometria predominam as frações areia grossa, areia média e areia muito fina. A grande variação de frações granulométricas demonstra que os sedimentos são mal selecionados.

Figura 23. Perfil Estratigráfico, Sítio Preguiçoso.



Fonte: Autora, 2019.

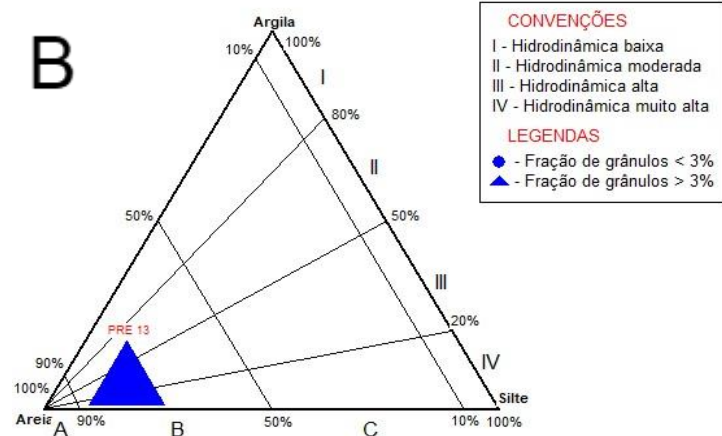
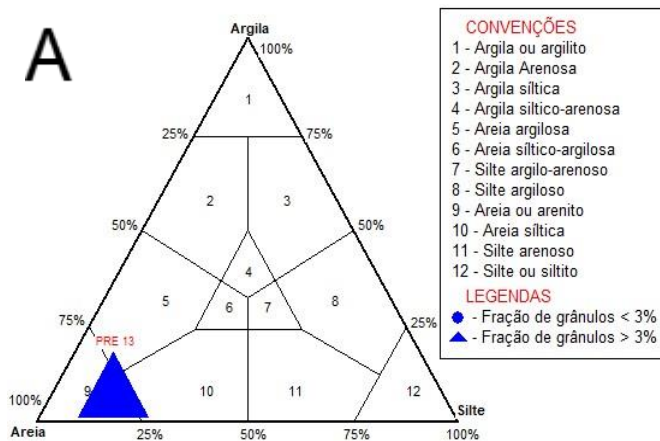
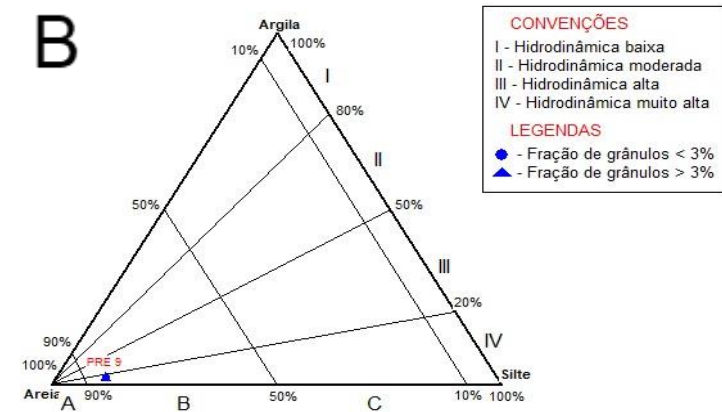
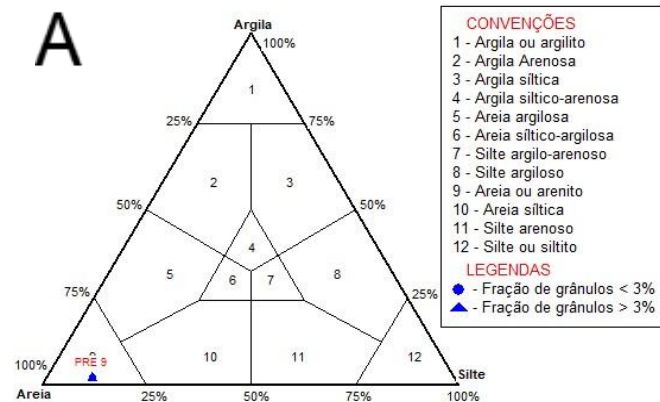
Quadro 7 – Resultado da granulometria para o perfil Sítio Preguiçoso.

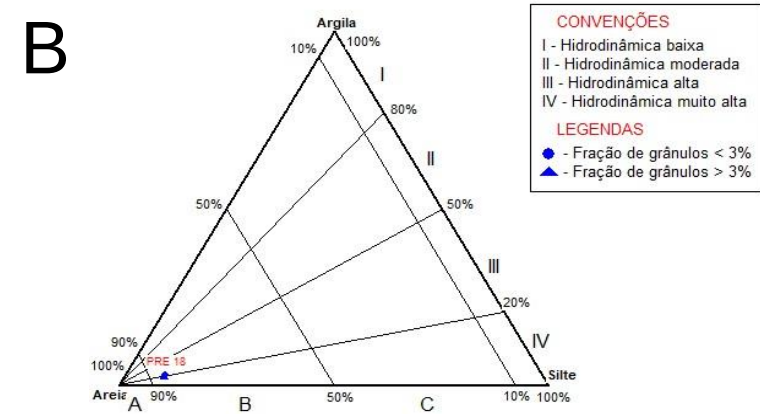
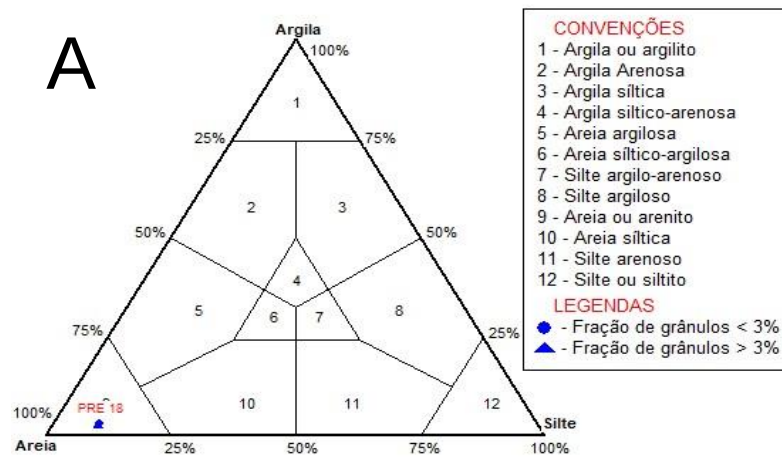
Amostra	Grânulo	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte grosseiro	Argila grosseira
Preguiçoso 1	1,005	3,795	7,912	10,134	3,943	11,158	4,893	4,14
Preguiçoso 2	2,145	3,48	5,933	8,021	3,338	9,913	4,272	3,97
Preguiçoso 3	1,911	3,45	6,648	8,865	3,764	9,339	4,313	3,615
Preguiçoso 4	0,83	3,084	5,941	7,792	3,266	9,858	4,042	4,515
Preguiçoso 5	0,994	3,04	6,123	8,355	3,352	9,502	5,397	4,735
Preguiçoso 6	1,788	3,308	6,327	8,412	3,525	10,04	4,536	1,945
Preguiçoso 7	1,03	2,764	5,978	8,651	3,636	10,687	4,495	2,805
Preguiçoso 8	1,344	3,289	6,495	8,982	3,738	10,623	4,889	3,335
Preguiçoso 9	0,991	3,068	6,395	9,066	2,76	10,994	4,994	2,875
Preguiçoso 10	2,823	3,344	6,467	9,075	3,733	11,676	4,527	5,295
Preguiçoso 11	4,41	3,352	5,843	8,6	3,812	10,448	4,968	3,89
Preguiçoso 12	7,792	3,43	5,892	8,397	3,706	10,262	4,786	9,315
Preguiçoso 13	8,731	3,658	6,363	8,775	3,619	9,47	5,013	3,455
Preguiçoso 14	1,911	4,027	8,081	10,512	4,151	10,124	4,896	3,53
Preguiçoso 15	4,607	3,196	6,428	8,759	3,828	10,051	4,463	2,925
Preguiçoso 16	0,811	2,826	5,686	7,828	3,302	9,73	4,548	2,945
Preguiçoso 17	2,352	3,718	7,129	9,113	3,356	8,881	3,747	0,765
Preguiçoso 18	0,913	4,338	7,022	8,872	3,734	9,211	4,07	3,815
Preguiçoso 19	1,255	4,567	7,783	7,053	3,857	9,563	4,173	3,605
Preguiçoso 20	1,426	4,395	7,6	9,307	3,586	8,862	3,702	6,21

Fonte: Autora, 2019.

A partir das três camadas identificadas na morfoestratigrafia, foram elaborados os diagramas de Shepard e Pejrup (Figura 24). Nesse sentido, os diagramas foram feitos para as amostras, preguiçoso 9, 13 e 18. A amostra 13 foi escolhida, ao invés da 14 referente à datação, por melhor representar a cascalheira presente, já que a fração grânulo nessa amostra mostrou-se bastante significativa. As amostras 9 e 18 representam as amostras coletadas para a geocronologia. Sendo que a amostra 18 apesar de ter sido coletada não foi enviada para datação.

Figura 24 – “A” Diagramas de Shepard (1954) e “B” Pejrup (1988), para as amostras Preguiçoso 9,13 e 18, respectivamente.





Fonte: Autora, 2019.

O diagrama de Shepard possibilita a descrição das características texturais dos sedimentos. Nesse sentido, a partir dos resultados encontrados percebeu-se que em todas as amostras do perfil predominam a textura arenosa. No tocante ao diagrama de Pejrup, as amostras possuem hidrodinâmica alta a muito alta, revelando um regime energético intenso que condicionou a deposição do material, que pode ser característico de eventos climáticos de alta intensidade e baixa recorrência, ou eventos extremos.

A mesma regra da tabela, referente à granulometria, se aplica à tabela da morfoscopia, onde as primeiras amostras correspondem ao topo e as últimas à base do perfil. Assim, os resultados (Quadro 8) demonstraram que as classes que aparecem na esfericidade são prismoidal, sub-prismoidal, esférico e subdiscoidal. Sendo a maior parte dos sedimentos de alta (sub-prismoidal e subdiscoidal) e média (esférico) esfericidade. Com relação ao arredondamento estão presentes as classes: muito angular, angular, sub-angular e subarredondado, sendo que o maior número de grãos está entre angular e sub- angular.

As características predominantes são típicas de sedimentos que foram pouco trabalhados em seu transporte, evidenciando um curto deslocamento e a proximidade do material de sua área fonte. As variações presentes nas classes de esfericidade e arredondamento revelam ainda que os grãos são heterogêneos quanto à sua forma. No que concerne à mineralogia, os minerais em evidência são o feldspato e o quartzo. Na camada mais próxima ao topo do perfil, aparecem algumas amostras com muscovita, enquanto na camada intermediária, referente à cascalheira, assim como na camada mais próxima à base, ocorrem algumas amostras com biotita.

Em relação à opacidade, maioria dos grãos são opacos e apresentam textura fosca, com exceção da maior parte dos grãos de quartzo presentes nas camadas formadas pelo fluxo de lama e pelo fluxo de detritos. Esses sedimentos exibem textura brilhante, são transparentes, com grau de arredondamento variando entre angular e sub-angular. Em cerca de 80% dos grãos de quartzo encontrados o grau de esfericidade é sub-prismoidal, sendo esférico nos demais grãos, indicando que os sedimentos sofreram curto transporte.

Quadro 8 – Resultado da morfoscopia para o perfil Preguiçoso.

Amostras	Esfericidade	Arredondamento	Textura	Opacidade	Distribuição	Mineralogia
Preguiçoso 1	61% Sub-Prismoidal 13% Esférico 26% Sub-Discoidal	8% Muito angular 50% Angular 42% Sub-Angular	5% Brilhante 95% Fosca	5% Transparente 95% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 2	80% Sub-Prismoidal 20% Sub-Discoidal	40% Angular 55% Sub-Angular 5% Sub-Arredondado	3% Brilhante 97% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 3	58% Sub-Prismoidal 11% Esférico 31% Sub-Discoidal	54% Angular 42% Sub-Angular 4% Sub-Arredondado	3% Brilhante 97% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 4	29% Sub-Prismoidal 34% Esférico 37% Sub-Discoidal	2% Muito angular 39% Angular 59% Sub-Angular	9% Brilhante 91% Fosca	9% Transparente 91% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 5	34% Sub-Prismoidal 43% Esférico 23% Sub-Discoidal	7% Muito angular 48% Angular 43% Sub-Angular 2% Sub-Arredondado	11% Brilhante 89% Fosca	11% Transparente 89% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 6	63% Sub-Prismoidal 8% Esférico 29% Sub-Discoidal	42% Angular 58% Sub-Angular	7% Brilhante 93% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Moscovita Feldspato Quartzo
Preguiçoso 7	64% Sub-Prismoidal 36% Sub-Discoidal	39% Angular 61% Sub-Angular	20% Brilhante 80% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Moscovita Feldspato Quartzo
Preguiçoso 8	6% Prismoidal 44% Sub-Prismoidal 25% Esférico 25% Sub-Discoidal	10% Muito angular 44% Angular 42% Sub-Angular 4% Sub-Arredondado	7% Brilhante 93% Fosca	5% Transparente 95% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 9	59% Sub-Prismoidal 12% Esférico 25% Sub-Discoidal	7% Muito angular 47% Angular 46% Sub-Angular	8% Brilhante 92% Fosca	6% Transparente 94% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 10	2,5% Prismoidal 62,5% Sub-Prismoidal 32,5% Esférico 2,5% Sub-Discoidal	8% Muito angular 45% Angular 45% Sub-Angular 2,5% Sub-Arredondado	20% Brilhante 80% Fosca	10% Transparente 90% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 11	30% Sub-Prismoidal 30% Esférico 40% Sub-Discoidal	2% Muito angular 23% Angular 72% Sub-Angular 3% Sub-Arredondado	30% Brilhante 70% Fosca	30% Transparente 70% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 12	64% Sub-Prismoidal 16% Esférico 20% Sub-Discoidal	4% Muito angular 56% Angular 40% Sub-Angular	4% Brilhante 96% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo

Preguiçoso 13	2% Prismoidal 51% Sub-Prismoidal 21% Esférico 26% Sub-Discoïdal	2% Muito angular 30% Angular 63% Sub-Angular 5% Sub-Arredondado	6% Brilhante 94% Fosca	6% Transparente 94% Opaco	Heterogênea	Biotita Feldspato Quartzo
Preguiçoso 14	3% Prismoidal 57% Sub-Prismoidal 19% Esférico 21% Sub-Discoïdal	5% Muito angular 62% Angular 33% Sub-Angular	30% Brilhante 70% Fosca	30% Transparente 70% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 15	47% Sub-Prismoidal 21% Esférico 32% Sub-Discoïdal	12% Muito angular 42% Angular 44% Sub-Angular 2% Sub-Arredondado	7% Brilhante 93% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 16	65% Sub-Prismoidal 9% Esférico 26% Sub-Discoïdal	2% Muito angular 45% Angular 51% Sub-Angular 2% Sub-Arredondado	5% Brilhante 95% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Biotita Feldspato Quartzo
Preguiçoso 17	49% Sub-Prismoidal 11% Esférico 40% Sub-Discoïdal	42% Angular 58% Sub-Angular	5% Brilhante 95% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 18	65% Sub-Prismoidal 6% Esférico 29% Sub-Discoïdal	4% Muito angular 39% Angular 57% Sub-Angular	8% Brilhante 92% Fosca	8% Transparente 92% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Preguiçoso 19	62% Sub-Prismoidal 16% Esférico 22% Sub-Discoïdal	4% Muito angular 36% Angular 60% Sub-Angular	5% Brilhante 95% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Preguiçoso 20	53% Sub-Prismoidal 16% Esférico 31% Sub-Discoïdal	13% Angular 87% Sub-Angular	5% Brilhante 95% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo

Fonte: Autora, 2019.

5.2.2 Discussão acerca dos dados sedimentológicos, parâmetros de Folk e Ward e dados geocronológicos no perfil Preguiçoso.

Os parâmetros de Folk e Ward (1957) utilizados para a caracterização dos sedimentos foram o grau de seleção, a assimetria e a curtose. O resultado do grau de seleção dos sedimentos, para todas as amostras do perfil, variou de 1,57 até 2,1. De acordo com a tabela de classificação apresentada na metodologia, as amostras desse perfil estão classificadas como pobremente selecionadas (0,1 a 2,0) e muito pobremente selecionadas (2,0 a 4,0), o que previamente fora observado a partir dos dados da granulometria, que demonstraram grande variação no intervalo de tamanho dos grãos.

No caso da assimetria, os valores são positivos caso haja concentração da população de partículas finas, e negativos se esse crescimento relativo se der para as partículas grosseiras. Em relação ao perfil Preguiçoso, os valores da assimetria

variaram entre -0,15 até 0,08, entre as vinte amostras do perfil, abrangendo a classificação de aproximadamente simétrica e assimetria negativa. Em uma análise por camadas, a camada basal está categorizada como aproximadamente simétrica, possuindo valores positivos para as amostras preguiçoso 17 a 20, e negativo para a amostra preguiçoso 16.

A camada referente ao fluxo de detrito (Preguiçoso 10 a 15), possui valores negativos, com exceção da amostra preguiçoso 14, indicando o enriquecimento em partículas grosseiras, o que pode ser ratificado na tabela das frações granulométricas. Nesse sentido, ocorre o indício de que maioria dos sedimentos finos dessa camada foram carregados pelo escoamento.

Na camada referente aos fluxos de lama (Preguiçoso 1 a 9), a maioria dos valores são positivos, apenas duas amostras possuem valores negativos (Preguiçoso 2 e 7), classificando a camada como aproximadamente simétrica, acercando os seus sedimentos do enriquecimento de partículas finas. Mais uma vez, a afirmativa pode ser validada na tabela das frações granulométricas.

No que diz respeito à curtose, os valores das amostras do perfil variaram de 0,74 a 0,93. A amostra 9, camada do topo, teve valor de 0,93 sendo classificada como mesocúrtica, com curva de distribuição mais próxima à curva normal, representando menor variedade de frações granulométricas, com menor concentração de grossos, e maior concentração dos finos.

A amostra Preguiçoso 13, referente ao fluxo de detrito, apresentou valor de 0,80, categorizada como platicúrtica com curva de distribuição achatada. A amostra Preguiçoso 18, camada mais próxima à base, também foi agrupada como platicúrtica, possuindo maior variedade das frações granulométricas, e maior concentração de grossos, o que sugere, processos de lavagem superficial dos sedimentos finos. Tal fato foi detectado em um primeiro momento, na camada do fluxo de detritos, ao apresentar assimetria negativa, com maior expressão na curva de distribuição granulométrica dos percentis 5 a 16.

A geocronologia foi realizada nas amostras, Preguiçoso 9 com profundidade de 0,97 cm, correspondendo à camada formada pelo fluxo de lama ou evento pós-cascalheira, de idade $3\,400 \pm 310$ anos antes do presente, e na amostra 14, à profundidade de 1,4 m, com idade de $10\,200 \pm 880$ anos AP.

5.2.3 Perfil estratigráfico Fórum de Água Branca

Situado na baixa encosta a 613m de altitude, nas coordenadas - 9° 15' 27" e - 37° 55' 85", o perfil está recuado aproximadamente 10m da estrada, por uma abertura realizada no local. Possui 5,10m de espessura, sendo 3,10m de colúvio e 2,0m de saprólito in situ. O perfil longitudinal A-B foi traçado a partir da cimeira, a mais de 680m de altitude até o seu ponto mais baixo a 580m (Figura 25). Está localizado no setor da encosta dissecada, que funciona como um local que armazena sedimentos, e que também os perde para o compartimento com menores altitudes à jusante.

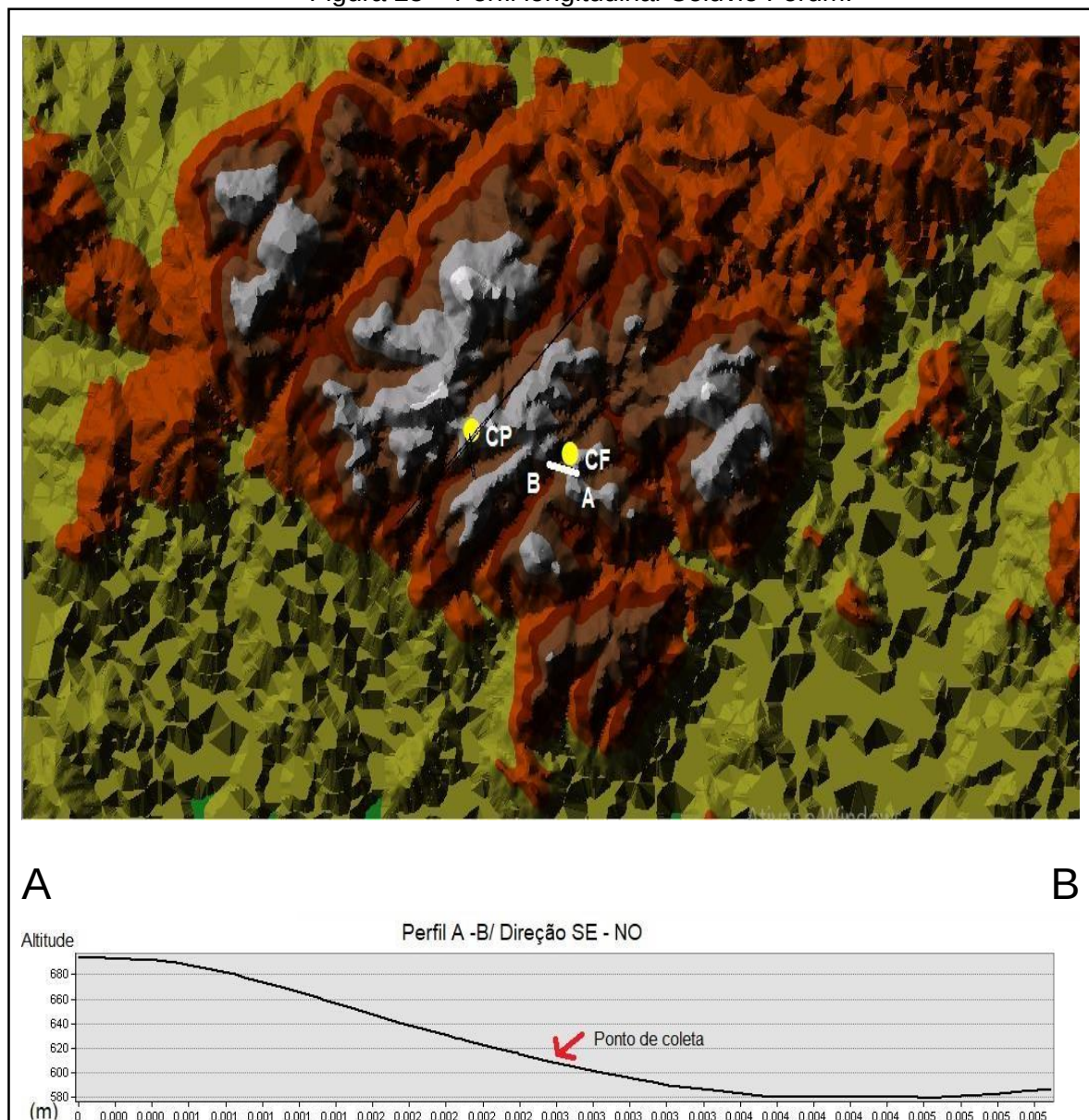
Trata-se do perfil de maior espessura analisado. Apesar disso não foi possível verificar em campo o limite do contato com a rocha mãe. Está é um material sem expressivas discontinuidades estratigráficas, com textura arenosa, presumivelmente formado por sucessivos fluxos de lama sobrepostos (Figura 26). Com base nos resultados das análises sedimentológicas e principalmente da geocronologia, o perfil foi dividido em três camadas, a camada da base, possui em média 40cm de espessura, é caracterizada pelas maiores quantidades de areia (Quadro 9), o que pode indicar o controle parental da rocha. Ocorrem também clastos, na fração grânulo, e a presença de bioturbação por raízes. Esta é a camada menos avermelhada do perfil.

A camada intermediária, com 90 cm de espessura, apesar de ter a coloração mais avermelhada, é muito semelhante à camada da base, e também possui clastos soltos na fração grânulo e bioturbação por raízes, além de uma menor quantidade de areia. Essa camada reflete um ambiente de hidrodinâmica alta a muito alta, sinalizando um fluxo de alta energia responsável pela deposição desses materiais.

A camada do topo, com 160 cm de espessura, apresenta o maior número de clastos soltos, além das maiores dimensões, variando entre grânulo e seixo, chegando a clastos com 8cm de comprimento, caracterizando um fluxo de alta energia e maior viscosidade, capaz de carrear fenoclastos maiores, o que se reflete na análise de sua hidrodinâmica. É ainda a camada mais avermelhada do perfil, e a que possui as menores quantidades de areia, o que leva a entender que nessa camada ocorre um menor controle parental da rocha.

Os sedimentos depositados ao longo desse perfil podem integrar material oriundo de mantos de alteração assim como de depósitos coluviais que revestiam outros pontos da encosta e que foram modificados ao longo do tempo.

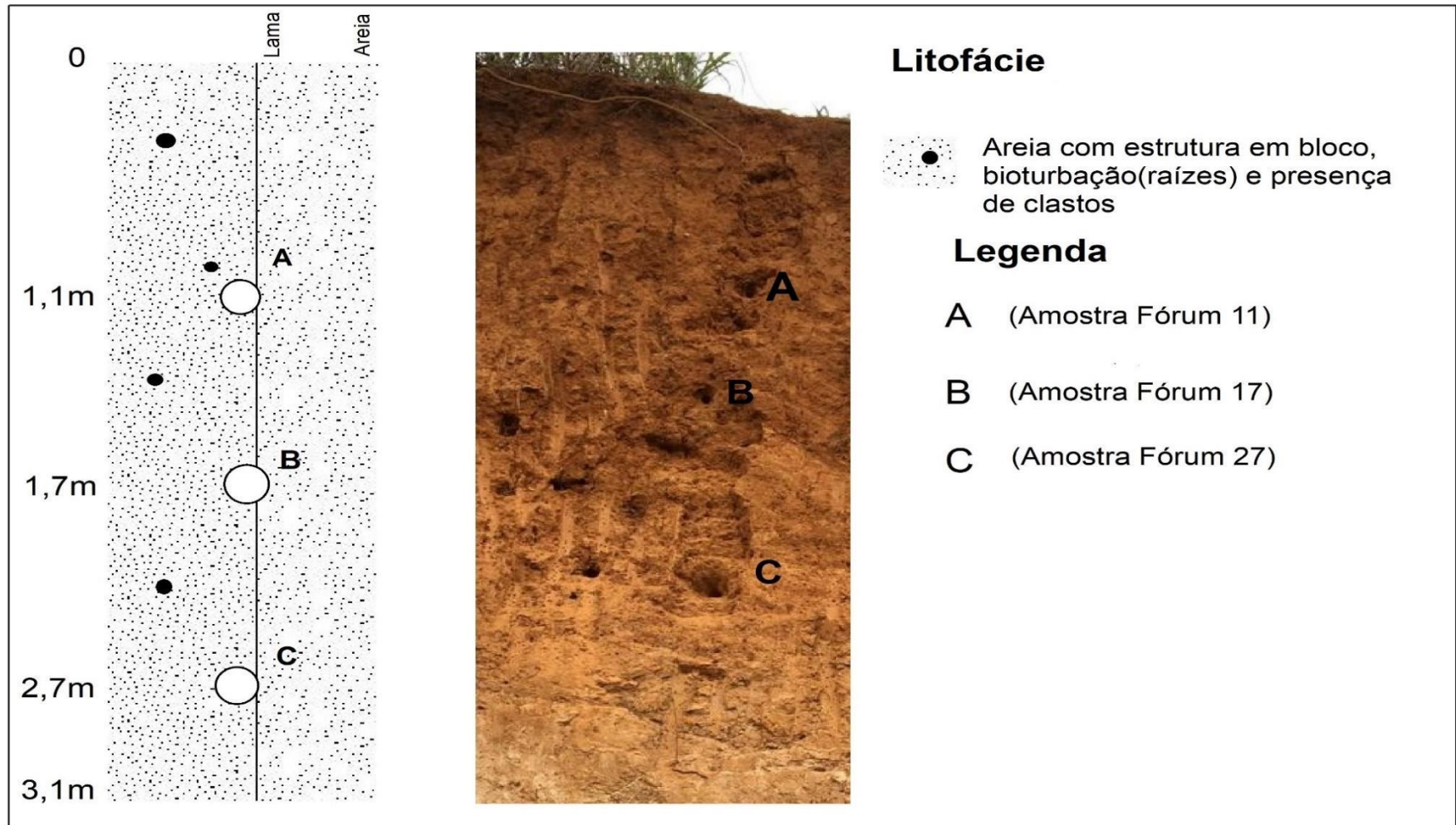
Figura 25 – Perfil longitudinal Colúvio Fórum.



Fonte: Autora, 2019.

O quadro das frações granulométricas do perfil Fórum (Quadro 9), assim como a tabela granulométrica do perfil Preguiçoso, está organizada no sentido topo-base, e as amostras foram coletados a cada 10cm ao longo do perfil. A partir do resultado, as amostras do perfil são consideradas como mal selecionadas, pois a variação no intervalo dos grãos é alta.

Figura 26 – Perfil estratigráfico, Fórum.



Fonte: Autora, 2019.

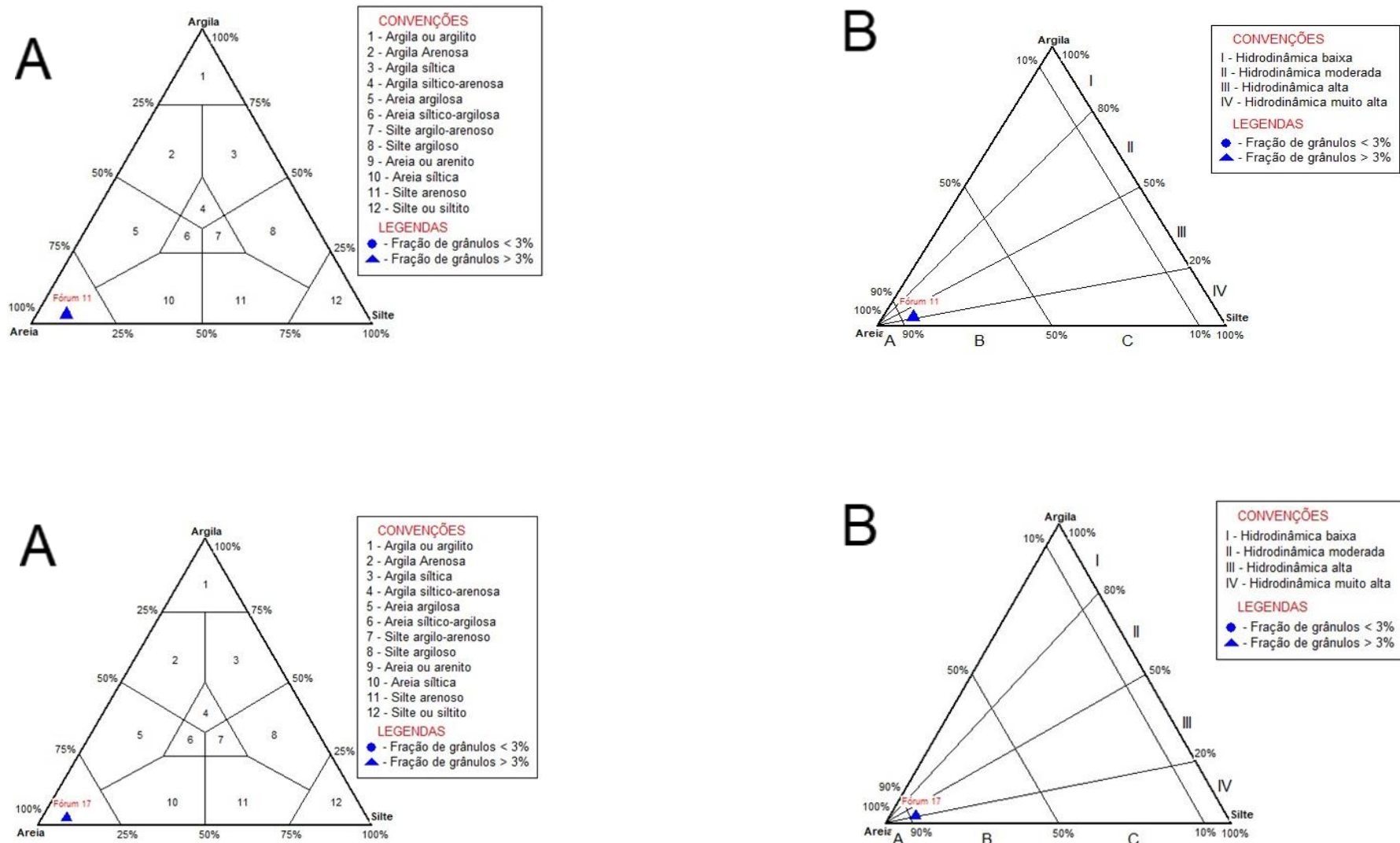
Quadro 9 – Frações granulométricas do perfil Fórum.

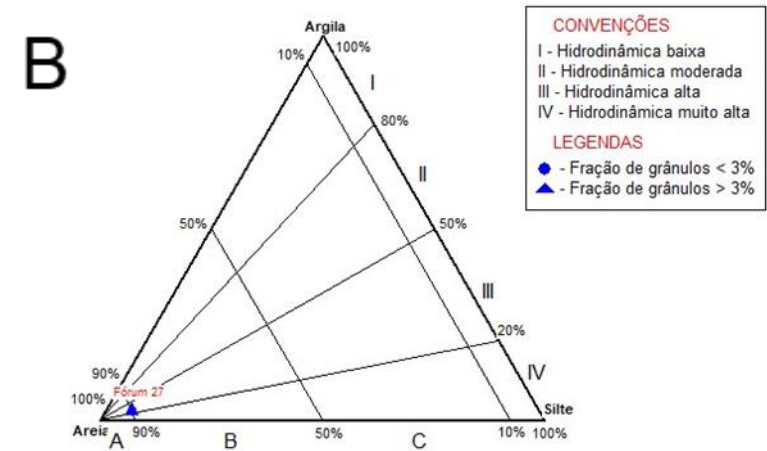
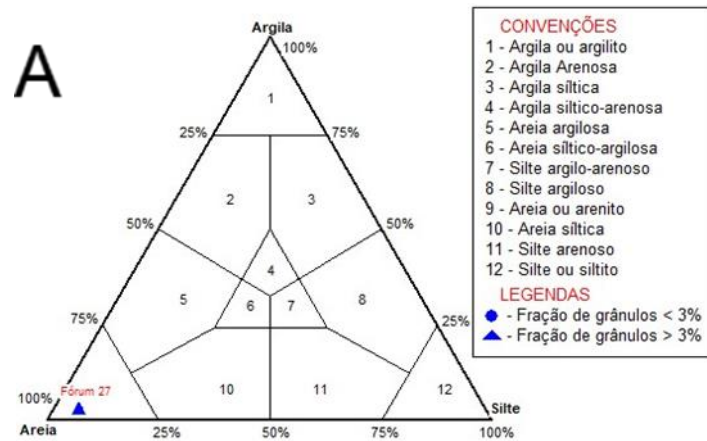
Amostra	Grânulo	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte grosseiro	Argila grosseira
Fórum 1	3,109	3,774	6,883	8,911	3,339	9,088	3,138	3,605
Fórum 2	1,452	3,811	6,861	8,286	2,975	8,398	3,8	2,31
Fórum 3	2,34	4,215	4,215	8,887	3,14	8,67	3,081	4,775
Fórum 4	2,236	4,404	7,804	9,748	3,421	9,095	3,802	4,135
Fórum 5	4,618	4,683	7,545	9,201	3,099	9,082	2,258	4,16
Fórum 6	1,948	4,276	7,283	9,201	3,484	8,952	3,669	3,94
Fórum 7	2,279	4,8	7,632	9,506	3,371	9,084	3,425	3,265
Fórum 8	1,345	4,345	7,49	9,712	3,545	9,44	4,035	3,545
Fórum 9	1,955	4,417	7,3	9,793	3,513	9,683	3,489	2,85
Fórum 10	3,195	4,994	8,867	10,49	2,842	9,768	3,876	3,885
Fórum 11	2,095	5,091	8,09	10,231	3,626	9,33	3,935	4,305
Fórum 12	1,447	4,468	7,453	10,021	3,657	9,544	4,482	2,76
Fórum 13	1,889	4,556	7,465	9,867	3,53	9,21	3,665	3,86
Fórum 14	2,616	4,762	7,93	10,065	3,544	9,264	2,834	2,48
Fórum 15	2,5	4,857	8,269	10,312	3,543	9,323	4,419	6,615
Fórum 16	2,151	4,599	7,76	10,081	3,529	9,023	3,917	3,475
Fórum 17	1,506	5,535	8,321	10,8	3,623	9,092	3,352	3,645
Fórum 18	1,952	5,6	7,967	11,432	3,848	9,686	3,927	3,595
Fórum 19	1,458	4,116	7,757	10,32	3,605	9,407	3,751	4,17
Fórum 20	2,201	5,321	7,85	10,198	3,615	9,599	4,135	4,78
Fórum 21	1,942	5,688	8,078	11,304	3,629	9,369	3,375	2,865
Fórum 22	2,528	6,369	7,985	11,578	3,853	9,391	2,868	4,705
Fórum 23	2,185	6,062	8,223	11,367	3,892	9,335	4,493	4,715
Fórum 24	2,843	5,06	7,737	11,166	3,926	9,544	3,823	3,91
Fórum 25	1,447	4,901	7,575	10,711	3,665	10,005	3,928	3,595
Fórum 26	3,151	8,282	9,677	13,286	3,896	8,869	3,122	2,435
Fórum 27	1,674	5,461	7,785	11,156	3,801	19,8	3,153	4,74
Fórum 28	2,038	7,12	7,311	10,738	3,87	9,517	3,899	5,605
Fórum 29	3,8	7,34	8,295	11,942	3,792	9,162	3,726	2,895
Fórum 30	7,57	8,806	9,191	12,448	3,72	8,677	3,587	3,95
Fórum 31	6,621	10,229	10,881	12,786	3,454	8,299	3,271	4,305

Fonte: Autora, 2019.

Os diagramas de Shepard e Pejrup foram elaborados para as amostras Fórum 11, Fórum 17 e Fórum 27. Cada amostra representa uma camada do perfil e também correspondem às amostras coletadas para a datação (Figura 27).

Figura 27 – “A” Diagramas de Shepard (1954) e “B” Pejrup (1988) para as amostras Fórum 11, 17 e 27, respectivamente.





Fonte: Autora, 2019.

No que diz respeito ao resultado das análises morfoscópias, os grãos foram classificados quanto à sua esfericidade em prismoidal, sub-prismoidal e esférico, representando esfericidade alta, e sub-discoidal, refletindo neste caso uma esfericidade média. As maiores porcentagens ocorrem para as classes subprismoidal, esférico e sub-discoidal. Em relação ao arredondamento, os sedimentos foram categorizados como muito angular, angular, sub-angular e sub-arredondado, estando as maiores proporções nas classes angular e subangular, em todas amostras. Tal fato demonstra que o transporte sofrido foi a curta distância e que os sedimentos foram pouco trabalhados, apontando a proximidade da área fonte do material (Quadro 10).

As amostras são constituídas majoritariamente por grãos de quartzo, alguns transparentes e brilhantes, sendo a maioria opaca e fosca, e por grãos de feldspato também opacos e foscos, com pouquíssimos grãos polidos. Ocorrem também ao longo do perfil, a presença de alguns grãos de biotita e magnetita, brilhantes e opacos. No tocante à distribuição das formas, as amostras foram classificadas como heterogêneas.

Quadro 10 - Resultado da morfoscopia para as amostras do Fórum.

Amostras	Esfericidade	Arredondamento	Textura	Opacidade	Distribuição	Mineralogia
Fórum 1	33% Sub-Prismoidal 8% Esférico 59% Sub-Discoidal	25% Angular 58% Sub-Angular 17% SubArredondado	7% Brilhante 93% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 2	50% Sub-Prismoidal 28% Esférico 22% Sub-Discoidal	5% Muito angular 48% Angular 42% Sub-Angular 5% SubArredondado	6% Brilhante 94% Fosca	5% Transparente 95% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita Biotita
Fórum 3	54% Sub-Prismoidal 39% Esférico 7% Sub-Discoidal	33% Angular 63% Sub-Angular 4% SubArredondado	6% Brilhante 94% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita Biotita
Fórum 4	72% Sub-Prismoidal 28% Sub-Discoidal	31% Angular 60% Sub-Angular 9% SubArredondado	7% Brilhante 1% Polida 92% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 5	2% Prismoidal 48% Sub-Prismoidal 23% Esférico 27% Sub-Discoidal	5% Muito angular 57% Angular 36% Sub-Angular 2% SubArredondado	20% Brilhante 2% Polida 78% Fosca	20% Transparente 80% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita

Fórum 6	46% Sub-Prismoidal 27% Esférico 27% Sub-Discoidal	2% Muito angular 38% Angular 58% Sub-Angular 2%SubArredondado	7% Brilhante 93% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita
Fórum 7	66% Sub-Prismoidal 16% Esférico 18% Sub-Discoidal	34% Angular 58% Sub-Angular 8%SubArredondado	4% Brilhante 1%Polido 95% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita
Fórum 8	49% Sub-Prismoidal 12% Esférico 39% Sub-Discoidal	6% Muito angular 12% Angular 82% Sub-Angular	4% Brilhante 96% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 9	2%Prismoidal 42% Sub-Prismoidal 21% Esférico 35% Sub-Discoidal	4% Muito angular 46% Angular 50% Sub-Angular	5% Brilhante 95% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 10	3%Prismoidal 40% Sub-Prismoidal 13% Esférico 44% Sub-Discoidal	10% Muito angular 13% Angular 70% Sub-Angular 7%SubArredondado	5% Brilhante 95% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Fórum 11	21%Prismoidal 21% Sub-Prismoidal 30% Esférico 28% Sub-Discoidal	41% Muito angular 39% Angular 17% Sub-Angular 3%Subarredondado	10% Brilhante 90% Fosca	10% Transparente 90% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 12	64% Sub-Prismoidal 8% Esférico 28% Sub-Discoidal	37% Muito angular 61% Angular 2% Sub-Angular	5% Brilhante 1% Polida 94% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita Biotita
Fórum 13	3%Prismoidal 38% Sub-Prismoidal 25% Esférico 34% Sub-Discoidal	7% Muito angular 56% Angular 37% Sub-Angular	6% Brilhante 94% Fosca	6% Transparente 94% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 14	45% Sub-Prismoidal 33% Esférico 22% Sub-Discoidal	4% Muito angular 51% Angular 45% Sub-Angular	10% Brilhante 90% Fosca	10% Transparente 90% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 15	46% Sub-Prismoidal 27% Esférico 27% Sub-Discoidal	3% Muito angular 30% Angular 67% Sub-Angular	3% Brilhante 97% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Fórum 16	3%Prismoidal 57% Sub-Prismoidal 29% Esférico 11% Sub-Discoidal	43% Angular 54% Sub-Angular 3%SubArredondado	4% Brilhante 96% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 17	41% Sub-Prismoidal 44% Esférico 15% Sub-Discoidal	5% Muito angular 49% Angular 39% Sub-Angular 7%SubArredondado	8% Brilhante 92% Fosca	8% Transparente 92% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 18	57% Sub-Prismoidal 23% Esférico 20% Sub-Discoidal	5% Muito angular 43% Angular 52% Sub-Angular	7% Brilhante 93% Fosca	6% Transparente 94% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita

Fórum 19	67% Sub-Prismoidal 3% Esférico 30% Sub-Discoidal	3% Muito angular 40% Angular 57% Sub-Angular	6% Brilhante 94% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 20	47% Sub-Prismoidal 28% Esférico 25% Sub-Discoidal	2% Muito angular 45% Angular 49% Sub-Angular 2%SubArredondado	9% Brilhante 2% Polida 89% Fosca	9% Transparente 91% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 21	40% Sub-Prismoidal 35% Esférico 25% Sub-Discoidal	2% Muito angular 51% Angular 7% Sub-Angular	7% Brilhante 93% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Fórum 22	49% Sub-Prismoidal 1% Esférico 50% Sub-Discoidal	6% Muito angular 57% Angular 37% Sub-Angular	7% Brilhante 93% Fosca	7% Transparente 93% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 23	40% Sub-Prismoidal 13% Esférico 47% Sub-Discoidal	10% Muito angular 53% Angular 37% Sub-Angular	3% Brilhante 97% Fosca	3% Transparente 97% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Fórum 24	59% Sub-Prismoidal 22% Esférico 19% Sub-Discoidal	53% Angular 44% Sub-Angular 3%Subarredondado	4% Brilhante 96% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 25	89% Sub-Prismoidal 2% Esférico 9% Sub-Discoidal	2% Muito angular 46% Angular 43% Sub-Angular 9%SubArredondado	4% Brilhante 96% Fosca	4% Transparente 96% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita
Fórum 26	70% Sub-Prismoidal 9% Esférico 21% Sub-Discoidal	3% Muito angular 64% Angular 30% Sub-Angular 3%SubArredondado	2% Brilhante 98% Fosca	1% Transparente 99% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita
Fórum 27	40% Sub-Prismoidal 23% Esférico 37% Sub-Discoidal	3% Muito angular 37% Angular 60% Sub-Angular	10% Brilhante 90% Fosca	10% Transparente 90% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 28	69% Sub-Prismoidal 3% Esférico 28% Sub-Discoidal	4% Muito angular 48% Angular 48% Sub-Angular	4% Brilhante 96% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita
Fórum 29	62% Sub-Prismoidal 14% Esférico 24% Sub-Discoidal	73% Angular 25% Sub-Angular 2% SubArredondado	2% Brilhante 98% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo
Fórum 30	65% Sub-Prismoidal 11% Esférico 24% Sub-Discoidal	2% Muito angular 58% Angular 40% Sub-Angular	4% Brilhante 96% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Magnetita
Fórum 31	3% Prismoidal 61% Sub-Prismoidal 13% Esférico 23% Sub-Discoidal	6% Muito angular 50% Angular 44% Sub-Angular	2% Brilhante 98% Fosca	2% Transparente 98% Opaco	Heterogênea	Feldspato Quartzo Biotita

Fonte: Autora, 2019.

5.2.4 Discussão acerca dos dados sedimentológicos, parâmetros de Folk e Ward e dos dados geocronológicos no perfil Fórum

Aplicou-se para o perfil Fórum, os parâmetros de Folk e Ward (1957), referentes ao grau de seleção dos sedimentos, a classificação da assimetria e da curtose. Para as 31 amostras do perfil o grau de seleção variou entre 1,55 e 1,88, indicando que todas as amostras estão classificadas como pobremente selecionadas (0,1 a 2,0). No que se refere à assimetria os valores variaram entre -0,01 até 0,09, abrangendo as classificações de aproximadamente simétrica a assimetria negativa.

A camada do topo e do meio foram categorizadas como aproximadamente simétricas. A amostra Fórum (11) teve valor de 0,07 e a Fórum (17) de 0,09, demonstrando enriquecimento em partículas finas. Entretanto, todas as amostras da camada basal foram classificadas com assimetria negativa, o valor da amostra Fórum 27 foi de -0,08, apontando o engrandecimento em partículas grosseiras. O que foi visualizado a princípio na tabela de distribuição das frações granulométricas, que apresentou as maiores frações de areia para a camada basal, pode ser observado também no diagrama de Pejrup (Figura 27). À medida em que a amostra se aproxima do topo o valor da fração areia diminui e aumenta a proporção dos sedimentos finos, ratificando a ideia do controle parental para esta camada.

No que diz respeito à curtose, os valores das amostras variaram entre 0,73 e 1,01, abrangendo as categorias de platicúrtica e mesocúrtica. A amostra 11 teve o valor de 0,75 e a amostra 17 de 0,73. Para as camadas do topo e do meio todas amostras foram classificadas como platicúrticas, caracterizando uma curva de distribuição granulométrica mais achatada do que a curva de distribuição normal. As amostras da base variaram entre 0,73 e 1,01, assim algumas amostras foram classificadas como platicúrticas e mesocúrticas, que representa uma curva mais próxima à curva de distribuição normal.

Em relação ao resultado da geocronologia, a amostra Fórum 27 apresentou idade de 4590 ± 325 anos AP, enquanto a amostra Fórum 17 teve idade de 3900 ± 250 anos AP, e a amostra Fórum 11 resultou na idade de 3100 ± 270 AP. Dessa maneira, a geocronologia demonstrou relativa ciclicidade entre os eventos responsáveis pela deposição dos sedimentos, com a ocorrência dos eventos variando de 500 a 800 anos. Diferentemente do perfil anterior, neste perfil todas as idades abrangem o Holoceno Médio e Inferior. Não significa dizer que neste local não houve

deposição anterior aos últimos 5000 anos, sedimentos coluviais mais antigos, podem ter sido remobilizados e depositados no plano aluvial localizado próximo à encosta.

5.3 COMPILAÇÃO E CORRELAÇÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS

Afim de obter um panorama geral acerca das idades existentes e de possíveis correlações entre os depósitos, do Maciço de Água Branca e da área em seu entorno, foi confeccionado um mapa (Figura 28). As idades dos perfis Leque Malaquias (LM), Planossolo Malaquias (PM), Lagoa das Pedras (LP), Colúvio Engenho (CE), Colúvio São Bento (CSB) e Colúvio Preguiçoso 2 (CP2), foram retiradas da pesquisa de Melo (2019). Os valores em centímetros representam as profundidades das amostras no sentido base-topo.

No geral todas amostras datadas pertencem ao Holoceno, abrangendo as suas três divisões. A partir da análise dos dados geocronológicos existentes pode-se deduzir que ocorreram na área de estudo ao menos cinco diferentes eventos climáticos que funcionaram como inputs para a deposição dos sedimentos. Algumas correlações, acerca das idades existentes, foram feitas abarcando principalmente os depósitos coluviais.

Existe um hiato na deposição dos sedimentos localizados no colúvio Preguiçoso 1, no setor de cimeira, no qual o depósito mais antigo data de 10200 ± 880 anos AP e o mais recente de 3400 ± 310 anos AP. Essa lacuna de cerca de 7000 anos, pode estar relacionada ao depósito CP2, a 684m de altitude, cuja datação mais antiga a 50cm da base e resultou em 4650 ± 465 anos AP. Tendo em vista as demais datações do Maciço, é razoável dizer que provavelmente esse período de 7000 anos não foi isento de eventos climáticos capazes de remobilizar os sedimentos e de depositá-los nos diferentes setores do relevo, apenas não originou acumulação verticais contínuas em um mesmo espaço de acomodação, podendo os depósitos mais jovens estarem à jusante dos mais antigo, em espaços intermediários de estocagem.

É possível que os sedimentos que estão depositados a 684m de altitude, CP2, anteriormente estivessem depositados em altitudes maiores como no caso de CP1, levando em consideração que a morfologia desse local permite a acomodação de sedimentos ainda que estes estejam em elevadas altitudes. Estes perfis distam um do outro cerca de 250m. Outra hipótese é que os sedimentos do CP1, não tenham

sido depositados anteriormente em altitudes mais elevadas, e que tenham sido remobilizados e já depositados onde estão localizados hoje. Seria interessante a obtenção de dados em relação à geoquímica desse depósito.

O depósito CP2, foi formado por um fluxo de alta energia, e possui textura siltosa-arenítica, predominando os sedimentos finos na sua composição. A maior parte dos seus grãos foram classificados como angular e sub-angular, com alto grau de esfericidade, caracterizando um transporte de curta distância (MELLO, 2019).

No colúvio Fórum e Engenho existem duas idades que datam de 3100 anos AP. A primeira amostra está a 2m, sentido base-topo, em um perfil com 3,1m de espessura, localizado na baixa encosta. A segunda amostra está a 60 cm de profundidade, em um perfil com 2m de espessura, também localizado no setor de baixa encosta. Essas encostas estão paralelas entre si, a uma distância de cerca de 800m. Com base na localização das amostras e principalmente, com base na sua cronologia, supõe-se que ambas são referentes a um mesmo evento climático.

Em seguida, as amostras colúvio São Bento (80cm) e CP1 (1,03m), possuem idade, respectivamente, de 3500 ± 450 e 3400 ± 310 anos AP. A primeira amostra está no setor de baixa encosta (500m), enquanto a segunda encontra-se no compartimento de cimeira a 728m de altitude. Pela proximidade das idades é possível que as duas sejam referentes ao mesmo episódio climático, ou ainda observando a margem de erro para ambas, é imaginável que possa haver relação com o evento mencionado anteriormente, no qual existem depósitos que datam de 3 100 anos AP. Considerando que nos depósitos CF e CE antes de ocorrer a deposição do material na baixa encosta, os sedimentos podem ter sido depositados em outros setores e posteriormente remobilizados, possuindo assim idades mais recentes.

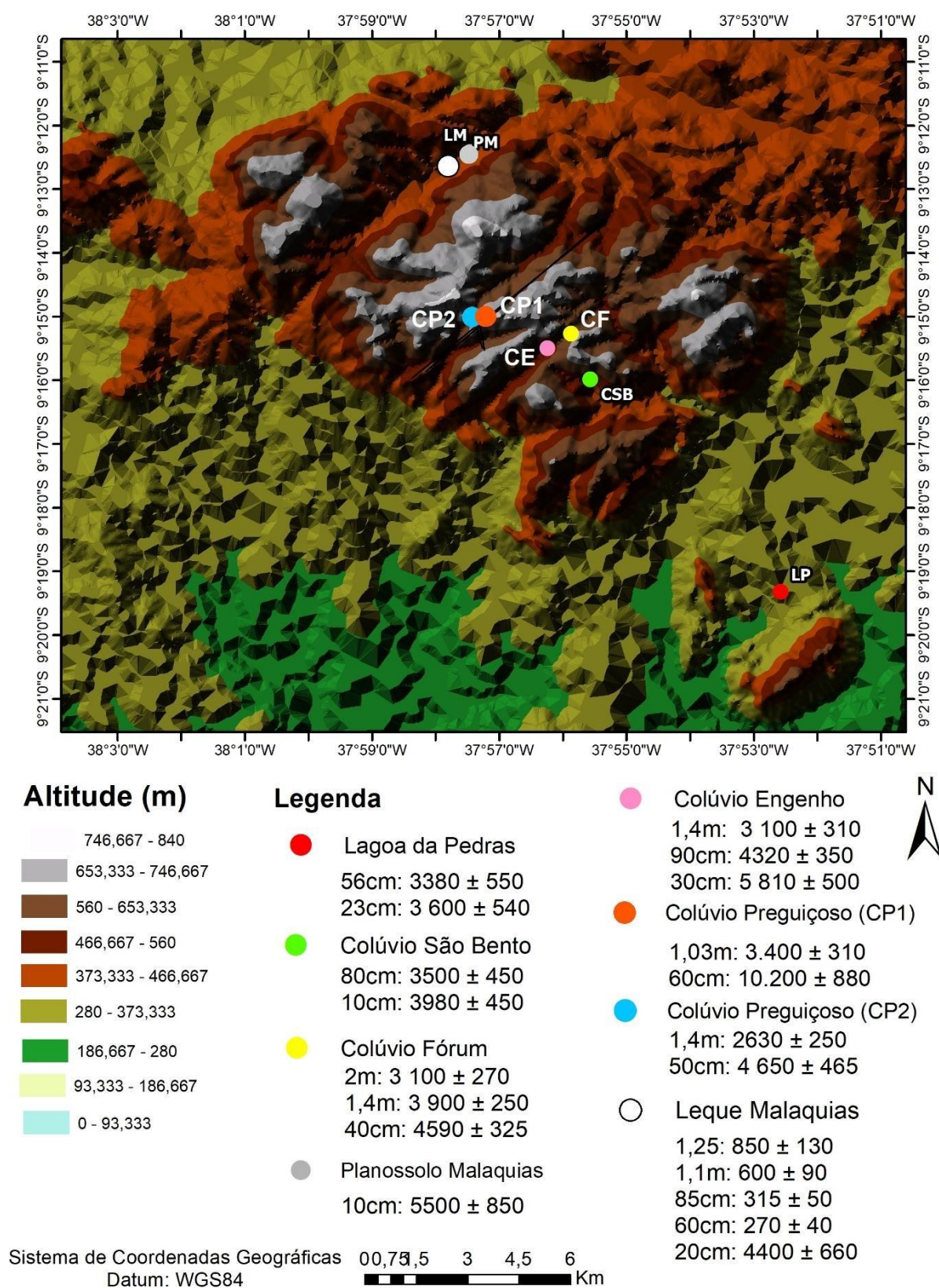
Um segundo ou terceiro episódio é passível de ter ocorrido e depositado sedimentos no perfil CF, à profundidade de 1,4m e no CSB a 10 cm da base. A amostra do colúvio Fórum data de 3900 ± 250 anos AP, enquanto no colúvio São Bento, em um perfil com 2m de espessura, a idade é de 3980 ± 450 anos AP, ambos os depósitos estão na baixa encosta, a uma distância média de 1,4 km. Devido à enorme proximidade na cronologia desses depósitos e também por terem em comum a mesma área fonte de sedimentos, acredita-se tratar-se de um mesmo evento.

Há no perfil do CP2 (684m) um depósito com idade de 4650 ± 465 anos AP localizado a 50cm da base, em concomitância existe um outro depósito no perfil do CF que data de 4590 ± 325 anos AP, distante 40cm da base. Supõe-se ser provável que ambos sejam referentes a outro evento climático capaz de remobilizar sedimentos. Existe ainda a possibilidade de que o depósito no perfil Leque Malaquias, distando 20cm da base, com idade de 4400 ± 660 anos AP, também esteja relacionado a esse mesmo episódio, tendo em vista que neste perfil a distância da área fonte até o local do depósito é maior do que nos perfis anteriores, mais tempo teria sido necessário para que o material fosse depositado.

É possível que mais um evento tenha ocorrido na área do Maciço, sendo responsável pela deposição de sedimentos há a cerca de 5810 ± 500 anos AP em um depósito a 30cm da base, a 560m de altitude, no perfil CE e há 5500 ± 850 anos AP em outro depósito no Planossolo Malaquias, a 10cm da sua base. A distância entre esses depósitos é a maior encontrada na área, correspondendo a 6km. Ambos os depósitos estão próximos, cerca de 500m, da superfície de cimeira, que poderia ter sido a área fonte do material. Porém, o PM está localizado em uma área de plaino aluvial a 390m de altitude, que funciona como um local receptor de sedimentos oriundos de diferentes partes do relevo.

Por fim, é importante ressaltar que parte dessas analogias tratam-se apenas de tentativas de explicação com base em correlações espaciais e de atributos sedimentológicos/geocronológicos, sendo, portanto, necessário um estudo mais aprofundando em relação às propriedades físicas e químicas dos perfis analisados.

Figura 28 – Mapa com a localização e as idades para o Maciço Estrutural de Água Branca e na área em seu entorno.



Fonte: Autora, 2019.

5.4 ANÁLISE DOS DADOS GEOQUÍMICOS

Afim de determinar os elementos presentes nas amostras e compreender o material de origem dos sedimentos, assim como as transformações sofridas por eles foi realizada análise geoquímica para as trinta e uma amostras constituintes do perfil Fórum, mais a amostra de referência, e as vinte amostras do perfil Preguiçoso, além de sua amostra de referência. Na distribuição de óxidos dos perfis Fórum e Preguiçoso, as maiores proporções são para SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 em todas as amostras (Quadro 11,12,13 e 14). Os teores de Al e Si tendem a ser altos quando os sedimentos têm como origem materiais de rochas metamórficas.

O Si é um elemento móvel que tende a sair do sistema ao longo do processo de intemperismo. No perfil Fórum os valores de SiO_2 tendem a ser uniformes, variando entre 36% e 31%, com os menores valores nas amostras mais próximas à base. A amostra de referência possui 32%. Algo semelhante ocorre no perfil Preguiçoso, onde as taxas variam de 37% a 30%, com os menores valores também mais próximos à base. Demonstrando que a base é um pouco mais intemperizada do que o topo nos dois perfis. A presença desse elemento pode estar ligada à predominância do mineral quartzo em todos os perfis (SiO_2), e também à ocorrência de grãos de biotita.

Já os óxidos como Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e ZrO_2 são elementos de pouca mobilidade, logo suas proporções tendem a não variar muito ao longo do perfil, o que de fato acontece nas amostras analisadas (MOREIRA E OLIVEIRA, 2008). Ao comparar os valores desses elementos entre a amostra de referência e as demais, percebe-se também que os valores são semelhantes.

A taxa de Fe_2O_3 é relativamente alta em todo o perfil Fórum, variando entre 16% e 13%. A partir do resultado da morfoscopia do perfil e ao relacionar com a morfoscopia de alguns perfis próximos a esta área, no trabalho de Melo (2019), é presumível que essa taxa seja referente à presença de magnetita e biotita, que estão associadas a rochas metamórficas e ígneas. No perfil Preguiçoso a taxa de Fe_2O_3 mantêm-se basicamente a mesma até a camada do meio, variando entre 16% e 13%. Porém, a partir da amostra preguiçoso 14 a taxa aumenta à medida que se aproxima da base, com valores entre 26% e 22%, a amostra de referência tem 24%. Supõe-se que o aumento nesse valor esteja associado à influência do material do embasamento, que deve ser rico em biotita. A presença do potássio (K) no perfil

Fórum, com valores variando entre 10% e 7%, pode estar ligada à ocorrência de minerais primários como feldspatos potássicos, oriundos de rochas metamórficas do embasamento (SILVA, 2012). No perfil Preguiçoso a taxa de potássio na camada do topo e na camada intermediária varia entre 11% e 9%. À medida em que se aproxima da base, essa taxa tende a diminuir com valores entre 8% e 5%. Isso pode ocorrer devido à maior taxa de intemperismo na camada basal, ou porque supostamente as maiores taxas de potássio estão relacionadas com o material que foi remobilizado e depositado no perfil, através da presença de muscovita, indicando uma gênese diferenciada para as camadas que integram a seção.

O perfil Fórum de modo geral apresenta níveis de intemperismo semelhante já que não ocorrem significativas discrepâncias entre os valores dos elementos no sentido topo-base. A concentração dos elementos SrO, ZrO₂, MnO, ZnO, Y₂O₃, Rb₂O, NbO, RuO e BaO é extremamente baixa em todas amostras do perfil, enquanto que os elementos P₂O₅, CaO, V₂O₅, ThO₂, Pd, Ac, Pb e Ag₂O aparecem com taxas baixíssimas, apenas em algumas amostras.

Enquanto que no perfil Preguiçoso, o nível de intemperismo parece variar, a camada basal tende a ser mais intemperizada do que as demais camadas. Ainda nesse perfil os elementos BaO, Ca, SrO, ZrO₂, MnO, Zn, NbO, Rb₂O e Y₂O₃ ocorrem com taxas muito baixas em todas as amostras. Ao mesmo tempo em que os elementos Ac, Pd, Ag e Cr estão presentes apenas em pouquíssimas amostras a taxas baixíssimas.

Quadro 11 – Análise geoquímica do Perfil Fórum (Amostras 1 a 16); Valores em porcentagem; Nd: não determinado.

	Fórum 1	Fórum 2	Fórum 3	Fórum 4	Fórum 5	Fórum 6	Fórum 7	Fórum 8	Fórum 9	Fórum 10	Fórum 11	Fórum 12	Fórum 13	Fórum 14	Fórum 15	Fórum 16
Al ₂ O ₃	36.26	36.95	36.68	37.92	37.21	36.10	37.18	37.14	35.26	36.69	36.20	34.97	34.95	35.45	35.96	31.48
SiO ₂	34.83	33.95	34.43	34.74	35.19	35.40	35.45	35.08	35.11	35.26	35.12	35.97	34.69	35.13	35.69	36.48
Fe ₂ O ₃	14.93	16.90	16.58	14.94	15.44	15.47	15.10	14.82	15.67	14.57	15.39	15.71	15.78	15.27	14.95	16.48
K ₂ O	9.67	7.65	8.24	8.32	8.26	9.00	8.91	8.68	9.47	9.27	9.16	9.62	9.39	9.27	9.36	10.25
TiO ₂	1.33	1.08	1.12	1.78	1.33	1.81	1.76	1.35	1.52	1.36	1.46	1.29	1.50	1.43	1.49	2.96
BaO	1.20	1.82	1.56	nd	1.23	nd	nd	1.59	1.26	1.09	1.21	1.45	1.28	1.08	1.25	nd
RuO ₂	nd	nd	nd	0.67	nd	1.01	nd	nd	nd	0.93	nd	nd	0.98	1.01	nd	0.69
SrO	0.51	0.50	0.49	0.46	0.48	0.52	0.49	0.50	0.53	0.52	0.52	0.55	0.57	0.51	0.40	0.80
ZrO ₂	0.40	0.36	0.39	0.36	0.37	nd	0.37	0.40	0.47	nd	0.39	0.44	0.42	0.45	0.17	nd
P ₂ O ₅	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.35	nd	nd	0.30	nd	nd	nd	nd
MnO	0.29	0.30	0.29	0.28	0.29	0.29	0.32	0.15	0.35	0.15	0.14	nd	0.12	0.15	0.17	nd
ZnO	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03
Y ₂ O ₃	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04
Rb ₂ O	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.01	0.03	0.06	0.06	0.02	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.04
Nb ₂ O ₅	nd	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	nd	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06

SO ₃	nd	0.30	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.12	nd	nd	nd	nd	nd
Ag ₂ O	nd	nd	nd	0.09	nd	nd	nd	0.08	nd	nd	0.07	nd	0.07	nd	nd	0.10
PbO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ac	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PdO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Th	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.05	nd	nd
V ₂ O ₅	nd	nd	nd	0.20	nd	0.21	0.22	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CaO	0.40	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Fonte: Autora, 2019.

Quadro 12 – Análise geoquímica do Perfil Fórum (Amostras 17 a 31); Valores em porcentagem; Nd: não determinado; Ar: amostra de referência.

	Fórum 17	Fórum 18	Fórum 19	Fórum 20	Fórum 21	Fórum 22	Fórum 23	Fórum 24	Fórum 25	Fórum 26	Fórum 27	Fórum 28	Fórum 29	Fórum 30	Fórum 31	AR
Al ₂ O ₃	35.82	35.03	36.46	34.81	34.65	35.79	35.75	36.07	35.25	35.13	34.35	34.39	34.67	31.84	32.75	32,4
SiO ₂	35.01	34.97	35.53	35.86	34.74	34.73	34.98	34.90	34.76	34.95	35.07	34.41	35.51	36.74	35.47	35,16
Fe ₂ O ₃	15.89	16.71	15.37	15.98	16.92	17.01	15.69	16.48	15.77	17.58	16.30	15.62	15.43	15.18	14.51	14,42
K ₂ O	8.92	8.80	8.69	9.25	8.99	8.18	8.87	8.35	8.97	7.96	9.43	9.94	9.69	10.19	9.12	8,02
TiO ₂	1.14	2.13	1.44	1.58	1.47	1.71	1.66	1.61	1.40	1.13	2.06	2.03	1.96	2.42	1.44	1,1
BaO	2.04	nd	1.27	1.20	1.19	1.23	1.29	1.30	1.35	1.70	1.19	1.35	1.41	1.78	1.23	0,49
RuO ₂	nd	0.70	nd	nd	0.95	nd	0.71	Nd	0.95	nd	nd	0.89	nd	nd	0.95	nd

SrO	0.55	0.59	0.51	0.55	0.67	0.64	0.71	0.55	0.57	0.68	0.64	0.62	0.66	0.75	0.49	0,24
ZrO ₂	0.42	0.44	0.40	0.44	nd	0.46	nd	0.45	0.44	0.51	0.46	0.53	0.45	0.53	0.39	0,1
P ₂ O ₅	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	0.29	nd	nd	nd	nd	0.32	0.31	nd
MnO	nd	0.13	0.11	0.11	0.13	0.07	0.06	Nd	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	0.19	nd
ZnO	0.04	0.03	0.04	0.05	nd	0.03	0.03	Nd	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	nd
Y ₂ O ₃	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0,005
Rb ₂ O	0.04	0.01	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.04	0.05	0.05	0.08	0.02	nd
Nb ₂ O ₅	0.03	nd	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.06	nd	nd
SO ₃	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	0.14	nd	nd	nd	nd	nd
Ag ₂ O	nd	0.11	nd	nd	nd	nd	nd	0.05	nd	0.11	0.10	nd	nd	nd	nd	0,009
PbO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	0.05	0.04	nd	nd	nd	nd	nd
Ac	nd	0.03	nd	nd	0.06	nd	nd	Nd	nd	nd	0.003	nd	nd	nd	nd	nd
PdO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.07	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Th	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
V ₂ O ₅	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
CaO	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Fonte: Autora, 2019.

PdO	nd	0.03	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ag ₂ O	0.11	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	0.11	0.15	nd	nd	nd
Cr ₂ O ₃	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Fonte: Autora, 2019.

Quadro 14 -Análise geoquímica do Perfil Preguiçoso (Amostras 13 a 20); Valores em porcentagem; Nd: não determinado; Ar: amostra de referência.

	Pre 13	Pre14	Pre15	Pre16	Pre17	Pre18	Pre19	Pre20	AR
SiO ₂	35.99	33.95	31.71	32.10	31.56	32.54	32.23	30.77	30.50
Al ₂ O ₃	34.55	32.36	32.32	33.79	33.84	33.09	32.04	33.50	30.38
Fe ₂ O ₃	17.30	22.59	25.22	24.34	24.89	24.23	24.64	26.38	24.70
K ₂ O	8.47	7.02	6.48	5.87	5.84	5.35	6.47	5.43	5.79
TiO ₂	1.21	1.37	1.45	1.74	1.30	1,34	1.14	1.39	1,23
BaO	1.69	1.03	1.19	0.78	1.27	1,02	1.90	0.94	1,24
CaO	nd	0.33	0.52	0.35	0.33	nd	0.54	0.44	1,71
SrO	0.40	0.55	0.48	0.49	0.54	0.55	0.57	0.55	0,47
ZrO ₂	0.25	0.21	0.26	0.28	0.26	0.10	0.32	0.35	0,12
MnO	nd	0.15	0.11	0.09	nd	0.03	nd	0.10	nd
ZnO	0.04	0.08	0.07	0.06	0.08	0.016	0.06	0.06	0.01

Nb ₂ O ₅	nd	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd
Rb ₂ O	0.03	0.02	0.04	0.005	nd	0.002	0.007	nd	0,03
Ac	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd
Y ₂ O ₃	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.009	0.03	0.03	0.009
PdO	nd	0.09	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ag ₂ O	nd	0.08	nd	Nd	nd	nd	nd	nd	0.02
Cr ₂ O ₃	nd	0.08	0.07	Nd	nd	nd	nd	nd	nd

Fonte: Autora, 2019.

5.4.1 Índices Ki e Kr para o perfil Fórum e Preguiçoso

Com o objetivo de avaliar a situação do processo intempérico na área estudada e de observar possíveis descontinuidades presentes, foram aplicados os índices Ki ($1,7 \cdot \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$) e Kr $\{1,7 \cdot \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,6 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)]\}$ para todas as amostras nos dois perfis analisados (Quadro 15). A tabela abaixo, está organizada no sentido topo-base. O índice Ki determina a relação entre a sílica, elemento móvel no perfil e o Al_2O_3 que é um elemento de pouca mobilidade. De acordo com Moniz (1972a) os valores de Ki tendem a ser menores, para solos mais intemperizados.

Moniz (1972b) afirma ainda que os solos podem ser encaixados em quatro categorias, de acordo com as proporções dos índices, as classificações de solo são: alíticos, ferralíticos, sialíticos e fersialíticos. Se o solo tem o valor de Ki maior do que 2,2 e Kr menor do que 0,75 é categorizado como sialítico, com alto teor de silício e de alumínio, representando um solo pouco intemperizado. Se o valor de Ki continua maior do que 2,2, porém o valor de Kr é maior do que 0,75, o solo é dito como fersialítico, com elevada taxa de silício e ferro, também se encaixa em um solo pouco intemperizado. Já se o valor de Ki é menor que 2,2 e Kr maior que 0,75, o solo é chamado de alítico, com muito alumínio e pouco silício, classificado como muito intemperizado. Enfim, se o índice de Ki é menor que 2,2 e o Kr também menor que 0,75, o solo é considerado ferralítico, com alto teor de alumínio e ferro e baixo teor de silício, também categorizado como muito intemperizado.

O perfil Fórum possui índice Ki variando entre 1,98 e 1,64, e a amostra de referência tem valor de 2,72. Já o Kr varia entre 1,52 e 1,22, enquanto a amostra de referência possui 2,57. Os valores de Al_2O_3 são maiores do que SiO_2 em praticamente todas as amostras desse perfil, demonstrando ser um perfil com considerável índice de intemperismo, sendo classificado como solo alítico. Em relação às descontinuidades, o perfil evidencia ser bastante descontínuo, pois os valores dos índices não obedecem uma ordem crescente ou decrescente no sentido topo-base.

Os valores do perfil Preguiçoso são semelhantes ao do Fórum. O índice Ki varia entre 1,89 e 1,55, tendo a amostra de referência 2,11. O valor de Kr vai de 1,53 a 1, enquanto a amostra de referência tem 1,93. Possivelmente este perfil é mais intemperizado do que o perfil Fórum, visto que os seus valores de Ki são menores,

além dos dados da geocronologia também atestarem isso, pois os sedimentos são mais antigos. A camada da base demonstra ser mais intemperizada do que o restante do perfil, o que foi observado anteriormente, já que possui os menores valores de SiO_2 e, conseqüentemente, do índice Ki. As descontinuidades são menos presentes nesse perfil, ainda que ocorram quebras no decréscimo dos valores de Ki e Kr, no sentido topo-base.

Quadro 15 – Índices Ki e Kr para as amostras nos perfis Fórum e Preguiçoso.

Perfil Fórum	Ki	Kr	Perfil Preguiçoso	Ki	Kr
Amostra 1	1,632956	1,309688	Amostra 1	1,892434	1,530082
Amostra 2	1,561976	1,225632	Amostra 2	1,817276	1,420288
Amostra 3	1,59572	1,255491	Amostra 3	1,753938	1,379545
Amostra 4	1,557437	1,25977	Amostra 4	1,778076	1,330962
Amostra 5	1,607713	1,287347	Amostra 5	1,749011	1,387444
Amostra 6	1,667036	1,326135	Amostra 6	1,759828	1,405209
Amostra 7	1,620898	1,303309	Amostra 7	1,776717	1,240209
Amostra 8	1,605708	1,29559	Amostra 8	1,559918	1,454755
Amostra 9	1,692768	1,336476	Amostra 9	1,842986	1,466535
Amostra 10	1,633742	1,319436	Amostra 10	1,796299	1,45267
Amostra 11	1,649282	1,314198	Amostra 11	1,867641	1,480735
Amostra 12	1,724307	1,358392	Amostra 12	1,757314	1,398817
Amostra 13	1,687353	1,327922	Amostra 13	1,770854	1,36174
Amostra 14	1,684654	1,338736	Amostra 14	1,783529	1,257134
Amostra 15	1,687236	1,350389	Amostra 15	1,667915	1,13608
Amostra 16	1,982433	1,508873	Amostra 16	1,614975	1,127712
Amostra 17	1,661558	1,312393	Amostra 17	1,585461	1,100103
Amostra 18	1,697088	1,319623	Amostra 18	1,528454	1,361478
Amostra 19	1,656637	1,322264	Amostra 19	1,710081	1,170248
Amostra 20	1,751278	1,373327	Amostra 20	1,561463	1,060604
Amostra 21	1,703925	1,317879	Amostra Referência	2,115654	1,93576
Amostra 22	1,751886	1,354173			

Amostra 23	1,663385	1,316785
Amostra 24	1,644857	1,291186
Amostra 25	1,676369	1,349575
Amostra 26	1,691289	1,300963
Amostra 27	1,735633	1,350986
Amostra 28	1,700989	1,336769
Amostra 29	1,741188	1,374476
Amostra 30	1,961621	1,525598
Amostra 31	1,686685	1,356558
Amostra Referência	2,72593	2,573326

Fonte: Autora, 2019.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que ocorreu na área de estudo três diferentes momentos de remobilização maciça de sedimentos, ainda armazenados nos compartimentos de estocagem, sobretudo ao longo das encostas. O primeiro momento remete ao Holoceno Inferior, com o registro do depósito de 10200 anos AP, no setor de cimeira do maciço a 728m de altitude, característico de uma sedimentação em cascata, onde os sedimentos mais antigos estão sobre as maiores altitudes. Esse período foi marcado por um ambiente úmido com remobilização maciça dos sedimentos em outros locais do NE, como no Maciço da Serra da Baixa Verde, PE e no vale do rio Carnaúba, RN (CORRÊA, 2001; MUTZENBERG, 2007). Corrêa (2001), afirma que essa umidificação está ligada a chuvas torrenciais da ZCIT.

Durante o Holoceno Médio também ocorreram registros de deposição na área. Nesta pesquisa, foi encontrado um depósito coluvial, na base da encosta do perfil Fórum, que data de 4590 anos AP. Além de depósitos que vão dos últimos 5800 até 4320 anos AP na pesquisa de Melo (2019), caracterizando esse período como um intervalo de tempo onde a dinâmica de sedimentação não cessou para município de Água Branca. Os eventos climáticos associados a essa dinâmica podem estar ligados a condições de chuvas torrenciais, ocasionadas por picos na umidificação do clima durante e imediatamente após o Ótimo Climático do Holoceno.

No intervalo de tempo de 10200 até 5800 anos AP, período no qual não se tem evidências de deposição na área de estudo, pode ter ocorrido a estabilização da paisagem, por meio da presença da cobertura vegetal, ou pode ser que os registros de atividades durante esse espaço de tempo estejam estocados em locais pontuais, como em concavidades nos setores de cimeira, ou ainda em pontos mais afastados.

O maior momento de remobilização de sedimentos cujo registro ainda se faz presente na área, identificado até o momento, aconteceu ao longo do Holoceno Superior, últimos 4 000 anos, com idades, nesta pesquisa, que vão de 3900 a 3100 anos AP, e de 3980 até 270 anos AP, no trabalho de Melo (2019). Esses depósitos foram ocasionados por fluxos de lama de alta energia, sendo capazes de remobilizar em alguns momentos, clastos que chegam a 8 cm de diâmetro. Esses ocorreram provavelmente como consequência de possíveis chuvas torrenciais, contudo mais eficaz em solos expostos, sem cobertura vegetal.

Várias pesquisas registraram a diminuição gradativa da umidade e a estabilização do sistema ENOS, durante o Holoceno Superior, no NE do Brasil, como um indício para o retorno da semiáridade e de elevadas temperaturas (GURGEL et al., 2013, MUTZENBERG 2007, CABRAL 2014; LIRA, 2014), gerando assim, uma tendência de diminuição nas taxas de precipitação. Nesse sentido, os eventos atmosféricos que podem ter sido responsáveis pelas chuvas torrenciais e a consequente remobilização dos sedimentos durante esse período, devem estar relacionados principalmente com episódios de cunho regional e local, tais como o Dipolo do Atlântico, durante a fase do dipolo negativo, ondulações a sul da ZCIT, os complexos convectivos de mesoescala (CCMs) e as linhas de instabilidade. Por fim, pode-se evidenciar que os resultados e as discussões apresentadas contribuíram para a explanação de questionamentos existentes acerca da evolução geomorfológica no município de Água Branca. Porém ainda ocorrem questões a serem elucidadas.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N., 2006. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/azizabsaber.htm>. Acesso em: 26 de maio de 2019.
- AGRITEMPO, 2018. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=A&lang=pt_br. Acesso em: 3 de agosto de 2018.
- BEZERRA, F. H. R.; BRITO NEVES, B. B.; CORRÊA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. **Late Pleistocene tectonical-geomorphological development within a passive margin – The Cariata trough northeastern Brazil**. *Geomorphology*, v. 97, p. 555-582, 2008.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. e SANTOS, G. F. **Estrutura e Origem das Paisagens tropicais e Subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, v. 1, 2009.
- BILLINGS, M. P. **Structural Geology**. New York, Prentice-Hall, Inc. 473p., 1947
- Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise - Número Especial, 1986. INPE. São José dos Campos, SP. 125 págs.
- BRIDGE, J. e DEMICCO, R. **Earth surface processes, landforms and sediment deposits**. New York: Cambridge, 2008.
- BRITO, M. F. L. de.; FILHO, A. F. da S.; GUIMARÃES I. de P.; Caracterização geoquímica e isotópica do batólito Serra do Catu e sua evolução da interface dos domínios Sergipano e Pernambuco-Alagoas, Província Borborema. **Revista Brasileira de Geociências**, volume 39 (2), 324-337, junho de 2009.
- BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, E .J.; CAMPOS NETO, M. C.; KOZUCH, M. O evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, implicações e perspectivas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, p. 279–296, 1995.
- CABRAL, C. J. **Caracterização paleoclimática e paleoambiental do campo de dunas de Petrolina em Pernambuco: um subsídio para a reconstituição do submédio São Francisco**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2014.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236p.
- CORRÊA, A. C. B., FONSÊCA, D. N. Compartimentação Geomorfológica e Morfoestrutural da Bacia do Rio Capibaribe Mirim, Pernambuco. **Clio Arqueológica**, Recife. V31N3 p. 25-47, 2016.
- CORREA, A.C.B; TAVRES, B.A.C; MONTEIRO, K.A; CAVALCANTI, L.C.S; LIRA, D.R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 2010.
- CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 2001. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2001.

CPRM, 2005. Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/15222/rel_cadastrs_agua_branca.pdf?sequence=3. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

CPRM, 2010. Cartas geológicas do Brasil ao Milonésimo: Folha de Aracaju. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: abril de 2019

CRUZ, L. O. M. **Assinatura Geoquímica de unidades colúviais da bacia do Córrego do Rio Grande – Depressão de Gouveia/MG. Belo Horizonte, MG.** 152f. 2006. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

DELGADO, J. de M. et. al. Geotectônica do escudo Atlântico. In: BIZZI, L. A. (Ed) et al. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: Texto, mapa e GIS.** Geology, tectonics and mineral resources of Brazil: Text, maps, e gis. Brasília: CPRM, 2003. 673p. il.

DEMEK, J. (Ed) **Manual of detailed geomorphological mapping.** Praga: Comm. Goomorph. Surv. Mapping. IGU, 1972. 368p.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.** Universidade de Algarve. Faro, 2004.

EMBRAPA. Solos do Município de Água Branca, Estado de Alagoas, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005498/1/ComTec40AguaBranca.pdf>. Acesso em 12 de agosto de 2018.

FERREIRA, A. G. e MELLO, N. G. da S. Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, B.; CORRÊA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F. Depósitos eólicos inativos do sub-médio São Francisco, evidências de atividade eólica durante o Pleistoceno, Pernambuco, nordeste do Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 363-378, 2013.

FOLK, R. L. & WARD, W. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, 27: 3-26, 1957.

GALE, S. J. & HOARE, P. G. **Quaternary sediments: petrographic methods for the study of ulithified rocks.** Londres: Bethaven Press, 1991, 318 p.

GALVÃO, D. C. **Reconstrução paleoambiental a partir dos colúvios do entorno da lagoa do Puiú, município de Ibimirim-Pernambuco.** Recife – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

GURGEL, S. P. P.; BEZERRA, F. H. R.; CORRÊA, A. C. DE B.; MARQUES, F. O.; MAIA, R. P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 186, p. 68–84, 2013.

GURGEL, S. P.P. **Evolução Morfotectônica do Maciço Estrutural Pereiro, Província Borborema.** Tese de Doutorado, Departamento de Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

LEOPOLD, M. e VÖLKEL, J. Colluvium: definition, differentiation, and possible suitability for reconstructing holocene climate data. **Quaternary International**, 162–163, p. 133-140, 2007.

LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará.** Tese de Doutorado. UFPE. 2015.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do riacho do pontal e GI-8 no sub-médio São Francisco/PE.** 2014. 234 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2014.

MABESOONE, J. M. **Sedimentologia.** Recife: Editora Universitária, 1983.

MELO, R. F. T. **Evolução geomorfológica em bases paleoclimáticas do maciço estrutural de Água Branca – AL.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2019, no prelo

MELO, J. S. **Dinâmica geomorfológico do ambiente de encosta em Belo Jardim – PE: Uma análise a abordagem a partir da perspectiva morfoestratigráfica aplicada aos depósitos coluviais.** 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2008.

MENDES, V. A.; LIMA, M. A. B.; MORAIS, D. M. F. de. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Alagoas**, SC.24-X-D. Escala 1:250.000. Estado de Alagoas. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2010, 407p il. + mapas.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.

MONGER, H. C.; GILE, L. H.; HAWLEY J. W.; GROSSMAN R. B. **The Desert Project—An Analysis of Aridland Soil-Geomorphic Processes.** New Mexico State University, May, 2009.

MONIZ, A. C. Decomposição de rochas e formação de minerais de argila. In: MONIZ, A. C. (org.). **Elementos de Pedologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, p.305-323, 1972a

MONIZ, A. C. Mineralogia do solo. In: MONIZ, A. C. (Org.). **Elementos de Pedologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, p.391-407. 1972b

MOREIRA, H. L. & OLIVEIRA, V. A. Evolução de um plintossolo pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência dos Solos**, v.32, n.4, p.1683-1690, 2008.

MUTZENBERG, D. S. **Gênese e ocupação pré-histórica do Sítio Arqueológico Pedrado Alexandre: uma abordagem a partir da caracterização paleoambiental do Vale do Rio Carnaúba – RN.** 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2007.

NOBREGA, R. S. SANTIAGO, G. A. C. F. SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico, sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 12 – Vol. 18 – jan/jun, 2016.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você - o fenômeno climático**. Transtec - São José dos Campos (SP), março de 2001.

PEJRUP, M. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach**. In: DE BOER, P. L., VAN GELDER, A., NIO, S. D. (eds). *Tideinfluenced Sedimentary Environments and Facies*. Ridel, Dordrecht, 289-300, 1988.

PESSENDA, L. C. R. et al. **Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 297, p. 597-608, 2010.

Prefeitura Municipal de Água Branca, Disponível em: <http://www.aquabranca.al.gov.br/cidade/>> Acesso em: 28 de agosto de 2018.

RIBEIRO, S.C.; LIMA, F. J.; CORRÊA, A. C. de B. Depósitos de encostas em regiões tropicais: uma abordagem sobre a formação de colúvios. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, P.334 – 342, 2012.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História ecológica da terra**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

SANT'ANNA NETO, J. L. e NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: CELIA, R. de G. S e SUGUIO, K (Org.). **Quaternário do Brasil**. 1. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005. p. 28-51.

SELBY, M, J. **Earth`s Changing surface: an introduction to geomorphology**. London: Clarendon, 1985.

SEPLAG, Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/it/dataset/dados-de-precipitacaomensal>. Acesso em: 23 de agosto de 2018.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand – silt – clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, p.151-158, 1954.

SILVA, D. N. F. **Evolução geomorfológica e sedimentação quaternária no setor oriental do piemonte da Borborema**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

SILVA, D. G. da. **Reconstrução da dinâmica geomorfológica do semiárido brasileiro no Quaternário superior a partir de uma abordagem multiproxy**. 2013. 277 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2013.

SILVA, D. N. F. **Reconstrução da Paisagem Geomorfológica através da Assinatura Geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-**

Mirim, Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

SILVA, L.C.; ARMSTRONG, R.; PIMENTEL, M.M.; SCANDOLARA, J.; RAMGRAB, G.; WILDNER, W.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; RIZZOTO, G.; QUADROS, M. L. E. S.; SANDER, A.; Rosa A. L. Z. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, Parte III: Províncias Borborema, Mantiqueira meridional e Rio Negro-Juruena. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32(4), p. 529-544, 2002.

SLAYMAKER, O. & SPENCER, T. **Physical Geography and Global Environmental Change**. Adison-Wesley-Longman, Harlow, 1998, 292 p.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blücher, São Paulo, 2003. 400 p.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 1994.

THOMAS, M. F. **Landscape sensitivity in the humid tropics: a geomorphological appraisal**. In: MALONEY, B. K. Human Activities and the Tropical Rainforest. Amsterdam: Kluwer, 1998. P. 17-47.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: a study of weathering and denudation in low latitude**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994, 460p.

TUCKER, M. **Techniques in sedimentology**. London: Blackwell, 1995.

VENEZIANI, P. **Análise de movimentos de tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG): uma correlação com processos evolutivos**. São Paulo, SP. 1987. 186f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 1987.

ZAMBELLO, F. R. **Análise multielementar quantitativa de solos e sedimentos por espectrometria de fluorescência de raios-x**. Campinas, SP. 53f. 2001. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, 2001