

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

FRANK OLIVEIRA ARCOS

MOVIMENTOS DE MASSA SOBRE DEPÓSITOS SEDIMENTARES
DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NA CIDADE DE RIO BRANCO (AC) – SW DA
AMAZÔNIA – BRASIL

PONTA GROSSA – PR
2020

FRANK OLIVEIRA ARCOS

MOVIMENTOS DE MASSA SOBRE DEPÓSITOS SEDIMENTARES
DA FORMAÇÃO SOLIMÕES NA CIDADE DE RIO BRANCO (AC) – SW DA
AMAZÔNIA – BRASIL

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), Curso de Doutorado em Geografia (Dinâmicas Naturais e Análise Socioambiental) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lígia Cassol-Pinto

PONTA GROSSA – PR
2020

A675 Arcos, Frank Oliveira
Movimentos de massa sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões na cidade de Rio Branco (AC) - SW da Amazônia - Brasil / Frank Oliveira Arcos. Ponta Grossa, 2020.
180 f.

Tese (Doutorado em Geografia - Área de Concentração: Gestão do Território: Sociedade e Natureza), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lígia Cassol-Pinto.

1. Amazônia. 2. Sedimentar. 3. Rastejo. 4. Vertente. 5. Textura. I. Cassol-Pinto, Maria Lígia. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Gestão do Território: Sociedade e Natureza. III.T.

CDD: 910

TERMO DE APROVAÇÃO

FRANK OLIVEIRA ARCOS

**"MOVIMENTOS DE MASSA SOBRE DEPÓSITOS SEDIMENTARES DA
FORMAÇÃO SOLIMÕES NA CIDADE DE RIO BRANCO (AC) – SW DA
AMAZÔNIA – BRASIL"**

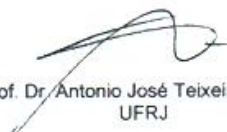
Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no
Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências Exatas e Naturais
da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:



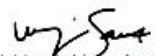
Prof.ª Drª Maria Lígia Cassol-Pinto
UEPG



Prof.ª Drª Gisela Barbosa dos Santos
UFJF


Prof. Dr. Júlio Manoel França da Silva
UNICENTRO

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra
UFRJ



Prof. Dr. Waldemar Lima dos Santos
UFAC

Ponta Grossa, 29 de setembro de 2020

A Hilza, minha esposa, companheira e amiga que
aceitou o desafio de deixar o Acre e vir para outro
estado.

A Maria Isabel, Guilherme Logan, Jorgeane,
Ybssem, Geórgia Thays e Sofia Liz.

A meus pais Raimundo, Gemima Arcos e aos
irmãos, Andrey Lúcio, Leida Mara, Ruth Helena,
Luana e Rafael Arcos.

A Antonia Hisailda, Hélio dos Santos, Val e
Kildare Meneses.

A todos (as) que se dedicam incansavelmente por
um mundo de paz, serenidade e empatia no
melhor convívio social e espiritual.

DEDICO!!!

AGRADECIMENTOS

A **Trindade Santa**, nossa infinita fonte de luz e inspiração.

Agradeço de forma especial a prof^a. Dra. **Maria Lígia Cassol-Pinto** pela orientação, ensinamentos, amizade, generosidade, e das inúmeras discussões realizadas no LAGEF que serviram de incentivo no curso desse projeto profissional (**Gratidão**). Ao Paulo (esposo da Lígia) pelas oportunas trocas de informações sobre o Rio Grande do Sul, um aprendizado permeado de tradições culturais.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) com destaque ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Geografia, pela harmônica convivência no âmbito acadêmico e seu indelével profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Alexsandre Franco, sua esposa Elenice Franco e Miguel pela convivência aqui na cidade de Ponta Grossa/PR onde, podemos afirmar eu e minha família que nossa amizade não tem preço.

Agradecer ao amigo, doutorando Ayri Rando e seu filho Pietro Rando, pela especial amizade, ajuda e acolhimento na cidade Piracicaba-SP.

Aos colegas do curso de doutorado, Arnaldo José e Alberto Silva, pela amizade geográfica que será para toda vida.

A Jaqueline Gonçalves do Laboratório da Matéria Orgânica do Solo (UEPG); Valdecir Almeida (Lab. Química) meu agradecimento pelo apoio nas primeiras análises físicas e químicas.

Ao Marco Carneiro do Laboratório de Geografia Física (LAGEF) pela troca de conhecimento e realização dos ensaios texturais na fase final do projeto.

Agradecer aos professores, Dr. Julio Manoel e Carlos Basso da Unicentro (Irati/PR) e prof. Dr. Marcel Hideyuki (UEPG-PR) pela troca de conhecimento.

Ao prof. Dr. Josimar Batista (vice-reitor/UFAC) e ao Prof. Dr. Francisco Pinheiro (UFAC) pelo apoio logístico no trabalho de campo em Rio Branco.

Ao prof. Dr. Waldemir Lima dos Santos (UFAC) pela generosidade e oportunidade de trocas de ideias sobre o projeto, meu muito obrigado.

Ao tecnólogo, Mário Júnior (UFAC) pelo apoio e disponibilidade nos levantamentos topográficos na área de estudo, vertente do bairro Vila Nova.

Ao engenheiro Agrônomo Emanuel Amaral, da empresa Vectra Ltda pela disponibilidade de material digital cartográfico.

Ao senhor Afonso e família pela autorização dos levantamentos na vertente urbana (lote residencial) no bairro Vila Nova. Grato pela colaboração e ajuda.

Ao amigo e colega de profissão Dr. Deyves Silva, sua esposa Dra. Cilmara Moreno e Laura pelos momentos especiais entre nossas famílias.

Ao Carlos, Célia, Rose, Laureci, Rosângela e, as crianças João Vitor, Luis Daniel, João Pedro e Maria Júlia, na alegria de tê-los como amigos.

Aos colegas do LAGEF Jocemar Smaha (Joca) e Carlos Rogoski pela troca de experiências e conhecimento.

Ao grupo do '**Terço do Divino Espírito Santo**', em especial a senhora Dorilda e demais colaboradores: Célia, Beatriz, Úrsula, Ângela, Maria Teresa, Francisca, Dina, Marina e Maria Hadek. Em nome da minha família, gratidão por todos os momentos e convívio salutar nesses anos que servimos ao grupo.

A família da Dona Maria Hadek, Luís Beraldo (*In memorian*), João Augusto e Luciana pelo acolhimento aqui na cidade e o privilégio de poder participar na missão de atender aos mais necessitados (Casa da Acolhida São Vicente de Paula e Lar dos Idosos Paulo de Tarso), trabalho voluntário que foi iniciado há mais de 4 décadas pela Dona Maria aqui na cidade Ponta Grossa (PR).

A família da Dona Odilene, Amaury (*In memorian*), Renata e Ubaldo pelos momentos valorosos e laços de amizade sem fim.

Aos amigos Madair e Gilvan, pela alegre convivência e amizade.

Aos colaboradores de campo, Renilson Moura, Kildare Júnior, Cláudio e Ueverton, por toda ajuda na produção dos equipamentos, instalação, coleta de informações que compuseram os dados primários da pesquisa.

E por fim, agradeço incondicionalmente a todos que direta ou indiretamente auxiliaram e contribuíram na conclusão da pesquisa.

Oração do Gaúcho

Omair Trindade

Em nome do Pai, do Filho e do Espírito Santo e com licença, Patrão Celestial.

Vou chegando, despacito, enquanto cevo o amargo de minhas confidências

Porque ao romper da madrugada e o descambar do sol,
preciso camperear por outras invernadas e repontar do céu

A força e a coragem para o entrevero do dia que passa

Eu bem sei que qualquer guasca, bem pilchado, de faca e rebenque e esporas

Se não se afirma nos arreios da vida, não se estriba na proteção do céu.

Ouve, Patrão Celeste, a oração que te faço.

Ao romper da madrugada e o descambar do sol, tomara que todo o mundo seja

como irmão

Ajuda-me a perdoar as afrontas e não fazer aos outros o que não quero pra mim.

Perdoa, meu Senhor, porque rengueando pelas canhadas da fraqueza humana

De quando em vez, quase sem querer, eu me solto porteira afora...

Êta potrilho chucro, renegado e caborteiro...

Mas eu te garanto, meu Senhor, quero ser bom e direito

Ajuda-me Virgem Maria, primeira prenda do céu

Socorre-me São Pedro, capataz da estância gaúcha

Mas pra fim de conversa vou te dizer meu Deus, mas somente pra ti:

Que a tua vontade leve a minha de cabresto pra todo o sempre até a querência do
céu.

Amém.

RESUMO

Os movimentos de massa são episódios que envolvem materiais residuais (solo) ou de rochas, e ocorrem em diferentes zonas climáticas. Tais eventos podem ser rápidos como deslizamentos ou lentos como rastejos. No Brasil tropical quanto subtropical os eventos mais relevantes ocorrem nas regiões Sudeste (Rio de Janeiro; São Paulo; Minas Gerais; Espírito Santo) e Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). No Nordeste brasileiro, nos Estados de Pernambuco e Bahia têm-se comumente deslizamentos rotacionais. Na região Norte, no Amazonas, Pará, Rondônia e Acre não são diferentes, pois os deslizamentos e rastejos estão associados à intensidade das chuvas e, em outros casos a ocupação de áreas de médio a elevado grau de declividade. Nesse sentido, em Rio Branco, os movimentos de massa ocorrem em áreas descontínuas, sem recorrências, em geral na média e alta vertente sobre as camadas litológicas da Formação Solimões. A presente pesquisa teve como objeto de estudo uma vertente situada no bairro Vila Nova e, em seu objetivo geral se propôs investigar os movimentos de massa, como possível subsídio ao planejamento do uso e ocupação do solo urbano. Para tanto, a investigação foi realizada em 4 etapas: Etapa I. Procedimentos de Gabinete; organização e sistematização da bibliografia, leitura de livros, artigos, teses e dissertações, obtidas no Banco de Teses (Capes), portal IBICT, biblioteca da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e, em periódicos nacionais e internacionais; critérios para definição da vertente urbana e aquisição de informações digitais cartográficas; Na Etapa II, com o trabalho de campo na vertente realizamos o levantamento Topográfico; Coleta de material sedimentar para análise laboratorial; Instalação do piezômetro para monitoramento do nível Freático; na Etapa III, em laboratório, ocorreram as análises físicas e químicas. A Etapa IV voltou-se a exposição dos resultados produzidos com uso do SIG, onde foram criadas as curvas de nível com equidistância de 1 metro para obtenção do MDT. Os dados de elevação indicaram que a vertente apresenta percentuais relevantes para os níveis médio (26%) e alto (40,66%). Porém, a declividade vai de 0 a 45% (0° a 25°) estimada para as classes do relevo entre 8-20%, nível ondulado (49,33%) e 20-45% (12° - 25°) forte ondulado com 34% da área da vertente. Quanto ao indicador do risco (IR) foram observados valores considerados nas classes alto, 43,33% e muito alto 46,67%. Para os solos, os Argissolos representam 51% e Plintossolos 49%. Com o levantamento topográfico identificou-se formas convexas, côncavas e retilíneas, tendo como maior conjunto às formas côncavo-convexo. Verificamos também que de acordo as profundidades 0-20; 20-100 e 100-300 cm, ocorrem o aumento do silte e argila, bem como, a redução da areia desde as primeiras camadas. Para a simulação com o modelo CRAD verificou-se que entre o P2 até o P7 ocorreu um armazenamento médio da água em 78.57 cm. Entretanto, entre o P8 e P9 o armazenamento foi de 112.72 e 130.71 cm respectivamente. Nesses pontos, a textura identificada foi argilossiltosa e franco-siltosa devido à alta concentração de silte e argila, e ocorrência de material acinzentado e pegajoso, regionalmente tipificado como 'tabatinga'. As técnicas, métodos e procedimentos utilizados foram de suma importância para obtenção dos resultados, o que nos permite afirmar que, as áreas de movimentação de massa não se demonstram homogêneas, logo devido as suas características geoambientais não pode ser expandido para o entorno.

Palavras-chave: Amazônia; Sedimentar; Rastejo; Vertente; Textura;

ABSTRACT

Mass movements are episodes that involve residual materials (soil) or rocks, and occur in different climatic zones. Such events can be fast as slips or slow as crawls. In tropical and subtropical Brazil, the most relevant events occur in the Southeast (Rio de Janeiro; São Paulo; Minas Gerais; Espírito Santo) and South (Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul) regions. In the Northeast of Brazil, in the States of Pernambuco and Bahia, there are commonly rotational landslides. In the North, in Amazonas, Pará, Rondônia and Acre are no different, as the landslides and creeps are associated with the intensity of the rains and, in other cases, the occupation of areas of medium to high degree of slope. In this sense, in Rio Branco, mass movements occur in discontinuous areas, with no recurrences, generally in the medium and high slopes over the lithological layers of the Solimões Formation. The present research had as object of study a slope located in the Vila Nova neighborhood and, in its general objective it was proposed to investigate the mass movements, as a possible subsidy to the planning of the use and occupation of urban land. Therefore, the investigation was carried out in 4 stages: Step I. Cabinet Procedures; organization and systematization of bibliography, reading of books, articles, theses and dissertations, obtained from the Bank of Theses (Capes), IBICT portal, library of the State University of Ponta Grossa (UEPG) and, in national and international journals; criteria for defining the urban dimension and acquiring digital cartographic information; In Stage II, with fieldwork on the side, we carried out the Topographic survey; Collection of sedimentary material for laboratory analysis; Installation of the piezometer for monitoring the water table; in Stage III, in the laboratory, physical and chemical analyzes took place. Stage IV turned to the exposure of the results produced using the GIS, where the level curves were created with equidistance of 1 meter to obtain the MDT. The elevation data indicated that the slope presents relevant percentages for the medium (26%) and high (40.66%) levels. However, the slope ranges from 0 to 45% (0 ° to 25 °) estimated for relief classes between 8-20%, wavy level (49.33%) and 20-45% (12 ° - 25 °) strong wavy with 34% of the slope area. Regarding the risk indicator (IR), values considered in the high classes, 43.33% and very high 46.67% were observed. For soils, Argisols represent 51% and Plintosols 49%. With the topographic survey, convex, concave and rectilinear shapes were identified, with the concave-convex forms as the greatest set. We also found that according to depths 0-20; 20-100 and 100-300 cm, there is an increase in silt and clay, as well as a reduction in sand from the first layers. For the simulation with the CRAD model, it was found that between P2 to P7 there was average water storage of 78.57 cm. However, between P8 and P9 the storage was 112.72 and 130.71 cm respectively. At these points, the texture identified was clayey and silty-loamy due to the high concentration of silt and clay, and the occurrence of gray and sticky material, regionally typified as 'tabatinga'. The techniques, methods and procedures used were extremely important to obtain the result, which allows us to affirm that the mass movement areas are not homogeneous, therefore due to their geoenvironmental characteristics it cannot be expanded to the surroundings.

Keywords: Amazon; Sedimentary; Crawling; Strand; Texture;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização do Município de Rio Branco – Acre.....	23
Figura 2 -	Incremento populacional no Estado do Acre e na capital Rio Branco.....	25
Figura 3 -	Unidades Litológicas do Estado do Acre.....	29
Figura 4 -	Chuvas e temperatura média anual em Rio Branco entre 2000 até 2019.....	40
Figura 5 -	Evolução da Temperatura Global entre 1883 até 2018.....	41
Figura 6 -	Ciclo Hidrológico da Água no Solo.....	52
Figura 7 -	Fluxo Superficial e Subsuperficial da Água a partir de um Vale Fluvial.....	54
Figura 8 -	Curva de Precipitação Pluvial versus Movimento de Massa.....	62
Figura 9 -	Mapa do Inventário dos Movimentos de Massa – Área Urbana de Rio Branco – Acre.....	75
Figura 10 -	Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos Técnicos Identificados nas Publicações.....	81
Figura 11 -	Distribuição da Precipitação – Rio Branco – 2013.....	87
Figura 12 -	Distribuição da Precipitação – Rio Branco – 2014.....	87
Figura 13 -	Mapa de Representação da Área de Estudo: Vertente do Bairro Vila Nova.....	89
Figura 14 -	Bloco Fotográfico – antes e depois do evento de 2014 – Rua da Zeli, B. Vila Nova.....	91
Figura 15 -	Aerofoto de Rio Branco – Acre – 1960.....	92
Figura 16 -	Aerofoto de Rio Branco – Acre – 1975.....	93
Figura 17 -	Folha SC.19-X-C-VI MI 1536 (Rio Branco – Acre 1980).....	94
Figura 18 -	Mosaico de Aerofotos – Rio Branco – 2003.....	96
Figura 19 -	Mosaico de Aerofotos – Rio Branco – 2013.....	97
Figura 20 -	Modelo de uma Poligonal Aberta.....	99
Figura 21 -	Levantamento Topográfico - vertente do Bairro Vila Nova.....	100
Figura 22 -	Espacialização dos Pontos de Coleta de Material Sedimentar na Vertente do Bairro Vila Nova.....	103
Figura 23 -	Produção do Piezômetro com Tubo de PVC (Policloreto de vinila)	106

Figura 24 -	Ponto de Instalação do Piezômetro – Vertente do Bairro Vila Nova.....	107
Figura 25 -	Mapa de Curvas de Nível - Vertente Bairro Vila Nova.....	111
Figura 26 -	Mapa do Modelo Digital do Terreno (MDT) – Vertente Bairro Vila Nova.....	112
Figura 27 -	Mapa das Classes de Elevação – Vertente Bairro Vila Nova.....	113
Figura 28 -	Mapa de Declividade – Vertente Bairro Vila Nova.....	115
Figura 29 -	Mapa do Indicador do Risco (IR) - Vertente Bairro Vila Nova.....	116
Figura 30 -	Mapa das Classes de Solos – vertente Bairro Vila Nova.....	118
Figura 31 -	Formas e Curvatura dos Declives no Perfil da Vertente.....	119
Figura 32 -	Perfil e Segmentos da Vertente Bairro Vila Nova.....	120
Figura 33 -	Concentração: Areia, Silte e Argila em Determinadas Profundidades – Vertente Bairro Vila Nova.....	121
Figura 34 -	Textura (%) - Vertente Bairro Vila Nova.....	124
Figura 35 -	Textura (%) (Silte e Argila) Vertente Bairro Vila Nova.....	126
Figura 36 -	Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores de Ca e Mg (Cmolc/dm ³) - Vertente B. Vila Nova.....	128
Figura 37 -	Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores de Matéria Orgânica (g/dm ³) Vertente B. Vila Nova.....	129
Figura 38 -	Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores p (Fósforo-mg/dm ³) Vertente B. Vila Nova.....	131
Figura 39 -	Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores pH (CaCl ₂) Vertente B. Vila Nova.....	133
Figura 40 -	Dinâmica: Lençol Freático - Vertente B. Vila Nova (Nov/2017 à Ago/2018).....	137
Figura 41 -	Precipitação Pluvial (Nov/2017 à Ago/2018) Vertente B. Vila Nova.....	138
Figura 42 -	Fórmula – CRAD (Capacidade de Retenção de Água Disponível).....	143
Figura 43 -	Capacidade de Retenção de Água Disponível (CRAD) – Vertente B. Vila Nova.....	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Movimento de Massa: Sistema de Classificação.....	43
Quadro 2 -	Fatores Condicionantes Associados aos Movimentos de Massa.....	47
Quadro 3 -	Agentes e Causas Potencializadoras dos Movimentos de Massa.....	48
Quadro 4 -	Métodos Avaliativos para previsão de Movimentos Massa (Escorregamentos; modelo preditivo).....	69
Quadro 5 -	Métodos utilizados no Mapeamento de Movimentos de Massa..	70
Quadro 6 -	Inventário dos Movimentos de Massa – Rio Branco –Acre.....	72
Quadro 7 -	Critérios Avaliativos para Definição do Risco em Área Urbana..	76
Quadro 8 -	Descrição Pontual da Coleta de Material na Vertente do B. Vila Nova.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tipologias da Vegetação – Rio Branco – Acre.....	37
Tabela 2 -	Pluviosidade anual de Rio Branco no período 2000 – 2019.....	39
Tabela 3 -	Precipitação Pluvial e Movimentos de Massa: período entre 1928 e 2014.....	58
Tabela 4 -	Registros de Casos de Erosão e Movimento de Massa: Região nordeste do Brasil no período de 1980 a 2017.....	63
Tabela 5 -	Artigos avaliados: Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos	80
Tabela 6 -	Pontos Amostrais, Cotas e Declividade.....	101
Tabela 7 -	Distribuição das Classes de Elevação – Vertente Bairro Vila Nova.....	114
Tabela 8 -	Distribuição das Classes de Declividade – Vertente Bairro Vila Nova.....	115
Tabela 9 -	Indicador do Risco (IR) – Vertente Bairro Vila Nova.....	117
Tabela 10 -	Segmentos, Profundidade e Textura do Material Sedimentar – Vertente Bairro Vila Nova.....	120
Tabela 11 -	Resultados - Análise Textural - Vertente Bairro Vila Nova.....	122
Tabela 12 -	Matriz de Correlação: Análises Físicas e Químicas – Vertente B. Vila Nova.....	134
Tabela 13 -	Dados do Monitoramento do Nível Freático (Nov/2017 à Ago/2018).....	136
Tabela 14 -	Resultados: Precipitação Pluvial e Monitoramento com o Piezômetro - Vertente B. Vila Nova (Nov/2017 à Ago/2018)....	140
Tabela 15 -	Resultados: Capacidade de Retenção de Água Disponível No Solo (CRAD cm) – Vertente B. Vila Nova.....	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
BD	Banco de Dados
BH	Bacia Hidrográfica
BHISFCO	Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco
Ca	Cálcio
CC	Capacidade de Campo
CEMADEN	Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
CIIFEN	Centro Internacional para Investigação do Fenômeno El Niño
COBRAPE	Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC/INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRAD	Capacidade de Retenção da Água
Ct	Caulinita
DRM/RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
Ds	Densidade do Solo
DSG	Diretoria de Serviços Geográficos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENSO	El Niño-Southern Oscillation
Esm	Esmectita
Fs	Fator de Segurança
GIS	Geographic Information System

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ig.	Igarapé
III	Ilíta
IR	Indicador de Risco (IR)
LAGEF/UEPG	Laboratório de Geografia Física
Mg	Magnésio
MM	Movimentos de Massa
NaOH	Hidróxido de Sódio
NaPO₃n	Hexametáfosfato de Sódio
NEPUT	Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra
N_{spt}	Índice de Resistência à Penetração do Solo
PMP	Ponto de Murcha Permanente
PMRB	Prefeitura Municipal de Rio Branco
PVC	Policloreto de Vinila
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto (<i>Remote Sensing</i>)
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre
UCgeo	Unidade Central de Geoprocessamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	OBJETIVOS.....	20
1.2	OBJETIVO GERAL.....	20
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.4	MOTIVAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	21
1.5	HIPÓTESE DE TRABALHO.....	22
2	CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA CIDADE DE RIO BRANCO/AC.....	23
2.1	LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE RIO BRANCO, SUDOESTE AMAZÔNICO.....	23
2.2	ASPECTOS FÍSICOS DE RIO BRANCO.....	27
2.2.1	Características Geológicas.....	27
2.2.2	Aspectos da Geomorfopedologia.....	29
2.2.3	Solos Acreanos e Mineralogia da Argila.....	32
2.2.4	Vegetação.....	35
2.2.5	Aspectos do Clima.....	38
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	42
3.1	ASPECTOS CONCEITUAIS.....	42
3.1.1	Fatores Condicionantes: Agentes Causadores dos movimentos de Massa.....	46
3.1.2	Condicionantes Geológicos.....	47
3.1.3	Condicionantes Geomorfológicos.....	48
3.1.4	Condicionantes Pedológicos.....	49
3.1.5	Condicionante: Precipitação Pluvial.....	51
3.1.6	Condicionante: Vegetação.....	55
3.1.7	Condicionante Antrópica.....	55
3.2	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E MOVIMENTOS DE MASSA.....	57
3.3	PROCESSOS FLUVIAIS EM VERTENTES URBANAS.....	64
3.4	VARIAÇÕES DO LENÇOL FREÁTICO NA RELAÇÃO COM MOVIMENTOS DE MASSA.....	66

3.5	MÉTODOS PARA ANÁLISE E COMPREENSÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA.....	68
3.6	ESTUDOS SOBRE MOVIMENTOS DE MASSA COM USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	77
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	84
4.1	PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA.....	84
4.2	ETAPA I. PROCEDIMENTOS DE GABINETE (PRÉ-CAMPO).....	86
4.2.1	Organização e Sistematização do Material Bibliográfico.....	86
4.2.2	Critério para Definição da Vertente Urbana (Área de Estudo).....	86
4.2.3	Área de Estudo: A Vertente do Bairro Vila Nova.....	88
4.2.4	Aquisição de Informações Cartográficas para Compôr o Banco de Dados.....	92
4.3	ETAPA II - PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	98
4.3.1	Trabalho de Campo na Vertente Urbana (Bairro Vila Nova).....	98
4.3.2	Levantamento Topográfico na Vertente (Bairro Vila Nova).....	99
4.3.2.1	Uso da estação total Leica modelo TS02-Plus.....	99
4.3.3	Coleta de Material Sedimentar para Análise Laboratorial.....	101
4.3.4	Instalação de (01) Piezômetro para Monitoramento do Nível Freático.....	105
4.4	ETAPA III. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO (PÓS-CAMPO).....	108
4.4.1	Análise Física: Textura do Solo (27 amostras).....	108
4.4.2	Análises Químicas.....	109
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	110
5.1	GEOPROCESSAMENTO.....	110
5.1.2	Curvas de Nível.....	111
5.1.3	Elevação.....	113
5.1.4	Declividade.....	114
5.1.5	Solos.....	117
5.2	TOPOGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO: VERTENTE BAIRRO VILA NOVA.....	119
5.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO MATERIAL DO SOLO NA ÁREA DA VERTENTE.....	122

5.4	DESCRIÇÃO ANALÍTICA E RESULTADOS QUÍMICOS.....	127
5.5	DADOS DO MONITORAMENTO: NÍVEL FREÁTICO E DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....	136
5.6	DADOS ANALÍTICOS: CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL (CRAD).....	141
6	CONCLUSÕES.....	146
7	RECOMENDAÇÕES.....	149
	REFERÊNCIAS.....	151
	APÊNDICE A - ANÁLISE QUÍMICA DO MATERIAL COLETADO DA VERTENTE DO BAIRRO VILA NOVA.....	172
	ANEXOS	174

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tropical quanto no subtropical tem-se a ocorrência de movimentos de massas, distintos dentre as regiões em intensidade e frequência. Cabe então destacar os eventos de maior expressão, seja pela grandeza, intensidade e principalmente pela área de abrangência, como os que ocorrem anualmente nos Estados das regiões Sudeste (Rio de Janeiro; São Paulo; Minas Gerais; Espírito Santo) no passado recente entre os anos de 1996 e 2011; e no Sul (Paraná, Santa Catarina (1996/2009) e Rio Grande do Sul).

Na região Nordeste do Brasil existem áreas nos Estados de Pernambuco e Bahia. Estes concentram elevado número de eventos de movimentação de massa, entre deslizamentos rotacionais e processos erosivos, que tem sua evolução associada à intensidade das chuvas que associado a outros fatores condicionantes, de certa forma, altera os níveis de instabilidade interna das vertentes urbanas.

Na região Norte, nos Estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Acre, por sua vez não são diferentes, pois estes apresentam deslizamentos (*landslides*) e rastejos (*creep*) decorrentes da ação dos fatores condicionantes. Assim, a intensidade da precipitação pluvial em locais de adensada ocupação, situada em áreas de médio a elevado grau de declividade, podem promover movimentos gravitacionais e erosões.

Em se tratando do Estado do Acre, na capital Rio Branco a partir dos anos de 1990, observou-se o interesse por estudos e pesquisas ligadas a notoriedade da temática dos eventos de movimentos gravitacionais urbanos. Dentre estes, os situados e identificados no interior das bacias de drenagem do Igarapé São Francisco e rio Acre, onde os eventos ocorrem sobre os Terraços Fluviais, Aluviões Holocênicos de origem quaternária e terrenos da Formação Solimões, onde esta última abrange cerca de aproximadamente 85% do território acreano.

Entretanto, sem a intensidade e a grandeza dos eventos das regiões Sul, Sudeste e Nordeste, na região Norte os movimentos gravitacionais ocorrem em áreas descontínuas, sem recorrências e, geralmente na média e alta vertente.

Como objetivo geral nos propusemos a investigar os movimentos de massa, como possível subsídio ao planejamento do uso e ocupação do solo urbano na cidade de Rio Branco, tendo como objetivos específicos, analisar as propriedades morfopedológicas de uma vertente representativa no bairro Vila Nova; caracterizar o regime pluviométrico e a variação do lençol freático e, determinar a sua influência

nos movimentos de massa, bem como, identificar as propriedades do material sedimentar ao longo da vertente, objeto desse estudo.

Devido à precariedade de equipamentos e ações de monitoramento, não se tem com clareza dados específicos do meio urbano da cidade de Rio Branco e maiores informações, o que de certa forma tem dificultado ao longo dos anos o estabelecimento de estratégias locais para a prevenção e mitigação dos eventos envolvendo movimentos gravitacionais, como rastejo e deslizamentos.

É nesse sentido que a presente pesquisa se direciona, visando à obtenção de dados que venham responder e confirmar quais os fatores condicionantes que se conectam e favorecem a ocorrência dos eventos na cidade de Rio Branco.

Para tanto, o estudo foi dividido em 5 (cinco) capítulos quais representam o modelo de organização das fases de elaboração e execução da tese de doutorado.

Um capítulo inicial, denominado **INTRODUÇÃO**, apresentamos a visão temática sobre movimentos de massa no Brasil e na região Norte voltado à cidade de Rio Branco, os objetivos gerais e específicos, a motivação para a realização da pesquisa e a hipótese principal.

O capítulo dois versa sobre as **CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA CIDADE DE RIO BRANCO/AC**, incluindo a localização, aspectos físicos naturais, como as características Geológicas, da Geomorfopedologia, dos solos acreanos, da Vegetação e Clima.

No capítulo terceiro a **REVISÃO DA LITERATURA** que contempla os Aspectos conceituais; os Fatores Condicionantes (Geológicos; Geomorfológicos; Pedológicos; Precipitação Pluvial; Vegetação; Antrópica e Climática); Processos fluviais em vertentes urbanas; Variação do lençol freático; Métodos para análise e compreensão dos movimentos de massa e, estudos com uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) dentre outras técnicas consolidadas na literatura.

Para o quarto capítulo têm-se os **MATERIAIS E MÉTODOS**, que se destinam a execução dos Procedimentos operacionais e foram divididos em 4 etapas: **Etapa I**. Os Procedimentos de Gabinete, voltados à organização e sistematização da bibliografia; critérios para definição da vertente urbana; a Área de estudo: a vertente do bairro Vila Nova; Aquisição de informações cartográficas para compor o banco de dados (BD); Na **Etapa II** foi realizado o trabalho de campo na vertente (B. Vila Nova) com o levantamento Topográfico; Coleta de material sedimentar para análise laboratorial; Instalação do piezômetro para monitoramento

do nível Freático; Na **Etapa III**, se deram os procedimentos de laboratório (atividade Pós-Campo) com a realização das análises físicas (textural) e químicas, e por fim a **Etapa IV**, que foi dedicada à análise pós-campo dos dados da tese.

O capítulo quinto se destinou aos **RESULTADOS E DISCUSSÃO** sobre o geoprocessamento, topografia da área de estudo, características físicas do material do Solo; descrição analítica e resultados químicos; dados do monitoramento do nível freático e da precipitação pluvial e, por fim, os dados sobre a capacidade de retenção de água disponível (CRAD) com base nas informações de monitoramento.

Os procedimentos operacionais integrados visaram a partir dos dados primários e secundários, obtidos na pesquisa de campo, a produção dos resultados da investigação sobre os movimentos de massa na área da vertente, objeto desse estudo, situada no bairro Vila Nova, zona norte da cidade.

Nesse sentido, não se tem a pretensão de exaurir a temática sobre os movimentos gravitacionais na cidade de Rio Branco. Assim, reiteramos a necessidade de um aprofundamento teórico quanto à aplicabilidade de novas investigações, com técnicas e procedimentos apropriados que visem demonstrar a evolução e interação entre os fatores geoambientais e antrópicos em meio aos estudos práticos voltados para geomorfologia urbana na Amazônia brasileira e demais regiões do Brasil.

1.1 OBJETIVOS

Para estabelecer as condições físico-naturais e preferenciais para a ocorrência de movimentos de massa na cidade de Rio Branco, se definiu o objetivo geral e os específicos, descritos a seguir:

1.2 OBJETIVO GERAL

Investigar os movimentos de massa, como possível subsídio ao planejamento do uso e ocupação do solo urbano na cidade de Rio Branco, Acre.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar as propriedades morfopedológicas de uma vertente representativa no bairro Vila Nova, situada na Bacia Hidrográfica do Igarapé São Francisco (BHISFCO);

2. Caracterizar o regime pluviométrico e a variação do lençol freático, e determinar a sua influência nos movimentos de massa na vertente do bairro Vila Nova;

3. Identificar as propriedades do material sedimentar ao longo da vertente;

1.4 MOTIVAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O processo de ocupação na cidade de Rio Branco ocorreu de forma desordenada. Tal situação se deu muitas vezes por ocupações a lotes públicos e particulares que levaram a posse da terra (MORAIS, 2000; MAIA, 2003; LEITE, 2010; OLIVEIRA, 2011). Essas ocupações ocorreram preferencialmente às margens do rio Acre e dos igarapés urbanos, por exemplo, o igarapé¹ São Francisco, curso principal que nomeia a Bacia hidrográfica homônima.

A ocupação antrópica promoveu relevantes mudanças na paisagem local, por exemplo, abertura de vias de acesso e logradouros, supressão da vegetação primária e secundária das Áreas de Preservação Permanente (APP), construção de moradias nas vertentes e fundos de vales, que contribuiu com a imediata ampliação dos aglomerados urbanos, que em outro momento se tornaram novos bairros.

Tais ações, em muitos casos se tornaram agentes potenciais para a deflagração dos movimentos gravitacionais no interior da cidade, que ao longo do tempo foram registrados em diversas áreas urbanizadas na capital.

Mesmo com o surgimento de novas áreas de movimento de massa na cidade, não se teve por parte dos gestores municipais a devida preocupação voltada a identificação das reais causas e consequências impostas pelos eventos.

¹ **Igarapé.** Denominação dada aos pequenos rios, na Região Norte (Amazônia). Igarapé é um termo indígena que significa 'caminho de canoa' (de *igara* – canoa e *pé* – trilha, caminho).

Entretanto, a motivação da presente investigação teve como escopo inicial uma pesquisa realizada no bairro São Francisco por este subscrevente, na produção de uma dissertação de mestrado, com início e execução ainda no segundo semestre de 2011, e teve seus resultados apresentados em 2013.

O bairro citado anteriormente não está muito distante da atual área de pesquisa, uma vertente representativa situada no bairro Vila Nova, que se tornou objeto do estudo e recorte espacial dessa investigação a partir dos eventos de movimentos de massa que ocorreram em março de 2014.

No sentido de subsidiar o planejamento para a cidade, quanto aos eventos de movimentos gravitacionais na área urbana, a atual pesquisa de tese na área definida, a vertente do bairro Vila Nova, vem de certa forma, buscar respostas para a ocorrência de rastejo e deslizamentos em terrenos sedimentares da Formação Solimões, na zona norte da cidade de Rio Branco.

1.5 HIPÓTESE DE TRABALHO

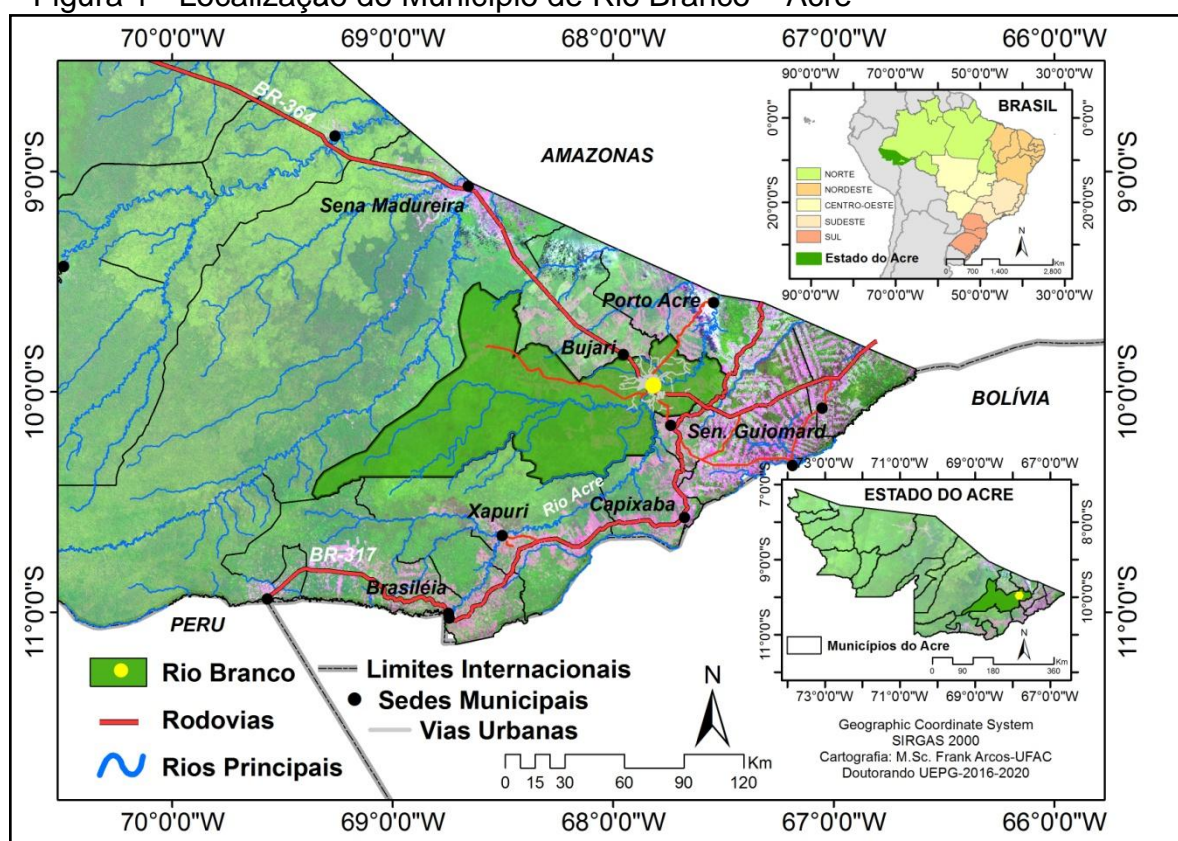
Os movimentos gravitacionais se originam prioritariamente da combinação dos fatores condicionantes, que atuam como causa e consequência principalmente em áreas urbanas, onde muitas estão foram assentadas em locais com características instáveis, nesse caso, Rio Branco (Acre) situado sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões, no sudoeste da Amazônia brasileira.

2. CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA CIDADE DE RIO BRANCO/AC

2.1 LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE RIO BRANCO, SUDOESTE AMAZÔNICO

A capital do Estado do Acre é Rio Branco. O município tem área estimada em 883.494,2 (hectares), situado na regional de desenvolvimento do Alto Acre, que corresponde a 5,4% do território acreano e, tem limites administrativos com Brasiléia, Bujari, Capixaba, Porto Acre, Senador Guiomard, Sena Madureira e Xapuri (IBGE, 2019) (FIGURA 1).

Figura 1 - Localização do Município de Rio Branco – Acre



Fonte: UCGeo (2013); PMRB (2017); IBGE (2017);

Nota: Informações organizadas pelo autor

A formação, crescimento e a expansão das cidades dentro dos Estados situados na Amazônia brasileira e, em especial no Acre ocorreram dentro de um contexto norteado pela crise do extrativismo da borracha, e dos projetos que envolveram a política de integração nacional entre as décadas de 1960-1970,

impulsionado por diversas ações do regime militar no Brasil, denominado 'integrar para não entregar' destacado em Oliveira (1988).

De acordo com Homma (2002), a criação de incentivos fiscais, em 1966,

Favoreceu a expansão da pecuária entendida como a melhor forma de ocupação, que combinava com a escassez de mão de obra e a abundância de terra. O desencadeamento do programa de colonização, em 1971, iniciando-se com a abertura da rodovia Transamazônica, colocou a região como válvula de escape para os problemas do País. Dois polos opostos de ocupação passaram a dominar a região amazônica: a 'civilização da Sudam' de megaprojetos pecuários, tendo como área principal o sudeste do Pará e o norte de Mato Grosso e a 'civilização do INCRA', em Rondônia e na Transamazônica, no trecho paraense. Estes dois processos mostraram a capacidade governamental de cumprir metas estabelecidas sem se importar com os custos sociais ou ambientais (HOMMA, 2002, p.280).

Nesse contexto, "a cidade de Rio Branco, capital do estado do Acre foi onde se mais registrou a maior ocorrência de fluxo migratório - campo-cidade, constituído de seringueiros, castanheiros e ribeirinhos expulsos de suas colocações em todo o estado" (LEITE, 2010, p.50) imposto pela crise no modelo extrativista regional.

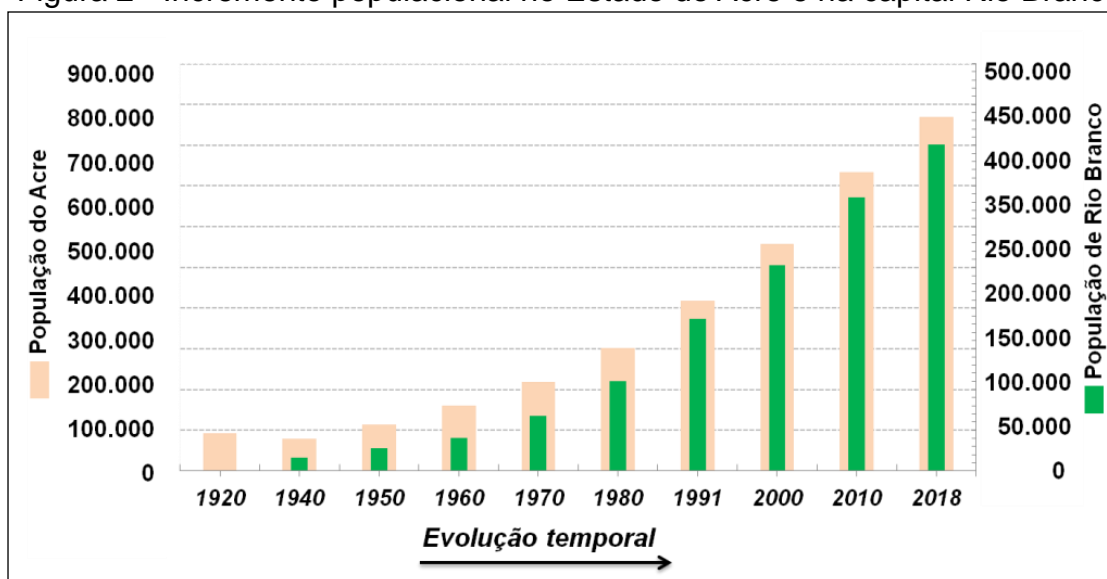
Schmink e Cordeiro (2008) destacam que o município e sua área urbana estão situados na extremidade da Amazônia Ocidental e exerce forte atração populacional, com alta taxa de urbanização, recebendo uma população oscilante e altamente diversa do interior do Acre e outras regiões do país.

França *et al.*, (2010) argumentam que a construção e expansão da cidade de Rio Branco se deu a partir de iniciativas com a criação de um conjunto de Colônias agrícolas organizadas (1940-1953) e, foram,

Fortemente incentivadas à expansão territorial por influência da quebra da produção extrativista a partir de 1953 e, posteriormente pela implantação e consolidação da pecuária após 1964. O sistema capitalista de produção urbana adotou os modelos econômicos e urbanos alheios às culturas da floresta e caracterizados pela expansão territorial sem controle, ocupação desordenada em áreas de risco e morfologias urbanas de exclusão social, solidificados a partir da década de 1970 (FRANÇA *et al.*, 2010, p.10).

A partir dos dados censitários do IBGE (2019) entre os períodos de 1940 e 2010 e estimativa até 2018, verificamos a evolução temporal no quesito população, com incremento para o estado e a capital, Rio Branco (FIG. 2).

Figura 2 - Incremento populacional no Estado do Acre e na capital Rio Branco.



Fonte: Censos Demográficos do IBGE entre 1940-2010 (2019).

Nota: Informações organizadas pelo autor

A figura 2 demonstra somente a partir da década de 1920 ocorre a contagem da população, nesse caso, em nível estadual não se chegava a 100 mil habitantes.

Com base nos novos censos realizados a partir de 1940, observa-se o aumento da população demonstrado com o fluxo interno regional entre as principais cidades que teve como fator, a exclusão social no campo (MORAIS, 2000; MAIA, 2003; LEITE, 2010; OLIVEIRA, 2011).

De acordo com IBGE (2019) Rio Branco obteve no último censo a contagem da sua população em 336.038 habitantes, com densidade demográfica de 38,03 hab/km², ficando a estimativa para 2018 em 401.155, e densidade de 45,40 hab/km².

A ascensão de Rio Branco como polo de atração econômica na região acreana, se refletiu no incremento populacional tendo como principal ação a ocupação dos espaços na área central e periférica da cidade. “O crescimento desordenado e acelerado dos aglomerados humanos, bem como a ausência de um planejamento adequado, apresenta como consequência direta o surgimento de impactos ambientais” (SILVA, 2015, p.10).

Os impactos impostos diretos ao meio natural podem ser entendidos como, supressão das áreas de preservação permanente (APP), de remanescente primário da vegetação, assoreamento dos igarapés, ocorrência de processos erosivos superficiais, e movimentos gravitacionais na área central e periferia da cidade.

Até 1953 existia apenas a parte central da cidade de Rio Branco, que era um importante entreposto com inúmeras atividades comerciais a época. Nas décadas posteriores ocorreram novas ocupações no entorno do centro da cidade, e assim, se organizou a nova periferia que permitiu o crescimento da malha urbana.

Entre 1960 e 1970, 13 novos bairros se formaram, e nas décadas de 1970 a 1980 mais 30 bairros foram adicionados ao perímetro da cidade. Muitos destes são originários dos projetos iniciados originalmente das colônias agrícolas, que foram responsáveis pela produção e distribuição de hortifrutigranjeiros para a cidade.

A partir de 1990 novos bairros se formaram tendo como ação direta às ocupações e invasões aos lotes públicos e particulares. Atualmente no perímetro da cidade têm-se definidos 131 bairros, delimitados pelo Novo Plano Diretor sancionado em 2006 e atualizado em 2008 pela Prefeitura Municipal de Rio Branco – PMRB.

Nesse contexto, o reflexo da ocupação desordenada levou a gestão municipal e estadual em investir na infraestrutura local e com isso, surgem novas intervenções e alterações no ambiente dos bairros com a readequação urbana, para a construção e pavimentação de vias, inserção da rede de drenagem e de esgoto.

A pressão antrópica vem dinamizando os espaços promovendo alterações na paisagem local. Dessa forma, a construção de residências em locais restritos a ocupação indica a falta do planejamento estratégico que reflete na desorganização da cidade. Outros problemas ocorrem principalmente os de ordem geotécnica, com alterações promovidas pelo munícipe, por exemplo, a remoção de material do solo, criando assim, condições favoráveis à perda da estabilidade das vertentes e ocorrência de rastejos (*creep*) e deslizamentos (*landslides*).

Inúmeros exemplos de ocorrências podem ser verificados no interior da cidade, principalmente nos bairros Papoco, Preventório e Don Giocondo situados na margem esquerda do rio Acre, área central de Rio Branco.

Os mesmo problemas de instabilidade de vertentes são notados há algumas décadas na margem esquerda do igarapé São Francisco, resultado da ocupação dessas áreas geotecnicamente frágeis a movimentos gravitacionais, como o rastejo e deslizamentos. Alguns bairros, por exemplo, Vila Nova, São Francisco, Placas e Raimundo Melo estão situados sobre depósitos sedimentares da Formação Solimões, onde ocorrem eventos de movimentos gravitacionais.

2.2 ASPECTOS FÍSICOS DE RIO BRANCO

Consideram-se fundamentais as características geológicas próprias, do aspecto geológico e morfopedológico que expressam o contexto biogeofísico da cidade de Rio Branco, que abordaremos a seguir:

2.2.1 Características Geológicas

O Estado do Acre, antigo território boliviano foi incorporado ao Brasil no ano de 1903 através do Tratado de Petrópolis. O estado tem uma área de 164.221,36 Km² que corresponde a 4% da Amazônia brasileira e 1,9% no contexto nacional (ACRE, 2006, p.37). Suas fronteiras internacionais são com o Peru e Bolívia e no território nacional com os estados do Amazonas (AM) e Rondônia (RO).

De acordo com Acre (2000), no estado encontram-se três regiões geologicamente distintas, a saber:

1. Sedimentos Cretáceos, identificados nas serras Rio Branco, Juruá-Mirim, Moa e Jaquirana, que constituem, regionalmente, o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor, compostas predominantemente, de arenitos e siltitos.

2. Sedimentos Terciários (Paleógeno/Neógeno): distribuídas na maior parte do Estado e representadas por sedimentos das formações Ramon e Solimões (Mioceno ao Plioceno), onde esta última é bastante diversificada, predominando rochas argilosas com concreções carbonáticas e gipsíferas, ocasionalmente com material carbonizado (turfa e linhito), concentrações esparsas de pirita e grande quantidade de fósseis de vertebrados e invertebrados.

3. Sedimentos Quaternários (Pleistoceno ao Holoceno) tipicamente reconhecidos como Aluviões Holocênicos são os sedimentos das planícies fluviais e aluviões indiferenciadas sobrepostas e discordantes à Formação Solimões. Os sedimentos das planícies fluviais constituem-se nos barrancos e praias situadas em ambas as margens dos rios com até 5 m de espessura. As praias, nas partes convexas dos meandros, são sedimentos predominantemente arenosos de granulação fina, cores branca, amarela e avermelhada (resultante do intemperismo).

As unidades geológicas no município de Rio Branco estão representadas pela Formação Solimões, que tem origem sedimentar cenozoica e recobre as bacias do Alto Amazonas e do Rio Acre, originados no período Terciário. Os aluviões e

coluviões são do período Pleistoceno; já os depósitos fluviais advém do período Pleistoceno/Holoceno e estão entre os sedimentos mais recentes característicos do período que vai do Holoceno ao Quaternário (BRASIL, 1976).

Lani *et al.*, (2012, p. 12) ressaltam que a “Formação Solimões ocupa hoje o topo da paisagem dos interflúvios acreanos, indicando que houve um soerguimento da bacia de acumulação após sua formação”.

A cidade de Rio Branco está situada sobre as 3 (três) principais unidades geológicas que são “os Terraços Fluviais, Aluviões Holocênicos de origem quaternária e a Formação Solimões” (MAIA, 2003, p. 56). Segundo Acre (2010),

Geologicamente é formada de rochas sedimentares, predominantemente pelíticas, altamente fossilíferas, sob a forma de argilitos (argila) com intercalações de siltitos (silte), arenitos finos, calcário e material carbonoso (linhito), micáceos. Ambiente redutor, a época a deposição; predominantemente lacustre localmente fluvial e flúvio-marinho, com estratificações paralelas e cruzadas tabulares e acanaladas (ACRE, 2010, p.13).

Dentre as características litológicas destacam-se os Aluviões Holocênicos (QHa) resultantes da erosão das margens dos rios que impõe determinada energia pelo seu fluxo que promove o solapamento basal, retirando e depositando assim, o material sedimentar mais grosseiro como a areia, formando algumas praias, além de do silte e argila que ficam agregados ao material depositado (LANI *et al.*, 2012).

Com base na coluna cronoestratigráfica do Acre verificam-se algumas características correspondentes as principais unidades litológicas do Estado, quais se configuram como elementos importantes da composição do processo evolutivo dentro do contexto fisiográfico regional na Bacia do Acre (FIG. 3).

Figura 3 - Unidades Litológicas do Estado do Acre

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	FORMAÇÃO	CARACTERÍSTICA DA LITOLOGIA	IDADE (Ma)
CENOZOICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Aluviões Holocênicos	(QHa) depósitos grosseiros a conglomeráticos, representando residuais de canal, arenosos relativos a barra em pontal e pelíticos relacionados a transbordamentos.	0.011 0.126 0.773 1.80 2.58 5.33 23.03 72.1 83.6 93.9 100.5
			Coluviões Holocênicos	(QHc) material grosso disposto no sopé de montanhas em forma de leque aluvial.	
			Terraços Holocênicos	(QHT) depósitos de planície fluvial, cascalhos lenticulares de fundo de canal, areias de barra em pontal e siltes e argilas de transbordamento.	
			Areias Quartzosas	(QHaq) areias inconsolidadas em interflúvios.	
		PLEISTOCENO	Terraços Pleistocênicos	(QPt) terraços fluviais antigos. Argilas, silte e areias, com intercalações lenticulares de argilitos e conglomerados.	
			Coberturas detrito-lateríticas	(QPdl) material argiloarenoso amarelado, caolinitico;	
			Cruzeiro do Sul	(QPcs) terraços, originados através de sedimentação fluvial, flúvio lacustre e aluvial, constituídos por arenitos finos a médios, friáveis, maciços e argilosos, com intercalações de argilitos.	
	NEÓGENO/TERCIÁRIO	PLIOCENO MIOCENO	Formação Solimões	(TNs) sedimentos pelíticos fossilíferos (argilitos com intercalações de siltitos, arenitos, calcários e materiais carbonosos), com origem fluvial e flúvio lacustre, com estratificações planas paralelas e cruzadas tabulares e acanaladas.	
	MEZOSOICO	CRETACEO	MAESTRICHTIANO	*Formação Divisor	
CAMPANIANO			*Formação Rio Azul	(Kra) composta de arenitos finos, com intercalações de folhelhos e níveis de calcário (na base) e para o topo esses arenitos contêm intercalações de siltitos Cinza esverdeados.	
TURONIANO			*Formação Moa	(Km) conglomerados polimíticos basais encimados por arenitos finos a conglomeráticos com estratificação cruzada. No topo, arenitos finos a médios, estratificação cruzada e níveis conglomeráticos;	
CENOMANIANO					

Fontes: Acre (2010); Cohen *et. al.* (2013, p.199-204)

Nota: Informações orgnizadas pelo autor

2.2.2 Aspectos da Geomorfopedologia

Desenvolvida sobre as estruturas plano-paralelas dos terrenos sedimentares da Formação Solimões em condições bioclimáticas tropicais (Holoceno), a paisagem acreana se constitui em sua maior parte por áreas de relevo ondulado e plano, onde, se inclui as áreas de várzeas às margens de rios e igarapés. Com esta distribuição

fica evidente a vulnerabilidade da paisagem quando a associamos as altas taxas de precipitação (AMARAL *et al.*, 1999).

As condições do relevo são uniformes, e sem variações na topografia local que estão sobrepostas a uma litologia superficial composta por sedimentos marinhos e fluviolacustres da Formação Solimões. Apresentam-se como uma constituição geomorfológica, onde o conjunto de formas mostra a evolução do relevo cuja deposição sedimentar é do final do Terciário e início do Quaternário (GAMA, 1986).

A cidade de Rio Branco encontra-se quase em sua totalidade sobre colinas, que são relevos de topo aplainado, pouco convexo, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados geralmente por vales em 'V' e eventualmente por vales de fundo plano. Uma pequena parte da cidade, próxima do rio Acre encontra-se na unidade geomorfológica de Planícies e Terraços Fluviais, que constituem áreas de sedimentação planas, resultantes de acumulação fluvial, que estão sujeitas a inundações e enchentes periódicas (BRASIL, 1976).

A cidade está dividida pelo rio acre em dois distritos. O mais adensado é o 1º distrito na margem esquerda do citado rio, sobre a unidade geomorfológica denominada Depressão do Rio Branco que apresenta altimetria entre 140 a 270m, relevo dissecado, topos convexos com presença dominante dos Argissolos vermelho-amarelos, com características plásticas e expansivas (ACRE, 2010).

Na margem direita do rio Acre está o 2º distrito, sem maiores indícios de eventos gravitacionais. Essa área está situada na unidade Planície Amazônica que é formada pela deposição em suspensão dos sedimentos da Formação Solimões. Apresenta altitudes entre 110 e 270m, alguns níveis de terraços e nas várzeas encontram-se diques, paleocanais, lagos e furos (ACRE, 2010).

Outra importante unidade é a Depressão do Endimari-Abunã e Depressão do laco-Acre. De acordo com Cavalcante (2006) as altitudes nas depressões citadas têm intervalos entre 130 e 290m que são reflexos diretos da

Ação tectônica que parece ter um papel importante na área, provavelmente uma movimentação tardia no Arco de Iquitos provocou o soergimento dessas unidades que foram posteriormente niveladas por pediplanação pós-terciária e dissecadas em diferentes graus pela drenagem atual (CAVALCANTE, 2006, p.14).

Oliveira e Ferreira (2006) descreveram em um relatório geotécnico, informações sobre os problemas de movimentos de massa ocorridos na cidade de Rio Branco com destaque para as condições topográficas, onde,

O relevo da região de Rio Branco apresenta-se por vezes bastante ondulado, as maiores elevações chegam a 215 m de altitude na porção norte da cidade e, nas proximidades do atual aeroporto e no extremo sulsudeste ao longo da BR-364, saída para Porto Velho-RO cotas em torno de 175 m. As áreas mais baixas encontram-se na calha e planície de inundação do rio Acre, próximas a 130 m. Os maiores declives são encontrados na margem esquerda do Rio Acre, bairro do Papoco na área urbana de Rio Branco, localidade do Panorama e ao longo da margem esquerda do Igarapé São Francisco. Ressalta-se que o aumento do gradiente associado à composição dos terrenos vem acarretando em problemas de escorregamento/rastejo na região orla do Rio Acre e na região do rio São Francisco (OLIVEIRA; FERREIRA, 2006, p.5).

As características geomorfopedológicas da cidade revelam a não homogeneidade do sítio urbano, uma vez que, as variações na topografia reforçam o surgimento de movimentação de massa nas vertentes. No interior da cidade observam-se relevos ondulados, pouco dissecados com uma rede de drenagem mais incisiva. A que se destacar o controle estrutural para a instalação da drenagem atual, que em muitos lugares são controlados por falhas e/ou fraturas a exemplo do Igarapé São Francisco (OLIVEIRA; FERREIRA, 2006).

As formas de relevo explicitam os condicionantes da litologia, os resultados dos processos endógenos e exógenos e sua evolução. À primeira vista, a paisagem topográfica parece imutável na escala temporal de milhares de anos. Porém na escala local e pontual apresenta modificações sensíveis no transcurso de anos e décadas. Essas alterações são originadas por deslizamentos, abertura de voçorocas, carreamento de detritos de vertentes como indicadores de desequilíbrios (ACRE, 2010) verificados na área urbana da cidade.

A relação topográfica no interior da cidade de Rio Branco associada aos fatores condicionantes (geológico e morfopedológico) e antropogênicos (ocupação urbana), ressalta que interação entre esses elementos combinados agem como deflagradores dos movimentos gravitacionais que, em uma escala espaço-temporal modificam o ambiente no contexto paisagístico local.

2.2.3 Solos Acreanos e Mineralogia da Argila

Em termos gerais os solos do estado do Acre apresentam-se bastante diversificados, seja pela existência de processos pedogenéticos acelerados em função das características biofísicas da região (SANTOS, 2013, p.97).

Os solos do Acre, do ponto de vista geológico, são jovens e foram formados a partir de processos geológicos que ocorreram com maior intensidade nessa região da Amazônia (GAMA *et al.*, 1992, p.103). As características mineralógicas e químicas dos solos da Amazônia são, em grande parte, ditadas pela natureza do material de origem (LIMA *et al.*, 2006 p.1) e, de acordo com Cavalcante (2006, p.13) e Amaral (2007, p.5) formaram-se a partir de depósitos sedimentares cenozoicos.

A paisagem Acreana constitui um dos exemplos mais marcantes da influência condicionadora da estrutura geológica, tectônica e físico-química na sua formação e evolução, por tratar-se de um estado geologicamente recente. (PACHECO *et al.*, 2009, p.1) e, devido ao intemperismo físico-químico são identificadas argilas (Ta) com presença de Ca, Mg e Al. Para Gomes *et al.*, (2013),

O predomínio de caulinita em solos da Amazônia deve-se a intensa reciclagem de silício pela vegetação florestal, favorecendo a estabilidade deste argilomineral, mesmo em ambiente altamente intemperizado. A presença de argilominerais 2:1 sugere que os sedimentos de origem (Formação Solimões) desses solos foram expostos e sofreram intemperismo no Quaternário, portanto não passaram por um processo de intemperismo tão acentuado quanto os solos lateríticos de outras regiões da Amazônia (GOMES *et al.*, 2013 p. 1) e no ciclo sedimentar os minerais de argila podem nascer, evoluir e degradar-se, adaptando-se às variações químicas e físicas dos ambientes em que se formam ou a que são transportados (NEVES, 1968, p.124).

Araújo *et al.*, (2005) afirmam que nos solos do estado do Acre são encontrados elevados teores de Al e Ca trocável. Estes solos, embora possuam elevada acidez ativa (baixos valores para pH em água) e elevados teores de alumínio trocável, apresentam baixa fitotoxicidade mesmo para variedades de plantas sensíveis ao alumínio. É possível, que alumínio, denominado como trocável, origine-se da desestabilização das esmectitas (montmorilonita e beidelita).

Por sua vez, uma grande extensão do território acreano está constituída por solos onde predominam as argilas de alta atividade e de carga permanente, baixo a médio conteúdo de óxidos de ferro, ausência de gibbsita ou outros óxidos cristalinos de alumínio. Apresentam, ainda, esmectitas (montmorilonitas e vermiculitas

interestratificadas) e quantidade variável de minerais amorfos de alumínio. Isto significa que sob o ponto de vista mineralógico, estes solos aproximam-se das propriedades identificadas nos solos das regiões temperadas (WADT, 2002).

Diante ao processo de formação dos solos do Acre resultados do transporte e sedimentação Andina que se constituíram em pacotes intercalados (Formação Solimões) que recobrem atualmente um percentual acima de 80% do estado e, ocorreu por parte de alguns pesquisadores a realização de análises mineralógicas da fração argila e silte encontrados no material sedimentar em Rio Branco.

Um dos métodos mais utilizados para determinação das frações do solo é inicialmente com a realização de tratamento das amostras em laboratório seguindo especificações técnicas apropriadas e, em seguida o uso da difratometria de raios-X.

De acordo com Calderano *et al.*, (2009) a técnica é utilizada desde a década de 1930 para determinação da estrutura cristalina, a difratometria de raios-X é essencial para a caracterização mineralógica dos argilominerais e de outros constituintes presentes nas frações granulométricas mais finas dos solos, como silte e argila. É considerada como a principal técnica para a identificação de minerais nestas dimensões e se tornou indispensável para estudos em mineralogia de solos.

Os autores ressaltam os principais grupos de minerais: “grupo da caulinita, grupo das micas, grupo das vermiculitas, grupo das esmectitas e grupo das cloritas, além de possíveis minerais interestratificados constituídos por espécimes pertencentes a dois grupos diferentes” (CALDERANO *et al.*, 2009, p.1).

Os solos possuem características específicas que são herdadas do material de origem e do ambiente de formação (SILVA, 2011) e, segundo o autor:

Mesmo áreas em processo de urbanização já apresentam solos com alterações físicas e morfológicas que são resultados de intervenções necessárias para implantação de residências e ruas. Nas áreas urbanas consolidadas não se pode dizer que há um solo propriamente dito, pois, aterros, decapeamentos e a impermeabilização do solo são tão fortes que descaracterizam aquilo que se convencionou chamar de solo. Nas áreas em processo de urbanização, a remoção da cobertura vegetal de ruas e outras “benfeitorias” podem induzir a processos que resultam na degradação dos solos, levando à perda do horizonte A, gerando ravinas, voçorocas e assoreamento dos cursos d’água e processos de movimento de massa em vertentes urbanas (SILVA, 2011, p. 43-44).

Carmo (2006) realizou pesquisa na área urbana de Rio Branco em três bairros, dentre eles o bairro Placas, que se situa nas proximidades ao bairro Vila

Nova, e ambos estão inseridos na BH do igarapé São Francisco. O autor citado identificou a ocorrência de movimentos de massa tipificados como rastejo e erosões.

Além das análises físico-químicas Carmo (2006) realizou ensaios de difratometria de raios X, identificando que a esmectita ocorre em maior proporção e, constatou que as diferenças observadas nos teores entre a esmectita (Esm), illita (Ill) e caulinita (Ct) são resultados do intemperismo, apesar de todos os solos se mostrarem relativamente homogêneos e jovens, apresentando minerais 2:1 quando nesse caso, ocorre a expansibilidade com a adição das moléculas de água fortemente marcado pela presença do lençol freático próximo a superfície.

A presença de material expansivo combinado aos elevados teores de silte e argila são resultados dos processos de formação do solo ou da deposição de sedimentos, específico para a área de estudo, a vertente do B. Vila Nova e condição essencial para a ocorrência de movimentos gravitacionais, quais estão ligados as características físico-texturais do material sedimentar, relevo e precipitação pluvial.

Costa *et al.*, (2010) pesquisaram em uma lavra de exploração de argila para indústria cerâmica no Estado de Santa Catarina, onde a área situa-se em terrenos sedimentares da Bacia do Paraná. O material coletado na mina foi analisado por difratometria de raios X e, a parte química da rocha por fluorescência de raios X.

Os autores identificaram uma grande variação vertical da mineralogia em três níveis diferentes de profundidade. Até 2,00 m há predomínio de esmectita. Entre 2,00 m e 5,50 m a esmectita é o principal argilomineral, mas com quantidade significativa de illita/mica, e acima de 5,50 m há grande aumento do feldspato potássico e mica detritica. Estudos de detalhe por difratometria de raios X e microanálises por microsonda eletrônica permitiram identificar a montmorilonita, argilomineral do grupo das Esmectitas (COSTA *et al.*, 2010).

Bernini (2010) em trabalho intitulado 'Caracterização mineralógica, identificação das substâncias húmicas e quantificação do alumínio em solos da Formação Solimões/Acre' obteve algumas amostras de solos em topossequências nos municípios de Sena Madureira, Manoel Urbano e Feijó no Acre. Embora a pesquisa se voltasse a questões da fertilidade dos solos e suas interações, no laboratório ocorreram o preparo das amostras para análise mineralógica onde, foram utilizadas a difratometria de raios X para as frações de areia, silte e argila.

Os resultados das análises por difração de raios X, obtidos da fração argila revelaram a presença dos seguintes minerais: esmectita, mica e caulinita, que têm

maior dominância, além de quartzo e lepidocrocita, em proporções reduzidas e ausentes em algumas amostras (BERNINI, 2010, p.45).

Santos (2013) realizou pesquisa de tese e coletou sedimentos em 13 pontos na BH do igarapé Judia (BHIJ) entre os municípios de Senador Guimard e Rio Branco. Com base nos resultados foi realizado à mineralogia da fração argila, onde, pode ser comparado aos materiais encontrados por Carmo (2006) na BH do Igarapé São Francisco (BHISFCO), área urbana de Rio Branco, nos depósitos sedimentares da Formação Solimões onde a cidade está situada.

A sub-bacia do Igarapé Judia está inserida na Bacia do rio Acre, e segundo Santos (2013) os dados interpretados indicam a predominância de caulinita na maioria das amostras dos solos do alto curso da bacia, seguidas de quartzo, goethita e illita. Pela composição mineralógica visualizada no âmbito da bacia, detectou-se que esses solos do alto curso são constituídos de material mais antigo, altamente intemperizado com predominância de argilas do tipo 1:1.

2.2.4 Vegetação

A floresta é um tipo de vegetação que se caracteriza pela predominância de árvores, quase sempre em densos agrupamentos. O termo é, por vezes, extensivo a toda formação fechada, mesmo baixa, como na expressão inglesa '*scrub-forest*' ou a toda formação composta por árvores, mesmo que seja aberta, como na 'floresta-parque' (ROMARIZ, 1996). No caso da floresta situada no norte do Brasil, a Floresta Amazônica, onde a "expressão designa o maior corpo florestal do planeta, ao qual Humboldt e Bonpland aplicaram o nome de *Hylaea*" (RIZZINI, 1979, p. 52).

A floresta Amazônica estende-se pelos Estados do Acre, Amazonas, Pará, Amapá, Roraima e Rondônia (EMBRAPA, 1984, p.21) e, no plano internacional está inserida em 9 países da América do Sul. Tem área estimada em aproximadamente 5 milhões de km² abrangendo cerca de 60% do território nacional (COBRAPE, 2006).

Romariz (1996) em importante expedição pelo Brasil destacou na obra intitulada - Aspectos da Vegetação do Brasil - que as tipologias da vegetação em seu princípio mais característico apresenta densa formação entre a mais perfeita forma de associação, onde, predominam árvores e uma grande variedade de outros elementos, como arbustos, lianas, cipós e epífitas, destacando que,

Sua estrutura geral apresenta, comumente, presente estratos: 1) arbóreo superior, formado por árvores muito altas (às vezes de mais de 40 m). Os troncos são erectos e as copas, em geral, não se tocam. Em algumas áreas da Amazônia, são aí comuns as castanheiras. 2) Arbóreo médio, com cerca de 20-30 m de altura. As árvores são, agora, em grande número e suas copas, frequentemente se interpenetram. 3) Arbóreo inferior que, muitas vezes, se confunde com o 4º estrato constituído pelos elementos arbustivos. Finalmente, um 5º estrato formado pelas plantas herbáceas, esparsamente distribuídas (ROMARIZ, 1996, p. 4).

No Estado do Acre a pesquisadora visitou a exuberante floresta amazônica nas proximidades do município de Plácido de Castro, onde identificou e descreveu ao seu olhar peculiar e cheio de cientificidade que alguns indivíduos ‘de maior porte apresentam na base do tronco, adaptações que aumentavam seu poder de sustentação, as ‘sapopembas (raízes tabulares)’ (ROMARIZ, 1996, p.5).

Na região acreana predominam duas grandes Regiões Fitoecológicas: a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta. Em uma pequena extensão existe também uma terceira Região Fitoecológica, a da Campinarana, restrita à parte noroeste do Estado. Tanto no Domínio da Floresta Ombrófila Densa quanto no Domínio da Floresta Ombrófila Aberta, coexiste uma grande diversidade de formações vegetais, as quais são diferenciadas principalmente pela qualidade dos solos (BRASIL, 1976; ACRE, 2000, 2006).

A distribuição espacial da vegetação com base nos estudos realizados por Lani *et al.*, (2008, p. 27), “para o município de Rio Branco foram identificados 12 tipos de tipologias florestais predominantes” que compreendem em parte a área da BH do Igarapé São Francisco, zona norte da cidade.

Com os dados obtidos em ACRE (2000, 2006) e Lani *et al.*, (2008) foi possível extrair com uso ferramentas de geoprocessamento os valores quantitativos das tipologias florestais remanescentes na área municipal na BHISFCO (Tabela – 1).

Tabela 1 - Tipologias da Vegetação – Rio Branco - Acre.

Código ZEE	Código IBGE	Descrição	Área municipal (ha)	Área BHISFCO (ha)	BHISFCO (%)
FAB + FAP	Abb+Abp	Floresta Aberta com Bambu + Floresta Aberta com Palmeiras	205.243,23	10.909,66	24,06
FABD	Abb	Floresta Aberta com Bambu Dominante	21.928,99	105,75	0,23
FAP	Abp	Floresta Aberta com Palmeiras	5.881,23	205,25	0,45
FAP - Aluvial	Aap	Floresta Aluvial Aberta com Palmeiras	37.354,34	103,42	0,22
Área Antropizada	Ap	Área urbana; assentamento; desmatamento;	227.163,58	34.045,92	75,04
			497.571,37	45.370	100

Fonte: ACRE (2006); Lani; Gomes; Pereira (2008).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Na tabela 1 os dados apresentados estão para área municipal, interior da BHISFCO, onde se localizam bairros da zona norte da cidade.

A tipologia Floresta Aberta com Bambu + Floresta Aberta com Palmeiras (FAB+FAP) de acordo com Acre (2006, p.56) “apresenta uma mistura de fisionomias, entre as quais podem ser encontradas a Floresta Aberta com grande concentração de Bambu e a Floresta Aberta com Palmeiras, bem como pequenas manchas de Floresta Densa”. Observa-se também no interior da BHISFCO a classe FAB + FAP tem maior expressividade com 24,06% recobrimo parte significativa e apresentando manchas dentro no perímetro urbano.

Floresta Aberta com Bambu Dominante (FABD): na área do município, a concentração de bambus é grande, sendo que muitas vezes essa espécie alcança o dossel, dominando a vegetação. Podem também ocorrer manchas de Floresta

Aberta com menor concentração de bambus e maior número de indivíduos arbóreos, bem como pequenas manchas de Floresta Densa (ACRE 2006; LANI *et al.*, 2008).

A floresta aberta com bambu encontra-se distribuída principalmente nos Estados do Amazonas e do Acre. “O gregarismo do bambu, nesta formação, é significativo ao ponto de ela ser denominada de ‘floresta-de-bambu’, o que a torna uma comunidade especial e restrita” (IBGE, 2012, p. 79).

Floresta Aberta com Palmeiras (FAP) é geralmente encontrada em áreas próximas a planícies aluviais de rios com grande vazão na época das cheias. Essa fisionomia se caracteriza por uma floresta de dossel aberto com presença de palmeiras, podendo também ser encontradas áreas com cipós (ACRE, 2006).

A Floresta Aberta com Palmeiras (FAP-Aluvial) tem sua ocorrência identificada em áreas aluviais ao longo dos principais rios e alguns de seus afluentes, estando distribuída por todo o Estado. Em algumas áreas, essa floresta pode ocorrer associada a manchas de Floresta Densa com árvores emergentes e em outras áreas associada a manchas de Floresta Densa (ACRE, 2006).

No interior da BHISFCO a tipologia FAP-Aluvial apresenta apenas 0,22% do remanescente florístico e tem sua ocorrência próxima à confluência do igarapé São Francisco e rio Acre. “Nessa floresta o sub-bosque é bastante denso e apresenta muito cipó, onde ocorrem, em alguns pontos, grandes concentrações de pacavira (espécie de bananeira brava)” (LANI *et al.*, 2008, p. 38).

A classe de maior expressão (antropizada) corresponde a 75,04% que reflete a ocupação e o modelo de implantação de assentamentos rurais pelo INCRA. Embora exista muita pressão para a ocupação e espacialização urbana no interior da BH, podemos encontrar remanescentes florestais primários localizados na APA (Área de Proteção Ambiental) do São Francisco e APA Raimundo Irineu Serra.

2.2.5 Aspectos do Clima

No Acre e quase a totalidade da Amazônia Legal ocorre apenas duas estações: O verão, estação seca restrita entre 3 ou 5 meses, e o inverno, a estação das chuvas, distribuídas por 7 ou 9 meses (GUERRA, 1955). A classificação de Köppen divide o Acre em tipos de clima: tropical úmido e tropical de monções. O clima tropical úmido (**Af**) é predominante na região do Vale do Juruá. Já o tropical de monções (**Am**) predomina no restante do Estado, dividido em Am1 e Am2

apresentando similaridades ao Af no que diz respeito a quantidades acumuladas de chuvas, com um período de seca de 1 a 3 meses (IBGE, 1997). A estação chuvosa inicia em outubro, sendo maio o mês de transição entre o período das chuvas e a estação seca. A estação seca vai de junho a agosto, tendo setembro como mês de transição para a estação chuvosa (DUARTE, 2006, p.311).

A temperatura média está entre 25 e 27°C, sendo que as mínimas podem alcançar valores entre 13 e 15°C e as máximas entre 34 e 36°C (DUARTE; MASCARENHAS, 2007, p. 152) e as temperaturas mais baixas acontecem em julho entre 17 e 22 °C (DUARTE, 2006, p. 315), onde se nota o fenômeno da friagem.

A friagem é resultado do avanço da Frente Polar que atravessa a Planície do Chaco e chega à Amazônia Ocidental impulsionada pela Massa de Ar Polar Atlântica. Essa massa provoca queda brusca de temperatura, irregular para os padrões regionais, chegando bem próximo de 10°C (RIBEIRO, 1971; LATRUBESSE, 1992; ACRE, 2000, 2010). Na tabela 2 verifica-se distribuição da precipitação pluvial e, na figura 4 a variação das chuvas e da temperatura entre 2000 a 2019.

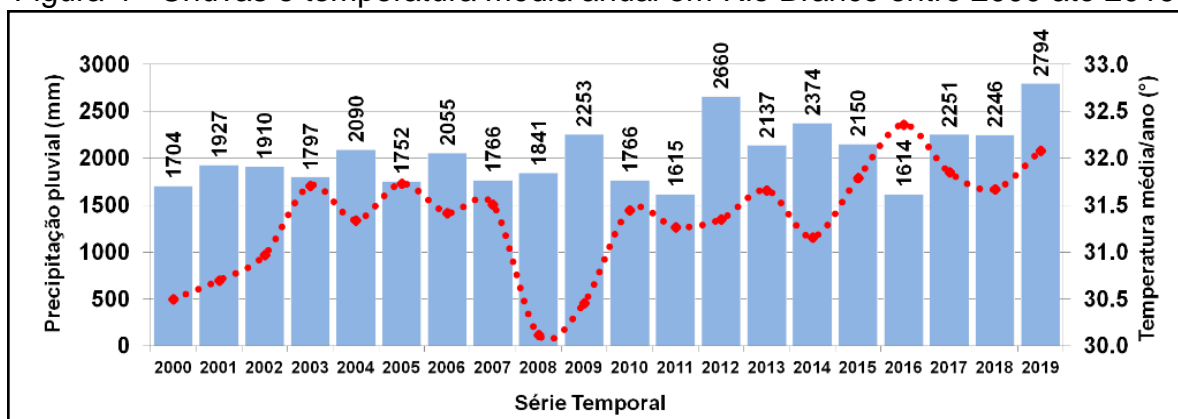
Tabela 2 - Pluviosidade anual de Rio Branco no período 2000 – 2019

Ano	Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)
2000	1704	2006	2055	2012	2660	2018	2246
2001	1927	2007	1766	2013	2137	2019	2794
2002	1910	2008	1841	2014	2374		
2003	1797	2009	2253	2015	2150		
2004	2090	2010	1766	2016	1614		
2005	1752	2011	1615	2017	2251		

Fonte: AcreBioClima (2000 a 2019); Est. Pluviométrica (cod. 82915).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Figura 4 - Chuvas e temperatura média anual em Rio Branco entre 2000 até 2019



Fonte: AcreBioClima (2000 a 2019); Estação pluviométrica – *campus* da UFAC (cod. 82915).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Podemos verificar no gráfico (Fig. 4) a distribuição média temporal (precipitação pluviométrica e temperatura) para a série apresentada e, para os padrões regionais ocorrem estritamente no verão, conhecido como inverno amazônico.

Considerando as mudanças no ambiente, em décadas anteriores ocorreu uma alternância na distribuição das chuvas e da temperatura e, com base em dados climatológicos o ano 2005 (DUARTE, 2006, p.311) onde, tais mudanças derivam da alternância dos regimes de precipitação e do aumento ou diminuição da temperatura para os eventos cíclicos atmosférico-oceânicos, *El Niño* e/ou *La Niña*.

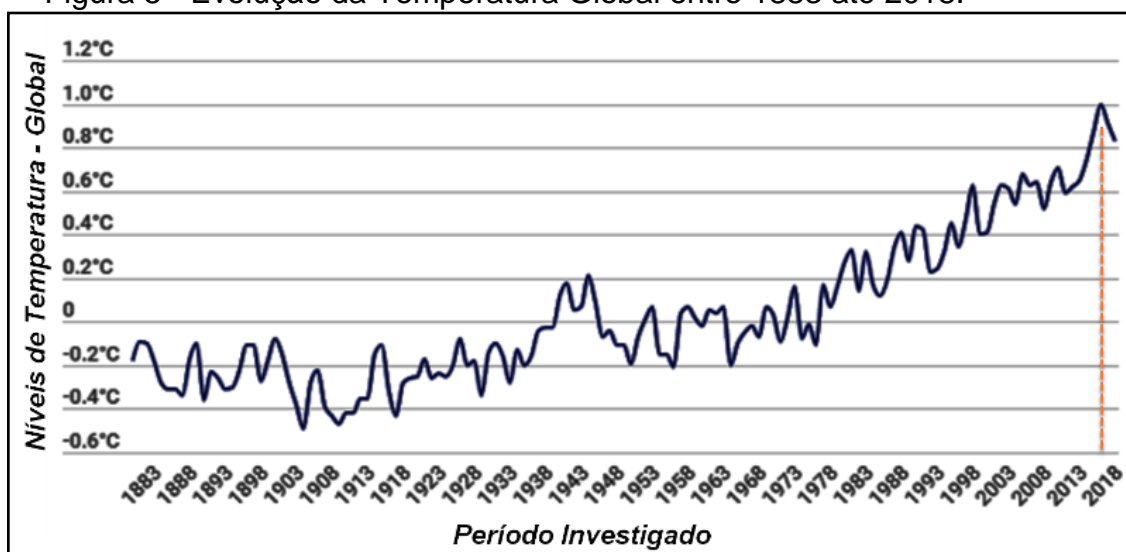
Nobre (2001) fez destaque sobre as emergências climáticas no Brasil e advertiu para o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como: secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc. Evidências científicas apontam para uma intensificação da variabilidade climática associada a eventos *El Niño/La Niña* em função do aumento do efeito estufa.

De acordo com Oliveira (2001) o fenômeno *El Niño* é o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial, conjugado com o enfraquecimento dos ventos alísios na região equatorial, provocando um déficit de precipitação pluviométrica no norte e leste amazônico. Assim, algumas regiões vão apresentar alterações anômalas nos padrões de temperatura e precipitação devido às mudanças no clima global, portanto, possíveis eventos severos devem desencadear problemas ambientais irreversíveis com amplitude em longo prazo.

A variabilidade oceânica como as flutuações do *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) no Oceano Pacífico é a principal fonte de alternância climática interna nas escalas de tempo decenais a centenárias (KRUG *et al.*, 2019, p.3).

A ação antropogênica tem sido destaque no contexto das emergências climáticas. Estudos publicados no Brasil e no mundo atribuem à alteração histórica das atividades com base em modelos probabilísticos, em observações por mais de 100 anos voltados ao aumento da temperatura global, verificado na figura 5.

Figura 5 - Evolução da Temperatura Global entre 1883 até 2018.



Fonte: Goddard Institute for Space Studies-NASA (2019).

Nota: Modificado pelo autor.

O calor de 2018 e a tendência de longo prazo de aquecimento da Terra são confirmados por cinco bases que usam metodologias diversas para produzir um compilado das médias globais. Todas mostram que a temperatura global em 2018 ultrapassou 1°C em relação à era pré-industrial. Em 2018, o ano mais quente da história, um El Niño excepcionalmente forte fez com que a temperatura atingisse 1,2°C acima da era pré-industrial (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2019).

As variações das temperaturas no ambiente produzem não apenas anomalias como furacões e tempestades, mas períodos alternados de cheias (enchentes e inundações), secas extremas e alta precipitação pluvial com volume e intensidade adversos que, facilmente podem incidir como indutores dos eventos de movimento de massa em áreas urbanizadas no Brasil, com significância para as regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ASPECTOS CONCEITUAIS

Movimentos de massa, ou movimentos coletivos de solos e de rochas, tem sido objeto de amplos estudos nas mais diversas latitudes, não apenas por sua importância como agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico (GUIDICINI; NIEBLE, 1976).

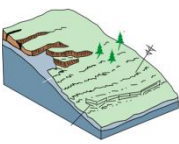





Varnes (1978) ressaltou que os movimentos de massa, a partir de uma série de eventos correlacionados podem desencadear oscilações e rupturas com a diminuição da resistência mecânica dos solos e rochas em vertentes/encostas naturais ou urbanizadas.

Esses eventos episódicos tem sido motivo de grande preocupação para a comunidade científica, pois causam de forma imediata inúmeros danos econômicos a sociedade (SCHEIDEGGER, 1984) e perdas de vidas. Sobretudo porque os processos de movimentação de massa apresentam essencialmente, remoção e deslocamento por gravidade do material terroso ou de rochas em um ambiente de relevo com médio ou elevado grau de inclinação (CROZIER, 1986).

Em linhas gerais os movimentos de massa gravitacionais são eventos influenciados pela ação direta da gravidade, da água e do gelo (SELBY, 1993). Os movimentos de massa se constituíram processos importantes na evolução do relevo e das paisagens (GUZZETTI *et al.*, 2005), assim, classificados como uma categoria de desastres naturais (LIMA *et al.*, 2010) representando uma ameaça para o homem e frequentemente causando perdas econômicas e danos materiais (DAS, *et al.*, 2010) e, tais eventos quando ocorrem em áreas habitadas, geralmente provocam prejuízos socioeconômicos ambientais (PINTO *et al.*, 2013).

Existem vários sistemas de classificações sobre movimentos de massa que ao longo dos anos foram atualizados em sua nomenclatura e normatização, aliando tipologias, características e particularidades. Dentre os sistemas elencados na literatura específica que versam sobre os processos gravitacionais, se destacam os desenvolvidos por Hutchinson (1968), Guidicini e Nieble (1976), Varnes (1978) e o mais utilizado no Brasil foi proposto por Augusto Filho (1992) descritas no quadro 1.

Quadro 1 - Movimento de Massa: Sistema de Classificação

TIPOLOGIA	MATERIAL ENVOLVIDO	VELOCIDADE	CARACTERÍSTICAS	MODELO
Rastejo (Creep)	Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada;	Muito baixas (~1.6 cm/ano) decrescentes com a profundidade;	Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; Vários planos de deslocamento (internos); Geometria indefinida;	 Rastejo
Escorregamentos (Slides)	Pequenos a grandes volumes de material; Planares – solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; Circulares – Solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; Em cunha – solos e rochas com dois planos de fraqueza;	Médias (~1.8 m/h) a altas (~3m/min);	Poucos planos de deslocamento (externos); Geometria e materiais variáveis;	 Movimento Rotacional
				 Movimento Translacional
Quedas (falls)	Material rochoso; Pequenos e médios volumes; Lascas, placas, blocos etc; Rolamento de matacão; Tombamento;	Velocidades muito altas (~5 m/seg);	Sem planos de deslocamento; Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; Geometria variável;	 Queda de Rochas
Corrida (flows)	Mobilização de solo, rocha, detritos e água; Grandes volumes de material;	Velocidades médias (~1.8m/h) e altas (~5m/seg);	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; Desenvolvimento ao longo das drenagens Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas;	 Corrida de Detritos
				 Avalanche de Detritos

Fonte: Augusto Filho (1992) *apud* Infanti Jr; Fornasari Filho (1998, p.137). Imagens: U.S. Geological Survey (2004);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

As características elencadas no quadro 1 apresentadas pelos autores, descrevem as causas atuantes originárias dos movimentos gravitacionais, quais estão correlacionados aos fatores condicionantes atuantes na modelagem do relevo.

Uma distinção clara entre os diferentes fenômenos em alguns casos na literatura, não se demonstra tão fácil em identificar todos os fatores específicos e significativos para cada evento, porque em muitas áreas, ocorrem erosões e movimentos de massa, induzidos pelos efeitos superficiais que levam a instabilidade provocando deslizamentos e rastejos (CAVALLO; NORESE, 2001).

Entre os vários fenômenos, os deslizamentos de terra são os mais comuns para a categoria de eventos naturais, que ao longo do tempo vem causando danos e perdas de vidas em várias áreas do globo (SAHA, et. al., 2002). Os movimentos gravitacionais envolvem uma variedade de materiais, que podem ser diferenciados de acordo com o tipo de material removido, ou seja, rocha, solo ou ambos envolvidos no meio líquido (águas pluviais e fluviais).

Os movimentos de massa ocorrem pela ação da gravidade, movendo-se em várias direções de forma vertical, sendo translacional ou rotacional sobre uma superfície de ruptura gerando os deslizamentos deixando cicatrizes nas vertentes (SHRODER Jr *et al.*, 2005).

Em áreas tropicais, movimentos de massa são fenômenos comuns, especialmente durante períodos de fortes chuvas, que ocorrem frequentemente na temporada de verão. Esses fenômenos têm causado perda de vidas e graves danos à infraestrutura e às propriedades e, entre os fenômenos mais proeminentes são os deslizamentos de terra que podem produzir fluxos de detritos (GOMES *et al.*, 2008).

Esses fenômenos para alguns pesquisadores são tipificados como desastres episódicos, que de acordo com Goerl *et al.*, (2009, p.7) são definidos como “processos naturais, que fazem parte da dinâmica superficial terrestre e são os principais processos modeladores da paisagem”. Wang *et al.*, (2013) enfatizam que os movimentos gravitacionais estão associados as condições geológicas, estruturas de vertentes, precipitação pluvial e atividades antrópicas.

O deslizamento é um fenômeno geológico que envolve movimento de massa de rocha, rupturas profundas de encostas ou detritos que estão misturados a fluídos. Por exemplo, movimentos gravitacionais, ocorrem com frequência na Malásia tendo como fator condicionante as fortes chuvas, especialmente durante as monções anuais, conhecido como *Southwest Monsoon*, do final de maio a setembro, e *Northeast Monsoon* de novembro a março (TAY, *et al.*, 2014).

Frigerio *et al.*, (2014) destaca eventos de movimentos gravitacionais que ocorreram no lado sudeste do Monte Carega (Alpes italianos orientais) que foi

afetado por um deslizamento, e desde 1985 ameaça o Recoaro Terme. Após a última reativação em novembro de 2010 foi registrado 637 mm de intensa precipitação pluvial em 12 dias anteriores ao evento. A época uma massa de aproximadamente 320.000m³ se destacou do Monte Carega evoluindo rapidamente para fluxo de detritos que percorreu cerca de 4 km ao longo do leito do rio.

Os movimentos gravitacionais rochosos incluem mecanismos muito rápidos que variam desde pequenas quedas de blocos de rochas a deslizamentos provocando a avalanches, porém, podem ocorrer como uma deformação lenta, contínua ou episódica de extensas encostas (BRIDEAU; ROBERTS, 2014), evoluindo do rastejo (*creep*) para eventos complexos integrados.

No Japão, os movimentos gravitacionais de rocha e solo foram classificados de acordo com a terminologia local em duas categorias. Os nomes japoneses específicos são respectivamente: '*Ji-suberi*' e '*Houkai*'. A tradução do termo para o inglês pode ser *avassaladora* para o primeiro e *colapso* para o segundo. *Ji-suberi* significa especificamente movimento lento e persistente de um grande bloco de terra que geralmente ocorre em um relevo suave como alguma recorrência. No entanto, *Houkai* significa especificamente um deslizamento de terra que ocorre em uma encosta íngreme em movimento translacional raso (TAKAHASHI, 2014).

As instabilidades compreendem um conjunto complexo de movimentos de massa gravitacionais, em vertentes naturais e artificiais. São fenômenos com escalas de dimensões variadas, desde queda de blocos em escarpas com volumes da ordem do decímetro cúbico até os escorregamentos profundos envolvendo milhões de metros cúbicos, passando por movimentos de dimensão média como os escorregamentos, desabamentos e tombamentos (PELLEGRINA, 2015).

Mesmo que os deslizamentos e escorregamentos estejam associados a regiões montanhosas, estes podem ocorrer em áreas de relevo suave ondulado. Os movimentos gravitacionais também ocorrem pela ação humana com a produção de encostas artificiais. A natureza do problema, no entanto, permanece consistente, pois, encostas instáveis podem afetar negativamente a segurança de todos, e devem ser monitoradas prioritariamente (LATO, *et al.*, 2016).

Perera *et al.*, (2017) em estudos no Sri Lanka na cidade de Badulla, argumenta que a maioria dos movimentos de massa ocorrem durante as *Northeast Monsoon*. As precipitações pluviais de intensidades médias provocam fluxos de detritos, enquanto, eventos de longa duração desencadeiam os deslizamentos. A

análise temporal da precipitação mostra uma tendência ascendente de eventos de chuva, que aumentaram a frequência dos deslizamentos de terra no Sri Lanka.

Movimentos de massa são fenômenos geológico-geomorfológicos resultado da dinâmica e transformação da crosta terrestre. Reyes *et al.*, (2018) afirmam que devido a intensidade das chuvas ocorreram fluxos de detritos no Eixo Vulcânico Transmexicano (EVT) localizado na bacia hidrográfica de La Ciénega, parte oriental do vulcão Nevado de Toluca, México.

O termo deslizamento de terra, movimentos de declive, movimentos de massa e falha de declive são considerados como sinônimos. Na literatura nacional e internacional ocorre uma confusão conceitual entre suscetibilidade a deslizamentos e perigo e deslizamento, uma vez que, existe definitiva distinção entre os critérios de avaliação e mitigação para cada um dos termos (REICHENBACH *et al.*, 2018).

Em países com clima tropical úmido, a atuação de intemperismo químico gera materiais pouco coesos e mais suscetíveis aos movimentos de massa (CARVALHO *et al.*, 2019, p.28).

No Brasil, em quase todas as regiões é verificado o aumento gradual dos registros de movimentos de massa em vertentes/encostas naturais e/ou artificiais, com destaque para o Sudeste (Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais) e Sul (Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul).

Nesse sentido, o fenômeno também ocorre em outras regiões, ano a ano, principalmente no período de intensa precipitação pluvial – chuvas de verão - (janeiro, fevereiro e março) onde, fatores como a infiltração, fluxos superficiais excessivos, saturação do solo, sobrecarga (peso de residências e árvores) combinados com a topografia (declividade), causam a perda da estabilidade do solo associados aos fatores condicionantes que possibilitam o movimento gravitacional.

3.1.1 Fatores Condicionantes: Agentes Causadores dos Movimentos de Massa

Os fatores que habilitam a instabilidade do terreno são: a geologia, morfologia do talude, drenagem, uso da terra, atividade antropogênica, sismicidade e condição climática (CROZIER, 1986).

Zêzere (2005) destaca que para definir a causa que deu início a determinado movimento de massa existe certa complexidade, pois há diversos fatores condicionantes envolvidos, podendo alguns deles atuar na redução do grau de

estabilidade, enquanto outros poderão ser responsáveis pelo desencadeamento do processo na vertente e/ou encostas.

Esses são representados pelos fatores preparatórios e desencadeantes onde, integram-se a elementos de causas internas ou externas responsáveis pela dinâmica e modelagem do relevo em vertentes naturais ou artificiais (ARAÚJO, 2004; HUABIN *et al.*, 2005) (QUADRO 2).

Quadro 2 - Fatores Condicionantes Associados aos Movimentos de Massa.

AGENTES	FATORES CONDICIONANTES
GEOLÓGICOS	Materiais alterados, enfraquecidos ou intemperizado; Materiais cisalhados, fissurados ou fraturados (descontinuidades); Contrastes na permeabilidade; Contrastes na espessura (material espesso e denso sobreposto a materiais plásticos);
MORFOLÓGICOS	Tectonismo ou vulcanismo; Qualquer tipo de erosão; Deposição no topo ou na base da encosta; Remoção da vegetação;
FÍSICOS	Chuva intensa ou excepcionalmente prolongada; Degelo repentino; Intemperismo por congelamento e degelo; Abalo sísmico; Erupção vulcânica; Intemperismo de material expansivo;
ANTRÓPICOS	Escavação da encosta ou da sua base (remoção do suporte); Urbanização; Sobrecarga do topo ou na encosta; Diminuição do nível dos reservatórios; Desmatamento; Irrigação; Mineração; Vibração artificial; Vazamentos;

Fonte: Cruden; Varnes (1996).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

3.1.2 Condicionantes Geológicos

Entre os principais condicionantes, os geológicos estão relacionados às características litológicas que constituem as rochas. Sua estrutura passa por modificações dos agentes externos e internos que potencializam o intemperismo físico, que atuam na redução da resistência mecânica dos materiais da rocha.

Os movimentos de massa ocorrem por ação gravitacional, com maior expressividade em encostas onde a declividade exceda os 45°, assim, o fluxo de detritos e queda de blocos pode ser mobilizado em função do material do solo.

Esse material em condições adversas (temperatura e precipitação pluvial) tem sua resistência mecânica rompida e fica suscetível a ocorrência de deslizamento, por exemplo, a movimentação de blocos de rocha tem suas causas ligadas a uma cadeia de eventos, muitas vezes de caráter cíclico, que se origina na formação da rocha e inclui toda a história geológica e geomorfológica da região, envolvendo movimentos tectônicos (PINOTTI; CARNEIRO, 2013).

No tocante aos fatores que deflagram os movimentos de massa, temos como antecedentes as causas possíveis da falta de estabilidade, conforme quadro 3.

Quadro 3 - Agentes e Causas Potencializadoras dos Movimentos de Massa

AGENTES	PREDISPONENTES	Complexo geológico; complexo morfológico; complexo climato-hidrológico; gravidade; calor solar; tipo de vegetação;	
	EVENTOS	PREPARATÓRIOS	Pluviosidade; erosão pela água e vento; congelamento e degelo; variação da temperatura; dissolução química; ação de fontes e mananciais; oscilação do freático; ação de animais e antrópica;
		IMEDIATOS	Chuvas intensas; fusão do gelo e neves; erosão; terremoto; ondas; vento; ação do homem;
CAUSAS	INTERNAS	Efeito das oscilações térmicas; redução dos parâmetros de resistência por intemperismo;	
	EXTERNAS	Mudanças na geometria do sistema; Efeitos de vibrações; mudanças naturais na inclinação das camadas;	
	INTERMEDIÁRIAS	Elevação do nível piezométrico em massas "homogêneas"; elevação da coluna de água em descontinuidades; rebaixamento rápido do lençol freático; erosão subterrânea retrogressiva (piping); diminuição do efeito de coesão aparente;	

Fonte: GUIDICINI e NIEBLE (1976).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

3.1.3 Condicionantes Geomorfológicos

Em se tratando dos condicionantes geomorfológicos onde, estes são responsáveis por alterações relacionadas à modelagem do relevo, Fernandes e Amaral (1996) argumentam que os fatores geomorfológicos, muitas vezes chamados de parâmetros topográficos, tratam das relações entre a forma e a hidrologia

(superficial e subsuperficial) da encosta, englobando parâmetros tais como: declividade, forma da encosta, área de contribuição, orientação das encostas, espessura do solo, comprimento da encosta, (as) simetria dos vales e elevação.

Assim em destaque, “a morfologia do terreno é um dos principais fatores que condicionam a ocorrência de movimentos. A declividade favorece o rápido deslocamento de massas de solo e blocos de rocha ao longo das encostas pelo efeito da gravidade” (DIAS; HERRMANN, 2002, p. 94).

Considerando os parâmetros topográficos (declividade, formas da vertente etc), destacam-se áreas que podem ser estudadas em escalas de 1:2000; 1:5000 e 1:10000, pois, nestes locais são observadas pequenas movimentações na vertente, que por vezes são ignoradas pelos estudiosos por entenderem não apresentar elementos deflagradores que indiquem possibilidade a movimentação de massa.

Tal situação se constitui em um equívoco, uma vez que, elementos internos, por exemplo, a textura do solo (areia, silte argila) e flutuação sazonal do lençol freático está relacionada a problemas quanto se tornam a causa para a perda da estabilidade do solo, desencadeando o movimento de massa.

De acordo com Farah (2003, p.48) verificam-se “uma primeira e importante constatação: no ambiente natural, as encostas podem ser consideradas como terrenos em equilíbrio transitório, principalmente expostos à ação da gravidade e a agentes subsuperficiais e externos à superfície terrestre, que tendem a remodelá-las, procurando transforma-las em terrenos planos”.

A estabilidade das vertentes ou encostas está diretamente condicionada a alguns fatores voltados as características geométricas, geológicas e fisiográficas.

Em seu estado natural, as encostas podem estar assim, muitas vezes expostas a instabilizações. “Os principais processos naturais de instabilização que se verificam são os denominados transportes de massa (erosões e processos correlatos), e os movimentos gravitacionais de massa” (FARAH, 2003, p.52).

3.1.4 Condicionantes Pedológicos

Entretanto, para os condicionantes pedológicos, o elemento solo está ligado a outros “condicionantes de processos de movimentos de massa, como a geologia, geomorfologia e a pluviosidade configuram-se como fator individual que influencia e

sofre ação dos fatores erosivos, em função da sua textura, estrutura, permeabilidade e densidade” (PINTO *et al.*, 2013, p.107).

Os processos de formação de solos a partir da alteração local de uma rocha matriz ocorrem em quase todos os tipos de clima, dando origem à formação do denominado manto de alteração, que se constituem por camadas de solos de diferentes características, definidas pelos diferentes processos de transformação por que passaram e por características da rocha-mãe (rocha-matriz). Tais processos são bem mais intensos e rápidos em climas tropicais que compreendem parte importante do território brasileiro (FARAH, 2003).

Através da sua decomposição e desintegração, a rocha matriz fornece matéria-prima para a formação dos solos, assumindo um importante papel na determinação de suas propriedades. As características das rochas que influenciam mais diretamente na gênese dos solos são: composição mineralógica, resistência mecânica e textura (GUERRA; BOTELHO, 1996).

A textura é uma das mais importantes, devido à estreita relação com as propriedades de coesão do solo, estabilidade dos agregados, assim como, a permeabilidade. O domínio das frações areia fina, por exemplo, favorece uma maior erodibilidade, enquanto elevados percentuais de areia grossa permitem maior permeabilidade e, portanto, menor erodibilidade (MAFRA, 1999).

A classe textural é “determinada pela distribuição do tamanho de partículas e juntamente com o tipo de argila marcadamente afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos” (REINERT; REICHERT, 2006, p.4).

Fatores afetam a retenção da água, sendo o principal a textura, pois ela define a área de contato entre as partículas sólidas e as proporções dos poros de diferentes tamanhos, influenciando na presença de maior ou menor quantidade de cargas no solo. Solos argilosos apresentam mais cargas que os arenosos, assim retêm elevado teor de água. Argilas 2:1 apresentam mais cargas e retêm água com maior energia (UHDE, 2009).

Os minerais do grupo da esmectita, geralmente apresentam as piores propriedades mecânicas, uma vez que possuem uma estrutura expansível, onde as moléculas de água podem se introduzir entre as camadas triplas (duas de tetraedros de silício e uma de octaedros de alumina/2:1), originando alta plasticidade, características de expansividade/retração e baixo coeficiente de atrito interno

(MINEROPAR, 2010), logo, as argilas, como a montmorilonita, vermiculita e a illita, que devido às suas características cristalográficas, têm propriedades que aumentam a retenção de água (SILVA, 2013, p.28).

3.1.5 Condicionante: Precipitação Pluvial

A infiltração é um “fenômeno complexo, dependente de inúmeras variáveis, relacionadas às características físicas e morfológicas do solo, e apresentando uma dependência especial do teor de água no perfil e à condição da superfície” (REZENDE; SCALOPPI, 1985, p.227).

Costa *et al.*, (1999 p.131) argumentam que dentre “as características do solo, a capacidade de infiltração é uma das principais, pois reflete a capacidade máxima que o solo tem em permitir a entrada de água no seu interior”.

A água no aumento das forças atuantes no solo está relacionada ao peso do solo saturado pela água da chuva, bem como pelas pressões laterais, resultantes de expansão, aumento do volume do solo, quando há presença de argila ativa, ou seja, pequena quantidade de argila em solo com alto índice de consistência (teor de umidade limite entre os estados plástico e líquido). Sua atuação na redução da resistência dos materiais está associada ao intemperismo e à redução da coesão do material diante da elevação do nível freático (PRIETO, 2018).

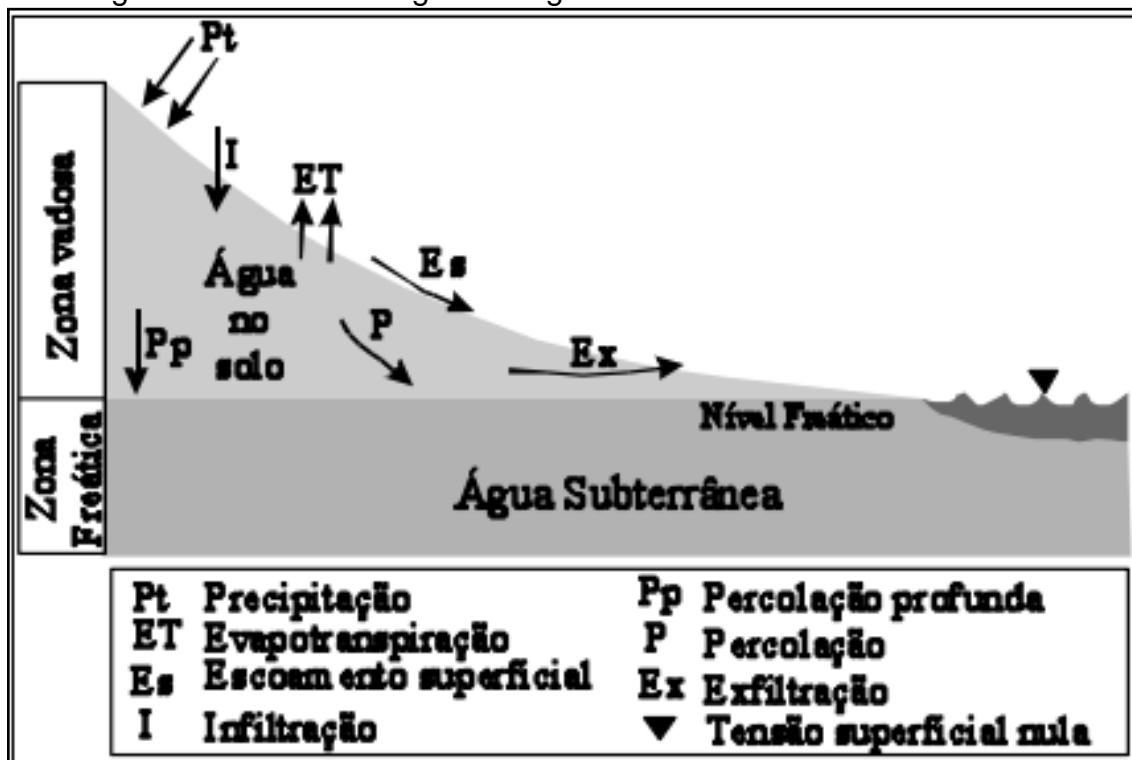
A intensidade das chuvas, mesmo que de curta duração, pode ocasionar a perda de coesão do solo, que assim, pode se deslocar e mobilizar em declive pela ação da gravidade de forma lenta ou abrupta. Em períodos de chuvas menos intensas, mas prolongadas ocorre à saturação do solo e, com isso, podem ocorrer elevações importantes do nível de água subterrânea, com consequente aumento da carga piezométrica, o que tende a originar escorregamentos (FARAH, 2003).

Nesse sentido, o acúmulo da água infiltrada incide na saturação do solo e, o volume de chuvas (mm/h) em muitas ocasiões é considerado a causa deflagradora do movimento de massa. “A ação progressiva, por exemplo, produz alterações da densidade do solo, diminuindo a coesão e aumentando o peso do solo, diminuindo a resistência ao cisalhamento” (SOARES, 2006, p.24).

Nessa relação, “a infiltração assume um papel importante para a esculturação do relevo, tendo em vista que ela é responsável pela disponibilização de água proveniente da atmosfera para os horizontes superficiais do solo,

possibilitando a atuação dos mais diversos processos pedogenéticos” (MORAIS, 2012, p.73). O autor destaca o modelo produzido por Schoeneberger e Wysocki (2005) onde apresentam o ciclo hidrológico da água no solo (FIGURA 6).

Figura 6 - Ciclo Hidrológico da Água no Solo



Fonte: Morais (2012).

Silva e Kato (1998, p.1149) destacam que dentre os “diversos parâmetros componentes do ciclo hidrológico, pode-se afirmar que a infiltração é dos mais importantes, pois, junto com a precipitação, determina a quantidade de água que fica disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento dos lençóis freáticos”. “A infiltração da água no solo é um processo importante da fase terrestre do ciclo hidrológico, uma vez que determina quanto de água da chuva penetra no solo e quanto escoam superficialmente” (LIMA, 2008, p.110).

Lima (2008) define que o movimento da água dentro do perfil é comumente referido como percolação. A infiltração é desta forma, um processo de superfície, ao passo que a percolação é um processo interno. Os dois processos, todavia, estão intimamente ligados, já que a infiltração não pode continuar se não houver percolação da água dentro do solo.

De acordo com Gomes (2001, p.47) “as águas de infiltração dão lugar a movimentos de remoção de materiais quando a umidade excessiva provoca a perda

de coesão do solo, ou seja, quando excede os limites de plasticidade ou de liquidez”. Nesse sentido, vários autores citam como bioindicador a relação inversa e proporcional entre a densidade do solo e a infiltração da água.

Libardi (2005) argumenta que a água pode ser definida como uma solução livre, de mesma concentração e temperatura que a solução no solo e cuja superfície plana é considerada como referência gravitacional e sujeita à pressão atmosférica do local onde a medida é feita.

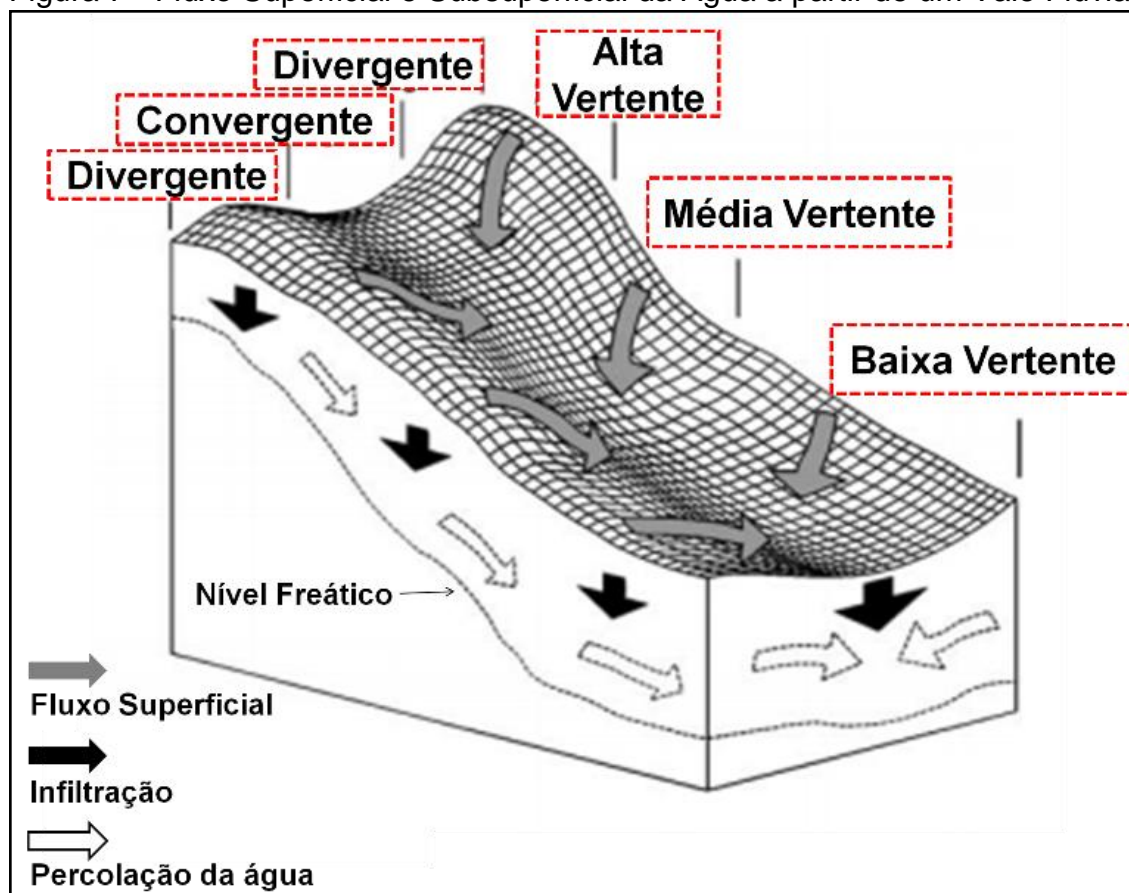
Quando ocorre precipitação de baixa intensidade, a circulação da água no solo em subsuperfície ocorre paralelamente ao contato entre os horizontes de solo com contraste de permeabilidade e em chuva de curta duração, a capacidade de drenagem do solo não chega a ser excedida. Porém, quando a capacidade de drenagem é excedida por tempo suficiente e a poropressão aumenta substancialmente (SELBY, 1993 *apud* PRIETO, 2018, p. 21).

Dois são os processos que explicam a retenção da água num solo não saturado. No primeiro, a retenção ocorre nos chamados poros capilares do solo e pode ser ilustrada pelo fenômeno da capilaridade, o qual está sempre associado a uma interface curva água-ar. No segundo, a retenção ocorre como filmes de água presos às superfícies dos sólidos do solo, pelo fenômeno da adsorção. Desses dois fenômenos, o mais relevante é o da capilaridade (LIBARDI, 2005).

Outro método utilizado no que se refere à obtenção dos resultados da capacidade de retenção da água disponível no solo (CRAD) foi proposto em Brady e Weil (2013, p.178) e, os resultados da quantificação do armazenamento da água disponível entre as profundidades serão apresentados no capítulo específico.

Para tanto, em se tratando de fluxo superficial, taxa de infiltração/tempo, não se pode esquecer o fator topográfico, que nesse sentido, tem-se o padrão dos fluxos convergentes e divergentes (FIG. 7) das linhas de fluxo da água em superfície e/ou subsuperfície, que se ligam as formas da vertente nos segmentos verticais (côncavo; convexo ou retilíneo) na modelagem do relevo pela dinâmica preferencial dos fluxos em relação à topografia da vertente/encosta no seguimento do vale.

Figura 7 - Fluxo Superficial e Subsuperficial da Água a partir de um Vale Fluvial.



Fonte: Adaptado de Schoeneberger e Wysocki (2005).

Nota: informações organizadas pelo autor.

Nesse caso, as formas verificadas na vertente distribuem os fluxos, onde, a concavidade retém a água no solo e, a forma convexa (divergente) concorre para a dispersão da água, logo “o solo pode ficar momentaneamente saturado próximo à superfície quando as taxas de precipitação são maiores que a taxa de infiltração” (MORAIS, 2012, p.77).

Assim, a relação com o plano de curvatura na vertente atua na velocidade descendente do fluxo hídrico que retira as partículas superficiais do solo, ocorrendo assim, a aceleração e desaceleração no processo erosivo e, posteriormente a fase final de deposição.

A curvatura no plano é a taxa de variação da declividade na direção ortogonal à da orientação da vertente e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto a curvatura no perfil é a taxa de variação da declividade na direção de sua orientação e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do terreno sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água sobre o mesmo (ANJOS *et al.*, 2011).

3.1.6 Condicionante: Vegetação

Vários estudos sobre a vegetação, que tem a ação de minimizar os impactos da chuva, radiação solar e temperatura, vem em contraponto ao desmatamento desenfreado e observado em áreas sensíveis nos biomas brasileiros, levando em muitos casos ao surgimento de processos erosivos e movimentos gravitacionais.

Nesse aspecto, a vegetação assume um papel relevante, que de acordo com Dias e Herrmann (2002 p.94) “nem sempre o maior número de movimentos ocorre nas áreas mais íngremes. Isto se deve a variações no tipo de cobertura vegetal e ao fato dos terrenos mais íngremes geralmente serem constituídos por afloramentos rochosos desprovidos de cobertura superficial”.

A proteção pela vegetação pode ser assim elencada: proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas que, formando canáliculos no solo, aumentam a infiltração da água; melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica; diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Tabalipa e Fiori (2008) destacam que o produto desmatamento de uma encosta gera uma série de efeitos que reduzem o coeficiente de segurança dessa mesma encosta, pois cessa a proteção realizada pelas partes aéreas da floresta, reduz os efeitos mecânicos do sistema radicular por deteriorização dos tecidos vegetais e faz com que os efeitos climáticos ocorram diretamente sobre o solo.

O desmatamento das vertentes para ocupação é um fator direto. Tal ação produz nessas áreas além da retirada da cobertura vegetal a remoção de material do solo. Nesse sentido, surgem os problemas de ordem estrutural, por exemplo, os efeitos da chuva e a saturação do solo criam condições para a instabilidade e diminuição da resistência mecânica, deflagrando o movimento gravitacional.

Dessa forma, o estudo da dinâmica e processos em vertentes pressupõe um “sistema hidrodinâmico ajustado a um conjunto de parâmetros nos quais os materiais superficiais inconsolidados são sustentados por forças coesivas e de fricção, respectivamente de natureza química e física” (MOLINARI, 2010, p. 80).

3.1.7 Condicionante Antrópica

A ação antrópica atualmente está entre os fatores condicionantes que resultam em modificações no relevo e, por conseguinte ativam processos internos e externos nas vertentes ou encostas artificiais.

O avanço das diversas formas de ocupação do solo em áreas naturalmente susceptíveis aos movimentos de massa acelera e amplia os processos de instabilização. As principais modificações oriundas das interferências antrópicas indutoras dos movimentos de massa dizem respeito a: remoção de cobertura vegetal; execução de cortes e aterros inadequados; saturação do solo por meio do lançamento e concentração de águas pluviais e servidas; vazamentos na rede de abastecimento e esgoto; presença de fossas; lançamento de lixo nas encostas e taludes; e cultivo inadequado do solo, entre outros (MINEROPAR, 2010).

A atividade antropogênica impõe modificações à paisagem urbana que, associado à falta de planejamento e conhecimento antecedente do meio físico, ocupam os espaços e, nessa ação, modificam a dinâmica do ambiente e, tem-se como causa o surgimento de locais susceptíveis a movimentação de massa.

Girão (2007) argumenta que desde a década de 1950 as grandes cidades passam por um processo de crescente urbanização que, todavia, não recebeu por parte dos órgãos governamentais o reconhecimento, ou aplicação, de modelos de organização territorial e gestão dos espaços urbanos em expansão e,

Tal aspecto responde, em parte, pela ausência, ao longo da segunda metade do século XX, de infraestrutura e disponibilidade de serviços urbanos em porções consideráveis desses centros urbanos brasileiros, geralmente localizados em áreas ocupadas por contingentes populacionais de baixo poder aquisitivo e que responderam pela expansão horizontal da malha urbana (GIRÃO, 2007, p. 87).

Nesse sentido, Silva (2011) destaca que:

As modificações executadas na paisagem para a implantação de cidades afetam diretamente a dinâmica hidrológica, alterando os caminhos por onde a água circula. A retirada da cobertura vegetal produz alterações muito drásticas no ciclo hidrológico, capazes de provocar grandes danos nas áreas urbanas. Quando a ocupação é de forma desordenada a degradação do solo é maior. Processos erosivos, movimentos de massa e inundações respondem por parte dos danos ambientais em áreas urbanas (SILVA 2011, p. 57).

No Brasil, a aceleração descontrolada vem modificando as formas de adaptação da urbanização ao relevo. O relevo constitui a expressão física das condições de equilíbrio reinantes na litosfera, ou seja, no substrato de todos os equipamentos implantados pelo homem (SAADI, 1997) onde, se destaca que,

O preço pago pela inobservância das mínimas regras impostas pela natureza tem sido muito caro para as populações e administrações dos centros urbanos. Além dos desastres ecológicos de vários tipos, as consequências estenderam-se muitas vezes a perdas de vidas humanas e patrimônios privados e/ou coletivos. As raras lições aprendidas com as desagradáveis consequências dessas catástrofes, num contexto recente de conscientização ecológica, permitiram a emergência progressiva de uma cultura do planejamento urbano, que inclui maior respeito para com a geodinâmica da superfície terrestre (SAADI, 1997, p. 1).

Entretanto, em meio a leis municipais sancionadas, como Planos Diretores, códigos de obras e postura das cidades, onde, mesmo com essas determinações jurídicas ainda se observam a ocupação dos espaços urbanos. Tais espaços uma vez ocupados se tornam a princípio áreas potenciais a eventos críticos naturais.

Assim, Girão e Corrêa (2004, p.46) afirmam que “a lixiviação, erosão dos solos ou movimentos de massa, terem suas origens com ou sem a intervenção antrópica, deve-se considerar que as modificações impostas pela ação do homem se constituem em fator acelerador e de ampla repercussão espacial”.

3.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS: PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E MOVIMENTOS DE MASSA

No Brasil os movimentos de massa gravitacionais estão associados às condições bioclimáticas. A litologia, classe textural dos solos, declividade, vegetação e a “atividade humana encontram-se também entre os principais fatores susceptíveis para criar condições de instabilidade e desencadear os movimentos de massa” (SANTOS 1997, p.94). Em países de clima tropical, nos quais os verões são marcados por episódios de chuvas intensas, a água é considerada um dos principais agentes deflagradores de movimentos de massa (LANA; MONTADON, 2018, p.2).

As precipitações pluviais causam os processos erosivos e atuam como estágio potencializadores de eventos destrutivos no ambiente. Os volumes de precipitação, além de provocar a instabilidade de vertentes dado as condições da topografia e do solo causam, em quase todas as regiões danos de ordem social com

perdas materiais e de vidas. Nesse cenário episódico, as chuvas torrenciais e de elevada intensidade aliada a outros fatores ativam a instabilidade do solo e contribuem diretamente movimentos de massa gravitacionais.

Em décadas passadas registraram-se no país inúmeros eventos desastrosos que vitimaram inúmeras pessoas, e deixaram vultosos prejuízos econômicos.

No Brasil os eventos de movimentos de massa em sua grande maioria estão ligados à dinâmica bioclimática, onde, diversos elementos e fatores associados são notadamente o centro da deflagração do evento.

Nesse sentido, selecionamos os mais representativos eventos que tiveram sua ocorrência deflagrada pela precipitação pluvial. Muitos destes eventos foram registrados a partir de uma série de monitoramento das condições atmosféricas. Os dados expressam a magnitude dos eventos com relação direta da pluviosidade, que consistem na origem dos movimentos de massa (Tabela 3).

Tabela 3 - Precipitação Pluvial e Movimentos de Massa: período entre 1928 e 2014

UF	Localidade	Ano do Evento	Estimativa de Vítimas	Precipitação (mm)	Tempo (h)	Mês
SP	Santos	1928	82	450	8	MAR
MG	Vale do Paraíba	1948	250	400	24	DEZ
SP	Santos	1956	64	450	8	MAR
RJ	Rio de Janeiro	1966	200	268	24	JAN
RJ	Serra das Araras	1967	1700	275	3	MAR
SP	Caraguatatuba	1967	120	851	24	MAR
RJ	Rio de Janeiro	1983	82	120	24	FEV
BA	Salvador	1995	30	381.9	48	NOV
SP	São Vicente / Ilhabela	1995	6	217	13	MAR
SC	Florianópolis	1996	0	120	3	MAR
AM	Manaus	1999	30	170	8	NOV
SP	São José dos Campos	1999	1	142.3	12	JAN
PE	Olinda	2000	9	125.9	48	AGO
RJ	Teresópolis	2002	10	140	4	DEZ
SC	Itajaí	2008	135	341	24	NOV
MG	Teófilo Otoni	2010	1	70.5	5	MAR
RJ	Niterói	2010	3	288	24	ABR
RJ	N.Friburgo/Petróp/Teresópolis	2011	905	166	24	JAN
SP	Mauá	2011	5	80	3	JAN
AC	Rio Branco - B. Vila Nova	2014	0	383	12	MAR

Fonte: LOPES, J. A. U. (2017).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Dentre os registros, o mais emblemático ocorreu em março de 1967, quando uma anomalia atmosférica despejou 275 mm de chuva com duração e intensidade de 3 horas no complexo Serra das Araras (RJ) provocando enormes deslizamentos vitimando aproximadamente 1700 pessoas.

Para os outros casos identificados dentro do contexto regional, podemos verificar que nas décadas correntes mais precisamente nos meses de novembro, dezembro, janeiro e março ocorreram os eventos com maior intensidade e significância, resultando em prejuízos econômicos e perdas de vidas.

As chuvas antecedentes registradas aos eventos produziram um acúmulo da substancial da água no solo. O volume que infiltrou no solo em condições climáticas adversas em muitos casos concorreu para deflagrar os movimentos de massa.

Aliado ao fato corrente que ano a ano deixa suas marcas na sociedade, inúmeras pesquisas foram realizadas no intuito de compreender e entender a dinâmica dos eventos e, em outros casos se anteciparem como forma de prever com base em modelos empíricos o momento para a ocorrência futura do fenômeno.

Smyth e Royle (2000) realizaram estudo de caso para Niterói (RJ) cidade da região metropolitana do Rio de Janeiro que se objetivou na análise, interpretação e compreensão dos fatores condicionantes que potencializam os deslizamentos na área urbana. Os autores destacam a correlação entre as variáveis litologia, declividade, uso e ocupação, tipologia do solo e precipitação como elementos que associados causam os desastres ambientais urbanos.

Martínez *et al.*, (2009) estudaram os efeitos da La Niña para a década de 2008 sobre as anomalias da temperatura e precipitação que causaram inundações e deslizamentos de terra em países da América do Sul. Os estudos se deram a partir de dados apresentados pelo CPTEC/INPE² e CIIFEN³ que identificaram variações de temperatura abaixo do padrão normalizado entre 1971-2000. Na Venezuela ocorreu a passagem da tempestade tropical Omar que trouxe inúmeros problemas. Na Colômbia devido às inundações e movimentos de massa 165 pessoas morreram e mais de 1,8 milhão de foram atingidas.

Com índices pluviométricos acima do normal a estação chuvosa no Equador teve seu início mais cedo nos últimos sete anos. Durante janeiro e Fevereiro de 2008, enquanto La Niña estava diminuindo, a chuva foi registrada na maior parte do

² Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - www.cptec.inpe.br

³ Centro Internacional para a Investigação do Fenômeno *El Niño* - www.ciifen.org

país afetou zonas costeiras com inundações e, em zonas montanhosas ao norte do país ocorreram os deslizamentos e movimentos de massa (MARTÍNEZ *et al.*, 2009).

Montalvo-Arrieta *et al.*, (2010) realizaram estudo onde se analisou a partir de dados geológicos, declividade e da estrutura das falhas, que foram correlacionadas aos períodos de intensa chuva na Região Metropolitana de Monterrey, no México. Os autores identificaram a incidência dos deslizamentos devido aos períodos de anormalidade pluviométrica que também provocaram as tempestades tropicais, que vitimou inúmeras pessoas. Outro ponto relevante é a ocupação humana e desordenada dos vales montanhosos, que expõe de forma iminente a população aos deslizamentos e a destruição por rolamentos de blocos.

Na segunda década dos anos 2000 o Serviço Geológico do Brasil iniciou a realização de mapeamentos em algumas áreas críticas no país com o objetivo de montar um BD municipal. Como resultado vários mapas foram disponibilizados para as sedes da defesa civil em cada município e os dados finais visavam à consolidação das ações junto ao CEMADEN (Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) (MENDONÇA; SILVA, 2015, p. 2).

No estado do Acre foram realizadas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM, a partir de 2015, com base nas informações e registros históricos de inundações na região, algumas pesquisas na bacia do Acre e o mapeamento preferencial naqueles municípios com elevado potencial para risco a inundação e movimento de massa. Para tanto, o município preterido foi Porto Acre, na margem esquerda do rio Acre.

No mapeamento foram identificados os processos de MM e erosão fluvial – Terras Caídas - que vem comprometendo a margem onde se está assentada a cidade e na ocasião propostas de mitigação dos danos e da ocorrência do fenômeno foram descritas em relatório técnico do SGB/CPRM.

Brilhante *et al.*, (2016), em estudo realizado sobre a degradação ambiental em Rio Branco (AC) às margens do rio Acre, no período entre 2010 e 2015, observaram através de imagens do satélite *Quickbird* a evolução temporal da supressão da vegetação, aumento dos processos erosivos, voçorocamento e desbarrancamento provocado pela força do solapamento nos barrancos do rio.

Os autores concluíram que a remoção e substituição da vegetação original por frutíferas e o bambu não obtiveram êxito quanto à diminuição dos efeitos erosivos antes e/ou durante as cheias regionais. Destacaram também a ocupação

irregular da área central da cidade e que seus moradores convivem com essa realidade nesse ambiente vulnerável nos períodos das cheias regionais.

Não obstante, Nascimento e Simões (2017) realizaram estudo integrado com a avaliação na margem de dois cursos de água (Rio Acre e Igarapé São Francisco) situados na cidade de Rio Branco. Os autores avaliaram os riscos potenciais a movimentação de massa nas áreas a partir da compartimentação fisiográfica e caracterização geotécnica.

Os dados da pesquisa foram obtidos com o uso do SIG e ferramentas do geoprocessamento, onde o estudo contribuiu para “o aumento do conhecimento sobre a gênese dos processos considerados, permitindo inferir que as chuvas e a dinâmica fluvial agem mutuamente na desestabilização das encostas” (NASCIMENTO; SIMÕES, 2017, p. 248) na zona norte da cidade de Rio Branco.

Na região sudeste, no Rio de Janeiro, há várias décadas vem passando por problemas com os deslizamentos de encostas/vertentes causando inúmeros problemas aos moradores de algumas áreas classificadas como potenciais a movimento de massa.

Com o objetivo de minimizar o alto custo social para cada evento de alta precipitação pluvial, desde meados da década de 1990 foram organizadas redes de segurança, com a implantação de alarmes sonoros e treinamento de pessoal, para que estes pudessem atuar levando aos moradores de áreas críticas a devida informação sobre o risco de deslizamento (movimento de massa gravitacionais) nas encostas ocupadas no país. O trabalho de monitoramento e mapeamento contribuiu, para o conhecimento amplo das diversas áreas com potencial para deslizamento.

Com base em relatórios produzidos pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM/RJ) para várias décadas, observa-se o aumento da precipitação registrada e correlação com movimento de massa. A intensidade da precipitação pluvial associada a outros condicionantes, por exemplo, desde a litologia até a fase de ocupação das encostas, corroboram para a deflagração dos eventos, tanto em áreas urbanas quanto rurais.

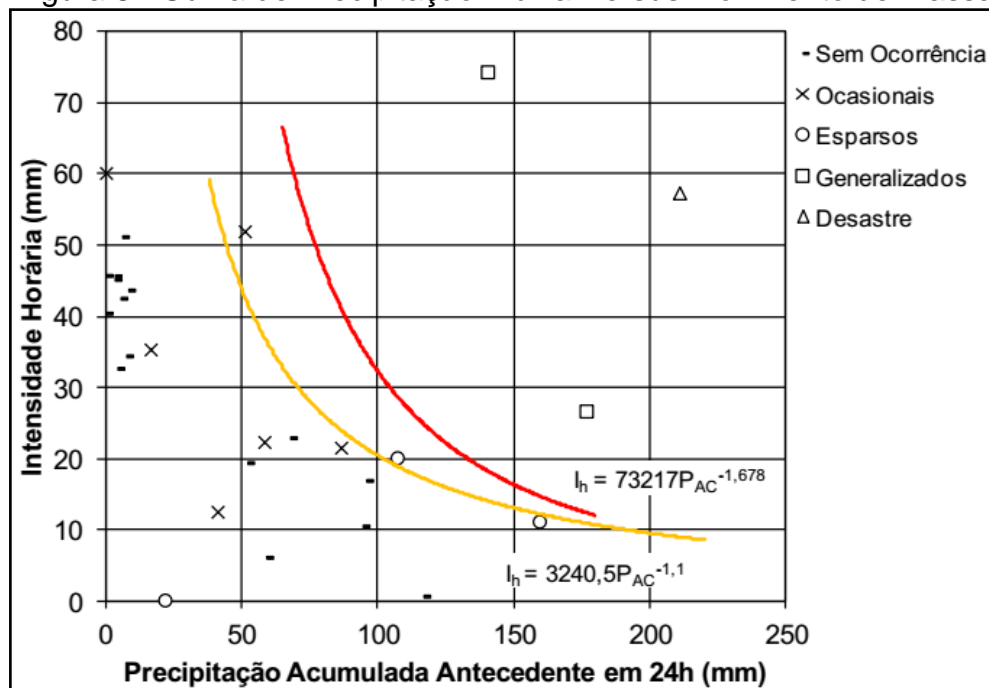
A dinâmica do evento, com sua deflagração total pós-pico de chuva, parece destacar mais uma vez a organização da trama estrutural formada pela combinação de fraturas de alívio e das poucas visíveis fraturas de tração presentes na parte mais alta das escarpas serranas, não só na individualização e compartimentação geométrica de lascas rochosas instáveis na Serra Fluminense, como também no

controle da infiltração mais rápida e aumento da poropressão nas fraturas algum tempo depois da chuva mais intensa (RIO DE JANEIRO, 2012).

De acordo com Departamento de Recursos Minerais tais análises correlativas e relatórios visam subsidiar de forma técnica os planos de contingência voltados para cenários futuros dos riscos identificados nas regiões monitoradas e, estas têm prioridade no contexto dos alertas com a devida antecedência à ocorrência do fenômeno (RIO DE JANEIRO, 2012).

Nesse sentido, foi produzido pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM/RJ) o gráfico 8 a seguir com análise de correlação com as chuvas e as zonas críticas de ocorrência dos movimentos gravitacionais.

Figura 8 - Curva de Precipitação Pluvial versus Movimento de Massa



Fonte: RIO DE JANEIRO (DRM/RJ) (2012).

Os relatórios destacam as zonas de maior ou menor ocorrência de escorregamentos, representadas na curva amarela que separa a zona que não houve registro de escorregamentos ou apenas se registrou movimentos ocasionais, da zona que abrange chuvas associadas a escorregamentos esparsos. Porém a curva vermelha delimita a região de separação da zona de ocorrências esparsas da zona na qual foram registrados deslizamentos generalizados (RIO DE JANEIRO 2012).

Observa-se que os movimentos de massa em áreas ocasionais e sem ocorrências ficam na faixa das chuvas com até 100 mm/h acumulados em 24 horas de monitoramento. No entanto, os eventos identificados como generalizados e desastrosos estão na faixa de chuvas entre 100 mm/h até o limite de 250 mm/h, considerados como ponto crítico para deslizamentos nas vertentes/encostas.

As equações de correlações propostas são utilizadas pelos órgãos de monitoramento e defesa civil juntamente com o acompanhamento da evolução da precipitação, a fim de orientar a tomada de decisões antecipadamente à ocorrência de desastres (LANA; MONTADON, 2018, p. 11).

Considerando as particularidades regionais no Brasil, os fatores condicionantes e a distribuição da precipitação pluvial associadas, se configuram em episódios cíclicos de movimentos de massa em encostas/vertentes.

Santos *et al.*, (2018) após ampla pesquisa sobre movimentos de massa e processos erosivos no nordeste do Brasil, obtiveram dados com base em várias publicações, como, artigos, dissertações, teses, relatórios técnicos institucionais, Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e Sistema Integrado sobre Desastres no Brasil (TAB. 4) e, concluíram que a dinâmica dos fatores condicionantes (litologia; geomorfológicos; solos; declividade; urbanização) e as chuvas regionais contribuem como causa dos movimentos de massa dentre os 9 (nove) estados pesquisados.

Tabela 4 - Registros de Casos de Erosão e Movimento de Massa: Região nordeste do Brasil no período de 1980 a 2017.

ESTADOS DA REGIÃO NORDESTE	AL	BA	CE	MA	PB	PE	PI	RN	SE
EROSÃO (Nº de ocorrências)	05	12	03	00	03	17	00	00	00
MOVIMENTO DE MASSA (Nº de Ocorrências)	00	25	01	04	02	60	01	01	02
Total de Eventos de Erosão para Região Nordeste									40
Total de Eventos de Movimentos de Massa para a Região Nordeste									95

Fonte: Santos *et al.*, (2018 p.962); CEPED (2012);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Santos *et al.*, (2018) com informações do CEPED (2012) observam que os estados de Pernambuco e Bahia são os mais representativos quanto aos processos erosivos e movimentos de massa no Nordeste, com 72,5% 89,5% respectivamente.

Nesse sentido Santos *et al.*, (2018, p.962) afirmam que tal fato se deve a “conjugação de dois fatores: as condições físico-naturais (geologia, relevo e clima), maior concentração urbana e forma de ocupação da superfície” que reflete a ação dos processos gravitacionais.

Assim, interações entre sociedade e natureza em escala espaço-temporal vêm modificando as paisagens constituídas, como o relevo, margens dos rios em núcleos urbanos e rurais provocando desequilíbrios no ambiente.

3.3 PROCESSOS FLUVIAIS EM VERTENTES URBANAS

No contexto hidrodinâmico no interior de bacias hidrográficas, destaca-se os processos que ocorrem no nível de base (rio; igarapé; arroio; ribeirão) vindo a provocar em muitas ocasiões a perda da instabilidade das vertentes fluviais.

A energia dos rios produz a desestabilização e concorre para redução marginal da vertente, que nesse caso considerando as características do material do solo que ao perder a coesão decorrente também do regime de cheias e vazantes, infiltração e percolação da água meteórica.

Em uma pesquisa sobre movimentos de massa em ambiente fluvial na Costa do Iranduba, no estado do Amazonas. Magalhães *et al.*, (2011, p.3) destacaram que “os terrenos da várzea na Amazônia são constituídos por depósitos quaternários, elaborados a partir da sedimentação do material de carga, transportado em suspensão, pelo complexo sistema hidrográfico, do caudaloso Solimões/Amazonas”.

Assim, os materiais provenientes da composição litológica e dos processos de constituição dos solos, em determinadas áreas são mais suscetíveis aos processos fluviais, com a retirada de material em ambas as margens do curso d’água decorrente da força e energia produzida pelo rio ou o igarapé.

Heritage e Hetherington (2007) realizaram estudo em escala detalhada na bacia hidrográfica do rio Wharfe, na Inglaterra, com auxílio de um scanner a laser terrestre (Riegl LMS Z210) e, efetuando algumas comparações com outras técnicas na geração de modelos digitais com objetivo, de obter informações precisas do monitoramento da vegetação e da sua influência na dinâmica fluvial.

Oliveira e Caetano Alves (2011, p. 41) efetuaram uma “abordagem integrada do sistema fluvial, a qual é um suporte para o ordenamento territorial das áreas ribeirinhas, especialmente quando aplicado à gestão ambiental”.

Nessa abordagem, as autoras realizaram um estudo na BH do rio Neiva, região da cidade do Porto, e aplicaram a metodologia proposta por Rosgen (1994, 1996) e Montgomery Buffngton (1997), em caráter exploratório, que também consistiu na descrição morfológica e tipológica dos canais fluviais da região.

As autoras destacam que os afluentes se concentram na margem direita e que tem um padrão do tipo retangular e é influenciado diretamente pela litologia e organização das fraturas e, concluem que esses estudos “permitem compreender a dinâmica do canal em escala espaço-tempo e interpretar os indicadores de estabilidade/instabilidade de evolução num curto espaço de tempo” (OLIVEIRA; CAETANO ALVES, 2011, p. 59), logo, a setorização zonal da BH proporciona ao pesquisador uma melhor análise dos processos superficiais que envolvem a retirada, transporte e sedimentação de partículas das margens dos rios.

Oliveira e Ferreira (2006, p.35) realizaram estudo geotécnico em Rio Branco/AC destacaram algumas “ocorrências de movimentos de massa pelo alívio e/ou retirada de material das margens dos cursos de água que perpassam a área urbana, o rio Acre e o igarapé São Francisco na zona norte da cidade”.

Dentre os fatores que resultam na instabilidade das vertentes, no local de deslizamentos verificou-se também a “tipologia do material de origem sedimentar (Formação Solimões) muito instável, a energia do rio e condições topográficas que incidem diretamente nos movimentos de massa” (OLIVEIRA; FERREIRA, 2006, p.37) e, dentre outros fatores inclui-se a ocupação e inúmeras intervenções promovidas nas margens fluviais, bem como, nas vertentes e áreas de fundos de vale.

Nesse sentido, as características geológicas de inúmeras áreas influenciam os padrões de drenagem, sendo oportuno entender as principais características da rede fluvial, tendo como parâmetro a morfometria do relevo, que nesse caso reporta-se ao ambiente fluvial amazônico, por exemplo, a BH Igarapé São Francisco (BHISFCO) onde está situada a vertente no bairro Vila Nova.

A bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco (BHISFCO) tem área estimada em aproximadamente 453,70 km² tendo como curso principal o Igarapé São Francisco. Nascimento *et al.*, (2013, p.172) afirmaram que o referido igarapé

além de ser um “tributário do Rio Acre, possui um percurso de aproximadamente de 53,43 km”, e “destes 20 km estão na área urbana da cidade” (HID, 2000, p.59).

Nascimento *et al.*, (2013) observaram que a média do comprimento de canais é de 2,065 km, com densidade de drenagem de 0,781 km/km² o que torna a BH, mal drenada e susceptível a enchentes e inundações. A rede de drenagem é dendrítica, enquanto que o canal é em forma de ‘U’ condicionada ao controle estrutural geológico (lineamentos) presentes na BH.

De acordo com HID (2000 p.56) o igarapé São Francisco é um importante afluente da “margem esquerda do Rio Acre, com inúmeros meandros desde a nascente até a foz. Tem uma variação de vazão alternada entre 10 m³/s a 100 m³/s entre períodos de estiagem e de precipitação pluvial”.

3.4 VARIAÇÕES DO LENÇOL FREÁTICO NA RELAÇÃO COM MOVIMENTOS DE MASSA

Métodos geofísicos, laboratoriais e de cartografia geotécnica são aplicados com base em técnicas e procedimentos que visam realizar mapeamentos com uso do SIG, e com isso analisar a alternância e variação do nível freático em uma determinada área e sua relação com os movimentos de massa.

Os elevados índices e a intensidade de precipitação pluviométrica em algumas áreas do globo produzem pelo processo de infiltração oscilações no nível freático. A água infiltra, escoar pela vertente e é absorvida pela vegetação, sendo a posteriori dentro do ciclo devolvida para atmosfera através da evapotranspiração.

Os fluxos subsuperficiais originam-se do processo de infiltração no solo que, em determinado momento atingem sua capacidade de saturação máxima. Nesse caso a água se movimenta pela ação gravitacional até encontrar uma camada impermeável que favorece a acumulação interna, criando assim, o lençol freático.

Consideram-se como fator limitante a permeabilidade da água no solo as condições texturais quanto ao teor de areia, silte e argila encontrada no local.

Casos específicos voltam-se a atenção e investigação de movimentos de massa ligados a argilas expansivas e nível freático. Segundo Dudley (1970, p.925) ocorre o movimento quando o solo recebe quantidade excessiva de água da chuva que em muitos casos desenvolvem os processos de subsidência.

Os solos expansivos são geralmente caracterizados pela presença de uma argila mineral do grupo esmectita (GOURLEY *et al.*, 1993, p.2). Os solos resultam de uma combinação de intemperismo de rochas, transporte e deposição, e é a natureza de um ou mais desses processos que acionam os movimentos de massa (ROGERS, 1995, p.11). Quando o solo é submetido a um aumento no conteúdo de água faz com que a infiltração decomponha os cimentos naturais ou pontes de argila, diminuindo a coesão entre os grãos (NAIME, *et al.*, 1997, p.1). O tipo de material como depósitos superficiais aluvionares de turfa com elevado teor de argila estão suscetíveis ao fenômeno (JONES; JEFFERSON, 2012, p.416), assim, o material do solo passa por dilatação e retração devido o aumento ou da perda de umidade.

Rinaldi *et al.*, (1998) realizaram estudo em uma área piloto ao sul de Córdoba na Argentina em um depósito de Loess⁴. A investigação se pautou na caracterização dos colapsos de solos utilizando métodos geofísicos, radar de penetração, testes sísmicos, SPT e procedimentos laboratoriais que demonstraram com base nas características físicas do solo sua efetiva fragilidade quanto à saturação e suporte de cargas acima de 50 Kpa.

Gutierrez *et al.*, (2009, p.108) estudaram amostras de solos de um basalto residual (Latosolo vermelho) na cidade de Maringá (PR). A investigação de campo compreendeu perfurações de trado para estabelecer o tipo de materiais, variações verticais do solo e localização do nível da água subterrânea. Nos testes de penetração e em laboratório foi realizado o ensaio edométrico por adensamento.

Lollo (2012) apresentou em um artigo importante revisão sobre cartografia geotécnica para mapeamento e zoneamento de solos, fatores e condicionantes que levam a problemas estruturais na área urbana das cidades. O autor argumentou que a cartografia dos materiais do solo é indiferente quanto às características e origem do material do solo, com isso, podem fornecer dados para investigações, desde que estejam alinhados a métodos e procedimentos no monitoramento de campo e ensaios laboratoriais.

Martins *et al.*, (2015) efetuaram o monitoramento da variação do lençol freático em um bairro da cidade de Pelotas (RS). Os dados obtidos foram correlacionados as características texturais do solo e volume de precipitação. O solo coletado foi analisado em laboratório e o monitoramento se deu com a instalação de

⁴ Os depósitos de *loess* originam um solo muito rico, cheio de nutrientes, mas também muito frágil e suscetível à erosão podendo originar terrenos ravinados e ruíformes. Fonte: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>>.

3 piezômetros. Os autores observaram que o nível freático no período analisado manteve-se crescente considerando o volume acumulado das chuvas para os três meses dedicados ao estudo.

Ehrlich *et al.* (2016, p.2-3) investigaram em uma falha geológica localizada entre o Rio de Janeiro e Minas Gerais uma massa coluvial com indicativos de rastejo. No local foram instalados pinos de controle topográfico, medidores de nível d'água e piezômetros elétricos. Segundo os autores a “pluviosidade e o aumento do lençol freático atuam como agentes efetivos preparatórios, e o período chuvoso como agente efetivo imediato (EHRLICH *et al.*, 2016, p.4).

Nesse sentido, as condições físicas do ambiente concorrem, por exemplo, para o rastejo que em muitos casos tem sua deflagração a partir da intensidade da precipitação pluvial, recorrentes no Nordeste, Sul e Sudeste do Brasil.

Assim, o dinamismo dos movimentos gravitacionais e seus fatores condicionantes alteram a forma e o modelado do relevo. Para tanto, essa evolução “deve ser observada em um período relativamente extenso, para aferir da sua sazonalidade e distribuição interanual” (PELLEGRINA; CUNHA, 2019, p.8) bem como, obter dados com base nos métodos determinísticos ou heurísticos, e proporcionar algumas análises cíclicas sobre as forças internas e externas atuantes na perda da estabilidade das vertentes/encostas.

3.5 MÉTODOS PARA ANÁLISE E COMPREENSÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Em particular no Brasil, as relevantes pesquisas que levaram a aprimoramento geocartográfico da produção de mapas temáticos, voltados ao risco; perigo; suscetibilidade e vulnerabilidade de áreas críticas de movimentos de massa obtiveram suas bases metodológicas definidas a partir da década de 1980, com trabalhos relevantes sobre riscos geológicos, suas causas e consequências.

A partir da década de 1990, há novo impulso na cartografia das ciências da terra com a disseminação dos recursos de geoprocessamento e SIGs. Houve também uma sensível melhora na qualidade dos produtos obtidos, permitindo integrar numa única base de dados, informações provenientes de diversas fontes tais como, dados cartográficos, cadastrais, de imagens de sensoriamento remoto, de modelos numéricos (TOMINAGA, 2007).

A aplicabilidade de métodos experimentais se torna importante quando associado a ferramentas de avaliação, por exemplo, nos recursos no SIG que, integradas a modelos empíricos envolvam parâmetros (geo) estatísticos como meio de determinar o risco, perigo, vulnerabilidade e suscetibilidade de determinada área.

Fernandes e Amaral (1996) destacam que são utilizados, além do mapeamento de perigo ao escorregamento, as probabilidades espaciais e temporais, tipos, magnitudes e velocidade de avanço dos escorregamentos em uma área divididos em etapas correspondentes a medidas de previsão e análise de áreas suscetíveis a escorregamentos (QUADRO 4).

Quadro 4 - Métodos Avaliativos para previsão de Movimentos Massa (Escorregamentos; modelo preditivo)

MÉTODOS	ITENS ANALISADOS
Histórico do evento na área de estudo	Análise baseada em escorregamentos anteriores identificados em campo: nessa metodologia, a teoria é que o padrão de suscetibilidade acompanha as cicatrizes de deslizamentos anteriores, pois os fatores que causaram a instabilidade em determinado local, possivelmente também serão responsáveis por futuros escorregamentos;
Mapeamentos anteriores – topográficos e ou cadastrais	Análise baseada em mapeamentos geomorfológicos e ou geotécnicos: os mapas de vulnerabilidade são obtidos pela combinação de outros dados, e é o pesquisador quem determina quais “pesos” cada parâmetro irá apresentar o que também possibilita uma padronização;
Análise Estatística	Análise com bases estatísticas: baseia-se na relação entre os fatores condicionantes da instabilidade e a distribuição espacial dos escorregamentos (atuais e anteriores);
Aplicação de modelos espaciais	Análise baseada em modelos determinísticos: essa metodologia utiliza modelos matemáticos em bases físicas, que descrevem certos processos e leis físicas que controlam a estabilidade da encosta.

Fonte: Fernandes e Amaral (1996);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Fernandes (2016, p.226) argumenta que em modelos de movimentos de massa, a etapa de validação (ou de verificação, como chamada por alguns autores) é geralmente feita comparando-se as áreas definidas como críticas com um banco de dados de eventos pretéritos na área (mapa de cicatrizes de deslizamentos), assumindo-se que se uma área já deslizou é porque era crítica.

Quanto à susceptibilidade não existe uma metodologia que se aplique como modelo em todas as situações, mas existem algumas orientações. “É possível utilizar uma metodologia que avalie o histórico do local através do levantamento de eventos anteriores, associando-os aos fatores condicionantes, magnitude e tempo de recorrência, para determinar a suscetibilidade à ocorrência” (MARTINI *et al.*, 2006, p. 43) dos movimentos de massas, como os deslizamentos em vertentes.

A análise integrada do conjunto dos elementos torna-se imprescindível para que ocorra a avaliação sistemática qualitativa e quantitativa do risco, seja natural ou induzido pela ação antrópica, uma vez que, a aplicação de técnicas e modelos experimentais permite ao avaliador inferir qual o método mais apropriado para o estudo de cada fenômeno, conforme destacamos no quadro 5, a tipologia das análises propostas por Carrara *et al.*, (1995, 1999;) citado por Gabelini (2017, p.35) e também abordados por Tominaga (2007).

Quadro 5 - Métodos utilizados no Mapeamento de Movimentos de Massa

Tipo de Análise	Características dos Métodos de Mapeamento
Inventário	Análise da distribuição espacial e densidade dos escorregamentos.
Determinística	Análise baseada no equilíbrio limite, em modelos hidrológicos e de estabilidade de encostas. Os dados de entrada provêm de ensaios de laboratório (parâmetros de resistência).
Heurística	Considera a opinião de especialistas na atribuição de pesos nas variáveis analisadas, baseados no conhecimento a priori dos fatores que produzem a instabilidade.
Estatística	Calcula a importância da contribuição dos fatores condicionantes baseados nas relações observadas entre cada fator e a distribuição dos escorregamentos atuais e passados

Fonte: GABELINI (2007); TOMINAGA (2007).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Dentre os métodos descritos anteriormente, as ações devem ser iniciadas pela produção de inventários, identificação e mapeamento dos processos, bem como a compilação histórica dos eventos em um banco de dados (BD). Tais ações visam contribuir nas multianálises correlacionadas a critérios específicos para a caracterização dos movimentos de massa em áreas naturais ou antropizadas.

O processo de inventariação é o principal meio de conhecimento dos fenômenos que se ligam aos demais métodos, como o descritivo, localização e espacialização e problematização temática a ser investigada.

Um inventário detalhado e georeferenciado é o ponto de partida de muitos dos modelos utilizados na elaboração da cartografia de susceptibilidade (que deve ser elaborada para cada perigo identificado) quando sobrepostos a carta dos elementos expostos permite produzir a localização e situação do risco (JULIÃO *et al.*, 2009; PELLEGRINA *et al.*, 2009).

A metodologia para atribuição de classes de risco é essencialmente a mesma utilizada em técnicas convencionais para avaliação da estabilidade das encostas. A vantagem é que o SIG oferece a possibilidade de uma ponderação e atribuição de parâmetros, bem como, a demonstração das modificações e das regras de decisão para a comparação dos resultados (VAN WESTEN, 2000, p. 244).

O método “heurístico, baseia-se em análise de especialista que decide o tipo e grau de perigo (*Hazard*) para cada área através de técnicas de integração de dados, incluindo combinação de parâmetros qualitativos” (TOMINAGA, 2007, p. 76).

Para os modelos determinísticos Zêzere (2005, p. 85) ressalta que estes se “baseiam-se em leis físicas e mecânicas, como a conservação da massa e energia ou o equilíbrio das forças”. Podem ser utilizados para extrapolação espacial, desde que seja conhecida a variação espacial dos parâmetros necessários ao seu funcionamento. A escolha correta da escala do trabalho é imprescindível para a identificação por análise orientada e não orientada através do SIG.

De acordo com Zhou *et al.*, (2005, p.560) em geral, a vantagem dos “modelos determinísticos é que eles permitem quantificação dos fatores de segurança (F_s) a serem calculados”. O principal problema é o alto grau de simplificação necessária para o uso do modelo, bem como, a impossibilidade de se gerar um banco de dados sem falhas ou ruídos para compor o produto de saída.

Assim, o pesquisador não pode se distanciar das validações em campo que confirmam os dados obtidos no meio digital, bem como, deixar de acessar os cadastros multifinalitários, relatórios geotécnicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, vegetação e uso do solo.

A validação é uma etapa importante uma vez que tende a definir o sucesso de um determinado modelo. “De modo geral, a validação de um modelo é feita,

sempre que possível, pela comparação do valor estimado com o medido para certo parâmetro escolhido” (FERNANDES, 2016, p.225).

Para Fernandes *et al.*, (2001, p.57) as maiores limitações “encontram-se associadas ao conhecimento incompleto que possuímos de muitos dos processos envolvidos e à dificuldade de obtenção dos dados requeridos pelos modelos, em especial quando aplicados a grandes áreas”.

Nesse sentido, foram reunidas pesquisas que abordaram e descreveram os processos de movimentos de massa. Tais informações subsidiaram a realização do inventário (Quadro 6) para a área urbana da cidade, e distribuídos espacialmente no mapa de inventário, figura 9.

Quadro 6 - Inventário dos Movimentos de Massa – Rio Branco – Acre

(continua)

ID	BAIRROS	AUTORES (AS) / PUBLICAÇÕES
1	VILA NOVA	<u>SOUZA, A. J. G; ARCOS, F. O.</u> Processos erosivos na cidade de Rio Branco, Acre: o caso do bairro Vila Nova. Revista Geonorte , Edição Especial 4, V.10, N.1, p.230-235, 2014.
2	RAIMUNDO MELO	<u>LIMA, K. D. de J. V. et al.</u> Áreas de risco e ocupação urbana: o caso do bairro Raimundo Melo. Rio Branco, Acre – Brasil. Revista Geonorte , Ed.Esp., V.2, N.4, p.197-206, 2012.
3	PLACAS	<u>CARMO, L. F. Z.</u> Agricultura urbana da cidade de Rio Branco, Acre: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano. 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – UFV – Viçosa/MG.
4	SÃO FRANCISCO	<u>CARMO, L. F. Z.</u> Agricultura urbana da cidade de Rio Branco, Acre: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano. 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – UFV – Viçosa/MG. <u>ARCOS, F. O.</u> Estudo de risco geomorfológico em área urbana: o caso do bairro São Francisco, Rio Branco – Acre. Rio Branco: UFAC, 2013, 105f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) UFAC/AC.

Quadro 6 - Inventário dos Movimentos de Massa – Rio Branco – Acre

(continuação)

ID	BAIRROS	AUTORES (AS) / PUBLICAÇÕES
5	DOM GIOCONDO	<p><u>GUERRA, A. J.</u> Estudo Geográfico do Território do Acre. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, Edição Integral. – Brasília - DF: Senado Federal, 2004. 379p.</p> <p><u>PALU JUNIOR, A.; LONGO, O. C.</u> Análise dos movimentos de massa em área urbana: o caso do bairro Dom Giocondo. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável, 6, 2010, Niterói/RJ.</p> <p><u>ARCOS, F. O. et al.</u> Processos erosivos às margens do rio acre: o caso área central do município de Rio Branco, Acre, Brasil. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 622-633. 2012.</p> <p><u>OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. L.</u> Avaliação Geológico-Geotécnica da Cidade de Rio Branco-Acre. Porto Velho: CPRM/SGB, DHT - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 2006. 57p.</p>
6	PREVENTÓRIO	<p><u>GUERRA, A. J.</u> Estudo Geográfico do Território do Acre. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. Edição Integral. – Brasília - DF: Senado Federal, 2004. 379 p.</p> <p><u>PALU JUNIOR, A.; LONGO, O. C.</u> Análise dos movimentos de massa em área urbana: o caso do bairro Dom Giocondo. In: Anais. CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável, 6., 2010, Niterói/RJ</p> <p><u>ARCOS, F. O. et al.</u> Processos erosivos às margens do rio acre: o caso área central do município de Rio Branco, Acre, Brasil. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 622-633. 2012.</p>
7	CENTRO	<p><u>LIMA, M. do S. B. de.</u> Movimentos de Massa nos Barrancos do Rio Acre e suas Implicações Sócio-Econômicas na Área Urbana de Rio Branco/Acre. Florianópolis, 1998. 235p. Dissertação (Mestrado em Geografia) UFSC/SC.</p> <p><u>ARCOS, F. O. et al.</u> Processos erosivos às margens do rio acre: o caso área central do município de Rio Branco, Acre, Brasil. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 622-633. 2012.</p> <p><u>NASCIMENTO, R. R.; SIMÕES, G. F.</u> Avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa gravitacionais em margens de cursos d'água da cidade de Rio Branco (AC). Geociências, v. 36, n. 2, p. 233-249. 2017.</p> <p><u>OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. L.</u> Avaliação Geológico-Geotécnica da Cidade de Rio Branco-Acre. Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, DHT - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 2006. 57p.</p>

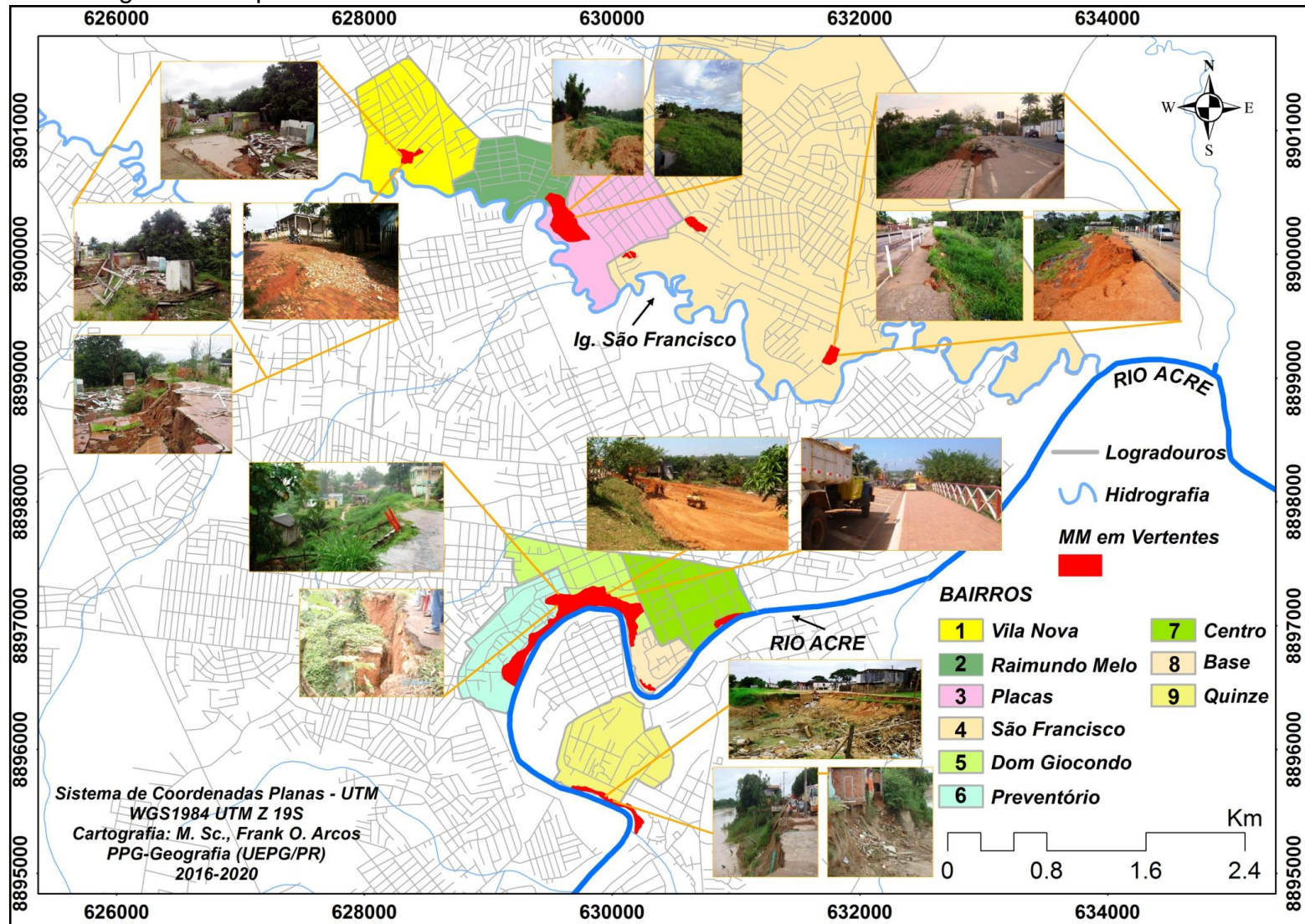
Quadro 6 - Inventário dos Movimentos de Massa – Rio Branco – Acre

(conclusão)

ID	BAIRROS	AUTORES (AS) / PUBLICAÇÕES
8	BASE	<p><u>GUERRA, A. J.</u> Estudo Geográfico do Território do Acre. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. Edição Integral. – Brasília - DF: Senado Federal, 2004. 379 p.</p> <p><u>BRILHANTE, N. B. et al.</u>, DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E EROSIÃO NA MARGEM DO RIO ACRE NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE RIO BRANCO, ACRE. Anais. VII Congresso Bras. de Gestão Ambiental. Campina Grande/PB, 2016, p.1-6.</p> <p><u>OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. L.</u> Avaliação Geológico-Geotécnica da Cidade de Rio Branco-Acre. Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, DHT - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 2006. 57p.</p>
9	QUINZE	<p><u>SILVA, J. R. da.</u> Análise Socioambiental dos Moradores em Área de Risco às Margens do rio Acre - Rio Branco - Acre. Monografia (Graduação em Geografia - Bacharelado) – CFCH: Universidade Federal do Acre, Rio Branco - Acre, 2014.</p>

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Figura 9 - Mapa do Inventário dos Movimentos de Massa – Área Urbana de Rio Branco – Acre.



Fonte: UCgeo (2013); CPRM (2016); PMRB (2017);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Com base no inventário, trabalho de campo, uso do SIG para geração das curvas de nível e classes de declividade, foi produzido o mapa do indicador do risco (IR) que está no capítulo resultados. O mapa indica as classes de riscos a partir da segmentação proposta em BRASIL (2007), (QUADRO 7). Com o uso do SIG e técnicas de geoprocessamento pelo método da reclassificação do formato *Raster* foi gerado outro dado (*output*) com as classes para o indicador do risco (IR).

Quadro 7 - Critérios Avaliativos para Definição do Risco em Área Urbana.

Grau do Risco	Síntese descritiva dos critérios
Baixo	(a) Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos; (b) Não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens; (c) Mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Médio / Moderado	(a) Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos; (b) Observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo desestabilização em estágio inicial de desenvolvimento; (c) Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
Alto	(a) Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos; (b) Observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo; (c) Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
Muito Alto	(a) Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos; (b) Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento; (c) Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2007).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

3.6 ESTUDOS SOBRE MOVIMENTOS DE MASSA COM USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).

Com o avanço das novas tecnologias com suporte de sensores orbitais de imageamento terrestre, uso de aerofotos verticais e, mais recentemente com os veículos aéreos não tripulados houve um enorme volume de pesquisas voltadas ao conhecimento dos fenômenos ambientais que assim, puderam ser cartografados e espacializados em várias escalas.

O desenvolvimento das técnicas de Sensoriamento Remoto de base orbital propiciou uma visão sinótica dos problemas ambientais. A aplicação maciça de técnicas de processamento eletrônico de dados, naturalmente associada à captura de dados ambientais referentes a vastas porções da superfície terrestre e, em particular, os recentes desenvolvimentos da microcomputação e do processamento gráfico, tornaram exequível que uma alternativa metodológica para os problemas ambientais passasse a existir (SILVA, 1992) e, ainda de acordo com o autor:

Tornaram-se possíveis investigações sistemáticas de todas as unidades territoriais onde seja suposto que estejam registrados eventos ambientais de interesse. Ocorrências por vezes insuspeitadas passaram a ser registradas. Denominamos esta alternativa metodológica, em contraste com a metodologia clássica de inspeção localizada, de metodologia de varredura. O presente texto almeja mostrar uma forma de operacionalização desta metodologia de varredura na pesquisa ambiental, através do uso de procedimentos inteiramente acessíveis aos investigadores ambientais, dos pontos de vista conceitual ou tecnológico (SILVA, 1992, p.48).

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial (DAVIS; CÂMARA, 2001), dado a sua “capacidade em armazenar, gerenciar e analisar diversos tipos de dados espacialmente referenciados, mostra-se como importante instrumento na realização de consultas e análises” (CATÃO; SARTOR, 2001, p.2), nesse sentido, o uso do SIG permite a melhor compreensão dos mais fenômenos geográficos.

O estudo aplicado aos diversos fenômenos logrou a Geografia Física uma consistente base conceitual e teórica de outras ciências, como a geologia, geomorfologia e pedologia quanto à interpretação e análise das mudanças do relevo e das paisagens naturais e ou urbanizadas, corroboradas por Nascimento e

Sampaio (2004 p.167) quando afirmam que “este ramo da Geografia busca auxílio em métodos de outras ciências, incorporando-os e adaptando-os” as pesquisas voltadas a modelagens preditivas dos movimentos gravitacionais.

A visão sistêmica do meio natural se deu como importante acontecimento para a Geografia e que empregado nos “estudos geográficos que tem em vista interpretar a complexidade que explica a organização de um sistema espacial segundo as interações que se processam entre os atributos formadores e que lhes confere caráter dinâmico e não linear” (MARQUES NETO, 2008, p.69).

Santos (2013, p.28) destaca que “uma das maiores vantagens da visão sistêmica tem sido a de concatenar mais intimamente os ramos da Geografia Física e, deste modo, demonstrar um caráter mais realista do meio físico analisado”.

No entanto, as pesquisas dedicadas à interpretação e análise dos fenômenos do meio físico receberam importante contribuição com a integração dos dados naturais com o geotecnológico, tudo isso, com o advento dos primeiros imageamentos terrestres que vieram possibilitar uma nova leitura sobre as mudanças em escalas temporais e espaciais.

Lu *et al.*, (2003) realizaram estudo evolutivo da paisagem em uma BH no noroeste da China. Os autores utilizaram métodos quantitativos para estudar a transição, evolução e alterações no relevo da BH do rio Heihe com uso de técnicas operacionais e auxílio do software IDRISI.

COPPOLA, *et al.*, (2006) realizaram uma análise temporal sobre eventos em superfícies de terrenos com textura argilo-siltosos no sítio denominado mosteiro de San Francisco, construído em uma vertente chamada de Valle della Torre, em Pietrapertosa, cidade histórica do sul da Itália. Os autores determinaram o coeficiente de estabilidade (F_s - Fator de Segurança) entre os dados de precipitação e as condições físico-estruturais do solo.

Para tanto, foram instalados cinco piezômetros e, com base nos procedimentos foi possível aplicar técnica estatística (regressão linear) que estabeleceu a relação entre precipitação e variação do lençol freático. Dentro das observações e monitoramento na vertente obtiveram o volume de precipitação e seu correspondente ao valor crítico no nível piezométrico.

Heritage e Hetherington (2007) realizaram estudo em escala detalhada na BH do rio Wharfe, na Inglaterra, com auxílio de um scanner a laser terrestre (Riegl LMS Z210) efetuando algumas comparações com outras técnicas na geração de

modelos digitais para obterem informações precisas quando do monitoramento da vegetação e ação dos processos geomorfológicos na BH.

Soares e Bateira (2013) realizaram importante análise da distribuição espacial dos movimentos de massa em vertentes no norte de Portugal, com base em informações do BD do Projeto de Investigação DISASTER (Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal). Os dados secundários foram compilados a partir de informações de 1865 (séc. XIX) até os anos de 2010 com apoio do SIG e uso de método estatístico (regressão logística).

Assim, “importância da aplicação de modelos preditivos à elaboração da cartografia de susceptibilidade, salientando-se que a utilização de modelos de base física e modelos estatísticos devem ser ponderadas tendo principalmente em conta a escala de análise” (SOARES; BATEIRA, 2013, p. 380).

Nascimento e Simões (2017) realizaram estudo integrado com a avaliação na margem de dois cursos de água (rio Acre e igarapé São Francisco) na cidade de Rio Branco. Os riscos avaliados e potenciais a movimentação de massa foram a compartimentação fisiográfica e caracterização geotécnica.

Os dados da pesquisa foram obtidos com o uso do SIG e ferramentas do geoprocessamento, contribuindo para o “conhecimento sobre a gênese dos processos, permitindo inferir que as chuvas e a dinâmica fluvial agem mutuamente na desestabilização das encostas” (NASCIMENTO; SIMÕES, 2017, p. 248).

Nesse sentido, apresentamos a seguir um quadro com várias pesquisas desenvolvidas a partir de técnicas e procedimentos integrados ao Sistema de Informações Geográficas (SIGs) viabilizando o mapeamento e a modelagem numérica com base em inteligência artificial.

Dentre os 72 artigos escolhidos, apenas 34, ou seja, 47,22% das publicações foram selecionadas, sendo que, estas contemplam os fatores condicionantes e atributos dentro do conjunto de elementos para a análise, interpretação e compreensão dos fenômenos ambientais.

A pesquisa destaca também artigos que abordam métodos, procedimentos, técnicas e ferramentas do geoprocessamento, uso do SIG, Sensoriamento Remoto (SR), aerofotogrametria, e da modelagem geoestatística (TABELA 5; FIGURA 10).

Tabela 5 - Artigos avaliados: Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos.

(continua)

AUTORES (AS)	TÍTULO DAS PUBLICAÇÕES	Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos															
		Aspectos geológicos;	Declividade;	Altitude;	Formas das Vertentes;	Orientação das vertentes;	Regime de precipitação;	Tipologia florestal;	Uso e ocupação do solo;	Característica Textural do solo;	Erosão do Solo;	Mapeamento e zoneamento;	SIG; Aerofotos; Sensor Remoto e modelagem digital;	Análises e métodos estatísticos;	Fator de instabilidade, índices;	Sistema de drenagem;	Ação Antrópica.
CARRARA, A. <i>et al.</i> , (1995)	GIS technology in mapping Landslide Hazard	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
MENNECKE, O.B.OE; CROSSLAND, M. D (1996)	Geographic Information Systems	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
CHUNG, C-Jo F; FABRI (1999)	Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
CATÃO; SARTOR (2001)	O uso da tecnologia SIG na análise das desigualdades socioespaciais na metrópole do Rio de Janeiro	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
CAVALLO, A; NORESE M. F. (2001)	GIS and Multicriteria Analysis to Evaluate and Map Erosion and Landslide Hazards	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
SAHA, GUPTA; ARORA, (2002)	GIS-based Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
OHLMACHER, G.C; DAVIS, J. C. (2003)	Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
SARKAR, S; KANUNGO D. P. (2004)	An Integrated Approach for Landslide Susceptibility Mapping Using Remote Sensing and GIS	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
LEE, S. (2005)	Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
HUABIN, W. <i>et al.</i> (2005)	GIS-based landslide hazard assessment: an overview	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
AYALEW, L; YAMAGISHI, H. (2005)	The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
COPPOLA, L. <i>et al.</i> , (2006)	Reconstruction of the conditions that initiate landslide movement in weathered silty clay terrain: effects on the historic and architectural heritage of Pietrapertosa, Basilicata, Italy	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
LEE, S; PRADHAN, B. (2007)	Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
GLASTONBURY, J; FELL, R (2008)	Geotechnical characteristics of large slow, very slow, and extremely slow landslides	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
GOMES, R. A. T; <i>et al.</i> (2008)	Identification of the affected areas by mass movement through a physically based model of landslide hazard combined with an empirical model of debris flow	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
NANDI, A; SHAKOOR, A. (2009)	GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses.	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
SAFAEI, M. <i>et al.</i> , (2010)	Applying Geospatial Technology to Landslide Susceptibility Assessment	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
BAI, S-B <i>et al.</i> , (2010)	GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China.	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
FORBES, K; BROADHEAD, J (2011)	FORESTS AND LANDSLIDES	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
ĐURIĆ, U. <i>et al.</i> (2011)	Using ArcGIS for Landslide "Umka" 3D Visualization.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

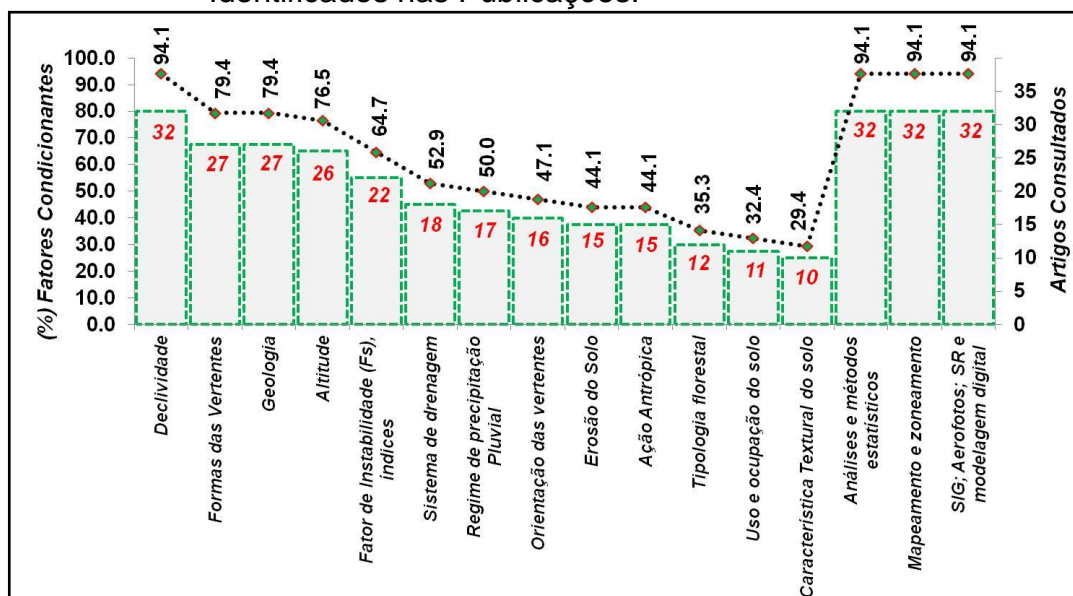
Tabela 5 - Artigos avaliados: Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos.

(conclusão)

AUTORES (AS)	TÍTULO DAS PUBLICAÇÕES	Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos															
		Aspectos geológicos;	Declividade;	Altitude;	Formas das Vertentes;	Orientação das vertentes;	Regime de precipitação;	Tipologia florestal;	Uso e ocupação do solo;	Característica Textural do solo;	Erosão do Solo;	Mapeamento e zoneamento;	SIG; Aerofotos; Sensor Remoto e modelagem digital;	Análises e métodos estatísticos;	Fator de Instabilidade, índices;	Sistema de drenagem;	Ação Antrópica.
GUZZETTI, F. et. al. (2012)	Landslide inventory maps: New tools for an old problem	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
LÓRÁNT, D. (2012)	Introduction to Anthropogenic Geomorphology	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
JEBUR, M. N; PRADHAN, B; TEHRANY, M. S (2013)	Detection of vertical slope movement in highly vegetated tropical area of Gunung pass landslide, Malaysia, using L-band InSAR technique.	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
WANG, L-J; SAWADA, K; MORIGUCHI, S. (2013)	Landslide susceptibility analysis with logistic regression model based on FCM sampling strategy	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
TAY, L. T. et. al. (2014)	Landslide Hazard Mapping of Penang Island Using Poisson Distribution with Dominant Factors	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FRIGERIO, S. et. al., (2014)	Landslide monitoring with an integrated platform: methodology, design and case study	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
STÄHLI, M. et. al., (2015)	Monitoring and prediction in early warning systems for rapid mass movements	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
CARMO, A. M. do; SOUTO, M. V. S; DUARTE, C. R (2015)	Análise qualitativa e comparativa das variáveis morfométricas da região serrana da porção sul do maciço central do Ceará geradas através dos MDE: SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
TENORIO, J. A. P. et. al., (2016)	CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS GRAVITACIONALES EN DIFERENTES AMBIENTES GEOLÓGICOS DE CHIAPAS, MÉXICO.	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
INTRIERI, E; GIGLI, G (2016).	Landslide forecasting and factors influencing predictability	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
ZÊZERE, J. L. et. al., (2017)	Mapping landslide susceptibility using data-driven methods	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
RAMÍREZ, J. M; ARISTIZÁBAL, E (2017)	Metodología para la zonificación de La susceptibilidad por movimientos en masa en proyectos lineales. Estudio de caso en El acueducto del municipio de Fredonia, Antioquia.	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
MARÍN, R. J. et. al., (2018)	Evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales para proyectos de infraestructura: caso de análisis en vereda El Cabuyal	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
ALTIN, T. B; GÖKKAYA, E (2018)	Assessment of landslide-triggering factors and occurrence using morphometric parameters in Geyraz Basin, Tokat, Northern Turkey	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

Fonte: Informações organizadas pelo autor. Legenda binária: **1** (Aborda fatores condicionantes e atributos); **0** (Não aborda fatores condicionantes e atributos).

Figura 10 - Fatores Condicionantes, Atributos e Procedimentos Técnicos Identificados nas Publicações.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Quanto às 34 publicações elencadas e consultadas, verifica-se na figura anterior o percentual (**% em negrito**) para cada fator condicionante (próximo à linha pontilhada). Abaixo nas colunas estão os fatores em valores quantitativos (em vermelho) dentre os artigos destacados na tabela 5.

Podemos verificar que entre os fatores, os aspectos da topografia (Declividade 94.1%) tem significativa correlação com os movimentos gravitacionais. E nesse sentido, as Formas das Vertentes (79.4%), aspectos da litologia (Geologia 79.4%) e Altitude (76.5%) tem sua expressão no conjunto das publicações.

O Fator de Instabilidade (Fs) (64.7%) ou de segurança se ancora nas informações preditivas, a partir de modelos matemáticos em função das áreas críticas, no tocante a perda da estabilidade da vertente, processo esse que aciona o movimento de massa em áreas com efetiva declividade onde, na maioria das ocasiões os eventos são deflagrados durante ou posterior à precipitação pluvial.

O item precipitação pluvial é destacado em 17 artigos (50.0%) como eventual causa deflagradora, quando correlacionada diretamente com outros condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa (deslizamentos).

No Brasil, anualmente e com destaque especial para as regiões sudeste e sul onde, notoriamente entre os meses de janeiro a abril a elevada intensidade do volume de chuvas no verão provocam os movimentos de massa e, deixam enormes prejuízos econômicos e dezenas de vítimas.

Dentre os itens, a tipologia florestal aparece como fator condicionante à minimização dos impactos das chuvas e dos processos superficiais (erosão do solo) com 35.3% do quadro geral pesquisado. Mesmo em locais onde exista a vegetação preservada ocorrem os movimentos de massa.

Ocorre que outros parâmetros devem ser levados em consideração, na relação direta entre a vegetação e topografia. Nesse caso a primeira está sobre uma camada pouco espessa do solo, exercendo um forte peso sobre a frágil camada, desse modo, favorecendo a condição para o deslocamento de todo material, com isso, trazendo blocos de rochas em meio fluído de uma mistura da água da chuva com o material desprendido da rocha.

Outros itens aparecem com elevado percentual 94.1% (Análises estatísticas, mapeamento e uso do SIG). Estes se devotam a técnica de integração dos dados e modelagem estatística para análises dos fenômenos e sua dimensão espacial.

Os modelos aplicados nos estudos do equilíbrio (estabilidade/instabilidade) permitem identificar as forças estabilizadoras e desestabilizadoras na vertente e, visam definir medidas de monitoramento mais adequadas de modo a prever os gatilhos do movimento gravitacional.

Atualmente, os Sistemas de Informação Geográfica oferecem ferramentas que permitem a expressão de procedimentos lógicos e matemáticos sobre as variáveis georeferenciadas, com uma economia de expressão, e uma repetibilidade impossíveis de alcançar em análises tradicionais (CÂMARA *et al.*, 2003).

O SIG constitui um instrumento técnico de alta capacidade no tratamento de grande volume de dados de variadas fontes, propiciando os meios necessários para obtenção de informações integradas (TOMINAGA, 2007, p.131).

O avanço tecnológico no sistema de referência com uso de novas geotecnologias corrobora com o avanço técnico e produz modelos matemáticos (geoestatística) preditivos, que simulam a realidade e diminui o tempo em relação a outros procedimentos, com isso, surgem novas propostas para a análise espacial dos fenômenos e suas respectivas mudanças em nível e escalas de complexidades.

Nesse sentido, para o pesquisador o conhecimento na operacionalização técnica do SIG não o afasta das análises metodológicas e conceituais. “Para que o modelador possa ter esse poder de análise ele precisa se dedicar para compreender o modelo e o sistema em análise. Caso contrário, ele será apenas um piloto de software” (FERNANDES, 2016, p.229).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O “método é conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia permite alcançar o objetivo” (LAKATOS; MARCONI, 1991, p.40) e, a “metodologia é uma preocupação instrumental. Trata das formas de se fazer ciência. Cuida dos procedimentos, das ferramentas, dos caminhos” (DEMO, 1985, p.19).

Assim, os procedimentos metodológicos, os nossos objetos em estudos, a forma como lidamos com esses objetos, bem como cada um dos passos executados e dos instrumentos utilizados dão identidade a pesquisa em Geografia (BORGES, 2016, p.14).

4.1 Procedimentos Operacionais da Pesquisa

A pesquisa na área de estudo para obtenção de dados e produção de resultados foram divididas em 4 etapas:

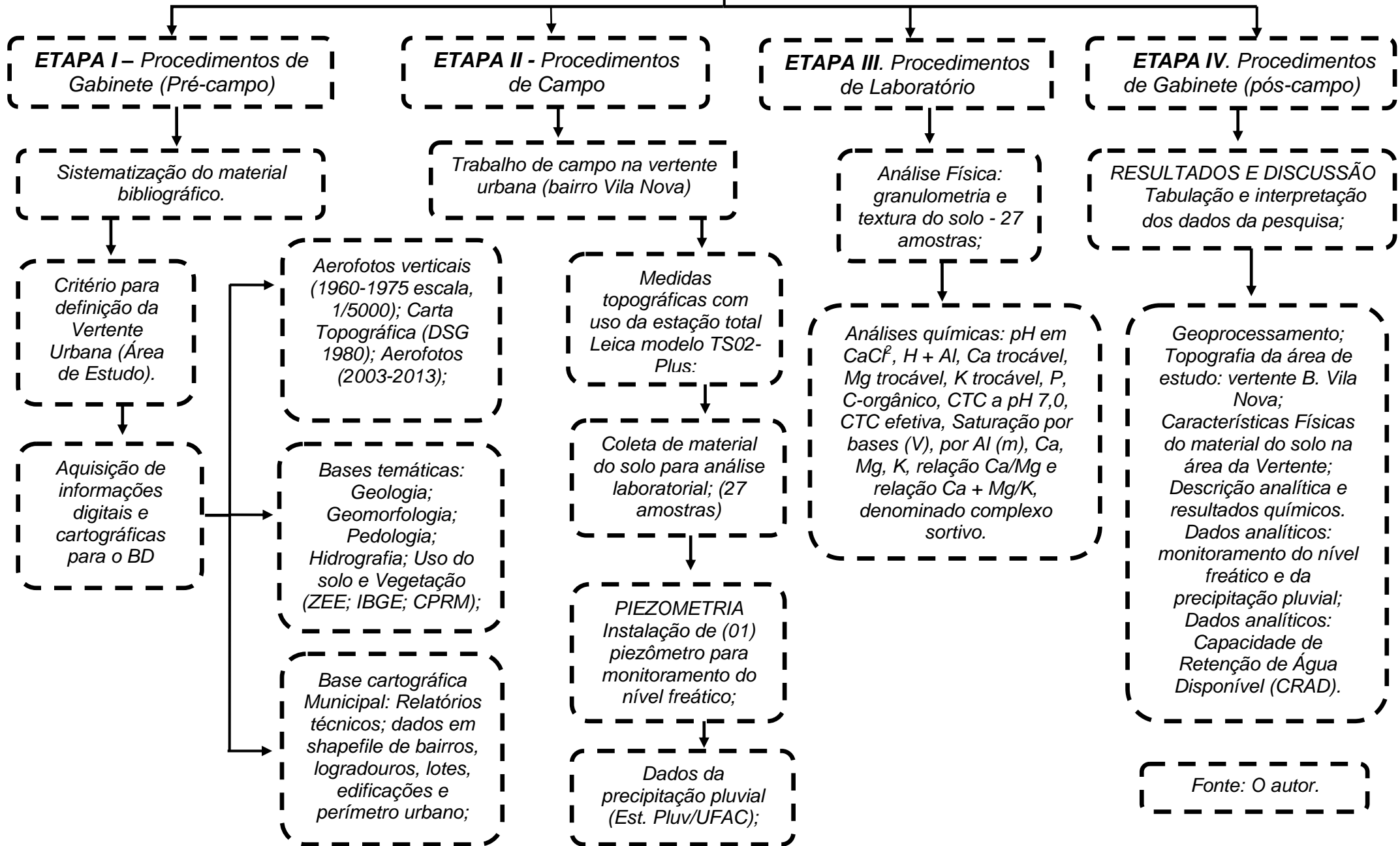
I. Procedimentos de Gabinete (Pré-campo);

II. Procedimentos de Campo;

III. Procedimentos de Laboratório;

IV. Procedimentos de Gabinete (pós-campo), elencadas no fluxograma 1.

FLUXOGRAMA 1 - MATERIAIS, PROCEDIMENTOS DA PESQUISA



4.2 ETAPA I. PROCEDIMENTOS DE GABINETE (PRÉ-CAMPO)

4.2.1 Organização e Sistematização do Material Bibliográfico

Essa etapa da pesquisa visou à organização, sistematização e revisão da bibliografia, que consistiu na obtenção de material específico, além da leitura de livros, artigos, teses e dissertações localizadas no Banco de Teses (Periódicos da Capes), portal IBICT, biblioteca da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Researchgate, bem como, em periódicos nacionais e internacionais.

Dados e materiais do processo histórico de ocupação da cidade foram obtidos junto a Prefeitura Municipal de Rio Branco (PMRB), assim como, dados da CPRM (Relatórios Técnicos), em artigos, livros e dissertações que integram o inventário dos movimentos de massa na cidade. Tais dados serviram de suporte para validação no trabalho de campo e na definição dos critérios para a delimitação da vertente do bairro Vila Nova, recorte espacial e área de estudo.

4.2.2 Critério para Definição da Vertente Urbana (Área de Estudo).

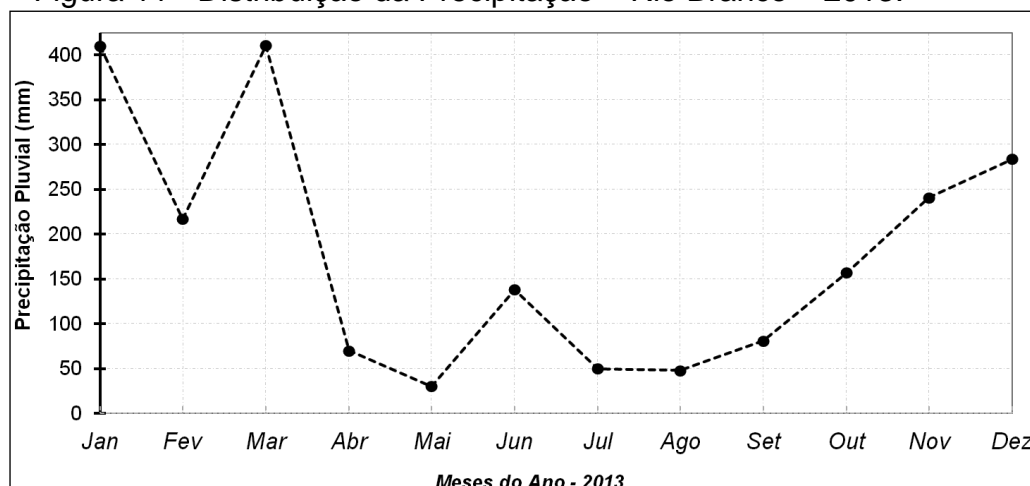
Na cidade de Rio Branco os problemas geológico-geotécnicos estão relacionados à topografia e a composição dos terrenos. Nas áreas elevadas e de maior declividade tem-se a questão de deslizamentos de terra nas encostas, nas regiões em nível topográfico mais baixo têm-se áreas sujeitas às enchentes. Por apresentar substrato constituído de material essencialmente argiloso e pela presença de argila plástica expansiva, os problemas de instabilização de estruturas das edificações são comuns (OLIVEIRA; FERREIRA, 2006) na área urbana.

No presente estudo identificaram-se em trabalhos de campo alguns bairros com registros de movimentação de massa. Segundo relatos dos moradores os primeiros indícios datam dos anos de 1980. Os bairros identificados que constam também no inventário (TAB. 3) são: Placas (Rua Joaquim Macedo); São Francisco, (Estrada do São Francisco); Raimundo Melo (Estrada de Porto Acre) e, Vila Nova (Rua da Zeli), localizados na margem esquerda do igarapé São Francisco.

Dentre os citados, a pesquisa se voltou para a vertente do bairro **Vila Nova**, onde ocorreu o rastejo em 2014. Atualmente a área está estabilizada, e com isso favoreceu a coleta de material sedimentar e instalação de equipamentos.

O movimento gravitacional ocorreu após intenso volume de chuvas. Com base nos dados de precipitação extraídos da estação pluviométrica da UFAC em 2013, em novembro a precipitação pluvial foi de dezembro (284 mm), vide figura (11) e, com maior intensidade em janeiro/2014 (512 mm), fevereiro/2014 (230 mm) e março/2014 (383 mm) (FIG. 12), mês de ocorrência do rastejo na vertente urbana.

Figura 11 - Distribuição da Precipitação – Rio Branco – 2013.

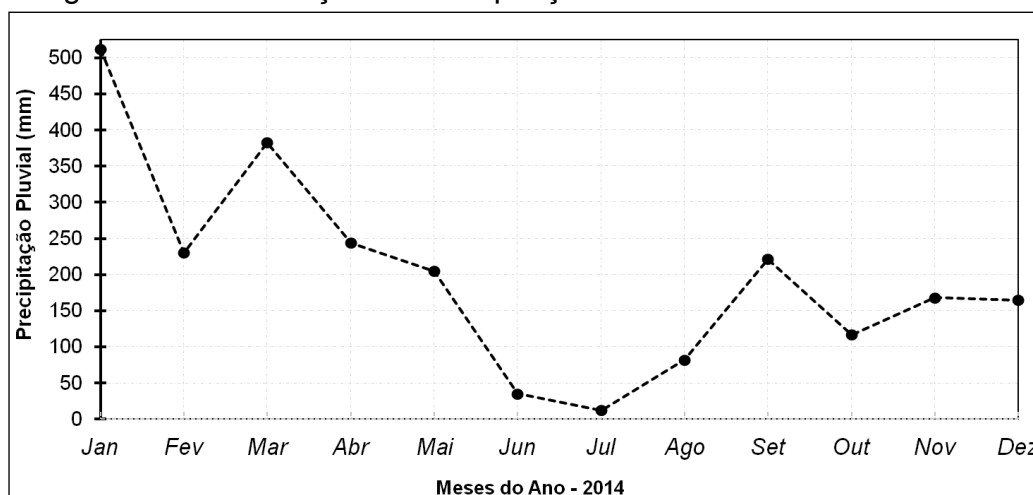


Fonte: Dados AcreBioClima (2018)/Est. pluviométrica/UFAC/cód. 82915.

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Podemos observar (FIG. 12) que o volume de precipitação pluvial acumulado antecedente ao mês do evento (rastejo) foi de 1.267mm até fevereiro de 2014, com destaque para os 5 (cinco) dias anteriores a movimentação na vertente quando foi registrado 159mm, excepcional na deflagração do movimento de massa.

Figura 12 - Distribuição da Precipitação – Rio Branco – 2014.



Fonte: Dados AcreBioClima (2018)/Est. pluviométrica/UFAC/cód. 82915

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Com base em dados anteriores, foram definidos os critérios para a tomada de decisão aliando-os aos fatores condicionantes. A hipótese inicial é que os fatores combinados se tornaram à causa inicial do movimento de massa que destruiu 15 residências e, dado a gravidade do dano não houve registros de vítimas fatais.

A partir desse evento em março do ano de 2014 houve um interesse maior pela investigação dos fenômenos que estavam surgindo na área urbana da cidade, uma vez que, novas e relevantes informações poderiam ser obtidas nos trabalhos de campo, monitoramento e, em outro momento replicado com base nos métodos e procedimentos em geomorfologia urbana em todo o perímetro de Rio Branco.

4.2.3 Área de Estudo: A Vertente do Bairro Vila Nova

A vertente está situada no interior do bairro Vila Nova, zona norte da cidade na margem esquerda do igarapé São Francisco.

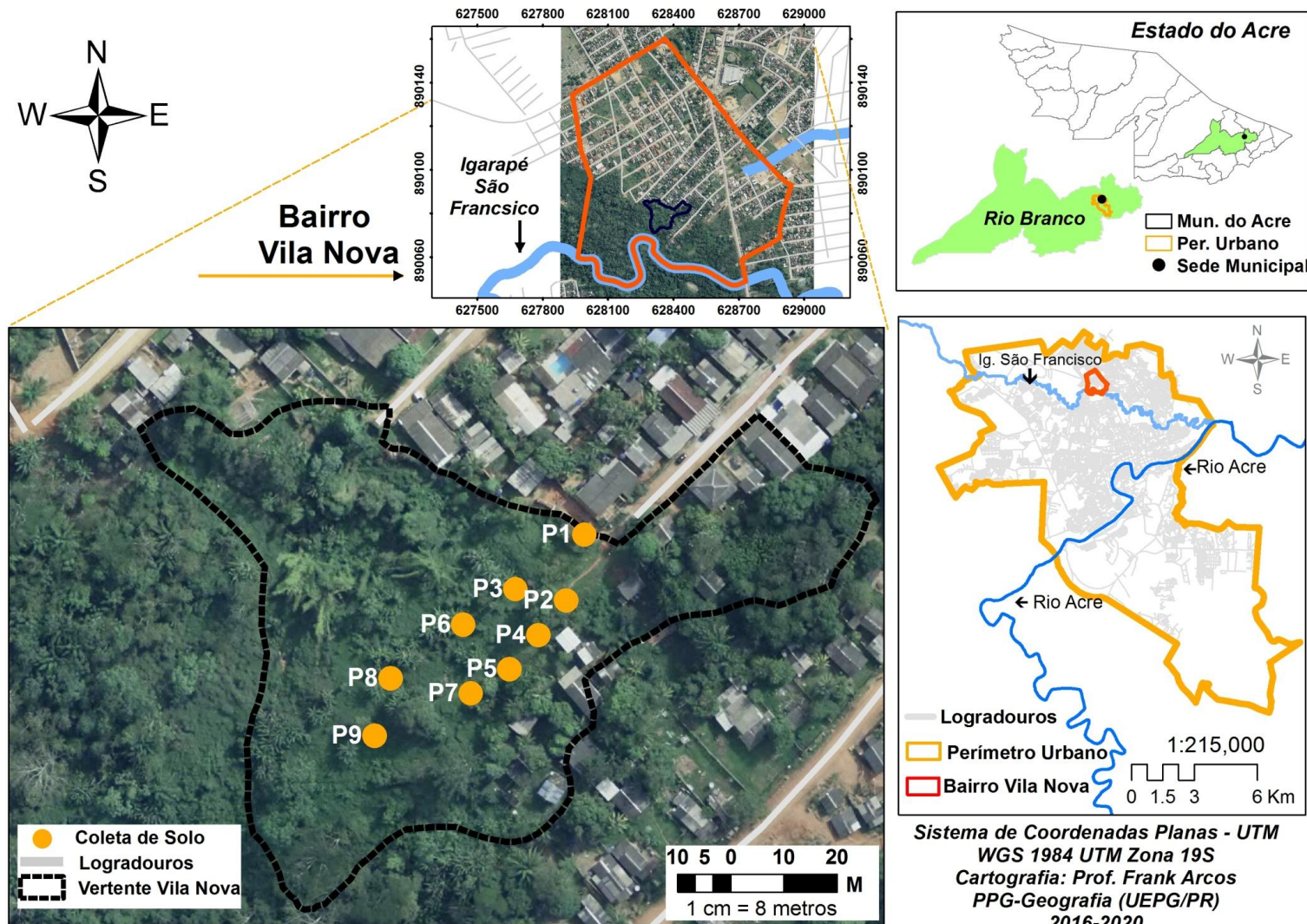
De acordo com relatos de antigos moradores, em meados do ano de 1970 existia ali uma fazenda de bovinos e, em seus limites algumas empresas que extraíam o barro (mineral de argila) para atender uma demanda à época por tijolos para construção de casas e pavimentação das ruas e vias da cidade.

Com a desativação da fazenda e das olarias, em pouco tempo o local foi ocupado e ocorreram muitas modificações no relevo e na paisagem, por exemplo, retirada de parte da vegetação primária e secundária para abertura de vias/ruas e, por fim, a delimitação dos lotes e construção das residências. Com o tempo e a modernização dos serviços públicos, o novo bairro recebeu obras de infraestrutura e a devida integração de redes de água, esgoto e energia.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Rio Branco (PMRB) consta do último cadastro imobiliário realizado em 2017. O bairro tem área de 74 hectares, 855 lotes e aproximadamente 3,4 mil residentes. Os níveis altimétricos na parte mais elevada chegam a 150 metros e diminui a cota 132 próximos ao leito do igarapé São Francisco. A declividade corresponde a classe do relevo suave ondulado (3 a 8%) abrangendo 40.85% e forte ondulada (20-45%) com 5.18%.

Nesse caso específico, a área de estudo no interior do bairro é uma vertente significativa (**polígono preto** – FIG. 13) que foi delimitado em 1,5 ha ou 15000 m² que corresponde a aproximadamente 2% da área do bairro (polígono vermelho).

Figura 13 – Mapa de Representação da Área de Estudo: Vertente do Bairro Vila Nova



Fonte: UCgeo (2013); PMRB (2017); IBGE (2017);
Nota: Informações organizadas pelo autor.

De acordo com relatos informais os eventos mais significativos ocorreram entre fevereiro e março de 2014. Somente quando começaram a surgir os desníveis (FIG. 14 FOTO A) e as rachaduras nas paredes das residências (FOTO B) ocorreu à preocupação com o que poderia acontecer caso o solo continuasse a movimentar.

Com o avanço do evento foi emitido pela PMRB o decreto municipal N° 111 de 03.02.2014 que declarou situação de emergência nas áreas do município de Rio Branco afetadas pela ocorrência de inundações e movimentos de massa.

No entanto, no caso do B. Vila Nova algumas famílias foram retiradas pela Defesa Civil Municipal, de forma preventiva com a interdição das residências (FOTO C) no final de janeiro daquele ano que já apresentavam problemas estruturais.

Os movimentos de massa são “episódios e importantes dentro da dinâmica de evolução da paisagem e quando ocorrem em áreas habitadas, são considerados eventos de grande magnitude” (PINTO *et al.*, 2013, p.102), que no caso no B. Vila Nova ocorreu apenas danos e perdas materiais.

Segundo Cheney (1988) alguns núcleos urbanos foram assentados em solos originados de rochas com teor elevado de argila e, devido às variações sazonais expandem-se e se retrai após o aumento e/ou diminuição da umidade no solo. Assim, o resultado da “combinação das propriedades físicas do material do solo e, diante a atividade expansiva da argila relacionada à sua estrutura e mineralogia” (CLINTON, 2015 p.6) levam muitas áreas a ocorrência de movimentos de massa.

A expansibilidade está ligada ao tipo de mineral argila presente no solo e quando pequenas construções são feitas em solos expansivos, o efeito da impermeabilização do terreno pela própria construção pode provocar uma elevação do teor de umidade podendo causar expansões que danificam as construções, provocando danos à estrutura (PINTO, 2006).

Com efeito, em janeiro de 2014 (FOTO D) após o elevado período da precipitação regional foi registrado o primeiro desabamento de algumas residências e, no decorrer dos dias outras foram destruídas (FOTOS E, F), onde se pode notar o desnível na lateral da rua da Zeli (B. Vila Nova), de aproximadamente 2,5 metros, escombros das moradias que também foram descritos por em pesquisa inicial sobre de Souza e Arcos (2014) sobre eventos de movimentação de massa gravitacional na área urbana da cidade de Rio Branco.

Figura 14 - Bloco Fotográfico – antes e depois do evento de 2014 – Rua da Zeli, B. Vila Nova.



FOTOS: **A.** Desnível na rua; **B.** Rachaduras na residência; **C.** Residência interditada; **D.** Imóvel após o desabamento; **E.** Vista parcial das casas destruídas; **F.** Desnível lateral da vertente após o movimento de massa.

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

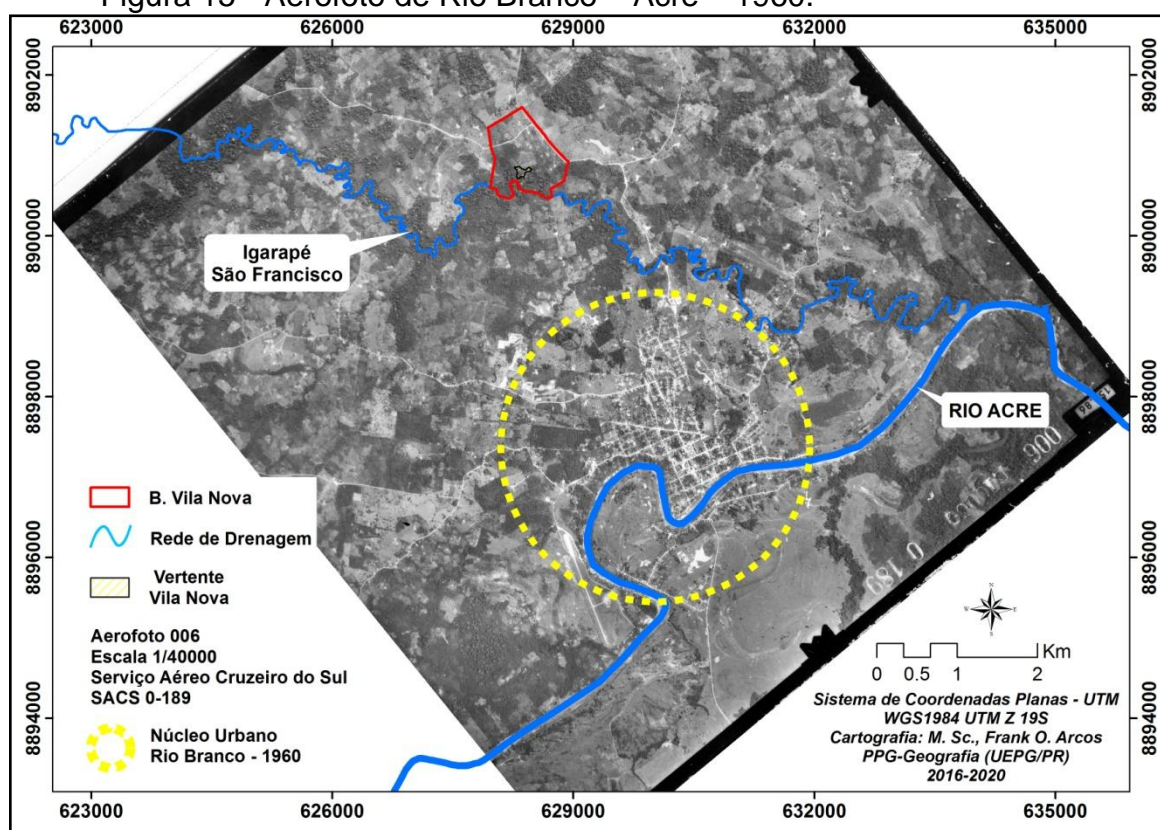
Nota: Acervo de fotos do autor.

4.2.4 Aquisição de Informações Cartográficas para Compôr o Banco de Dados

O material cartográfico digital foi obtido em algumas bases de dados, por exemplo, os aerofotos verticais da década de 1960, de um aerolevanteamento realizado pela empresa Serviço Aéreo Cruzeiro do Sul (escala 1:40.000 – Fig. 15).

No aerofoto nº 006 (círculo pontilhado) observa-se a zona de ocupação urbana na parte central da cidade de Rio Branco às margens do rio Acre, atualmente delimitada como primeiro distrito.

Figura 15 - Aerofoto de Rio Branco – Acre – 1960.



Fonte: Serviço Aéreo Cruzeiro do Sul/SACS (PMRB, 2019).

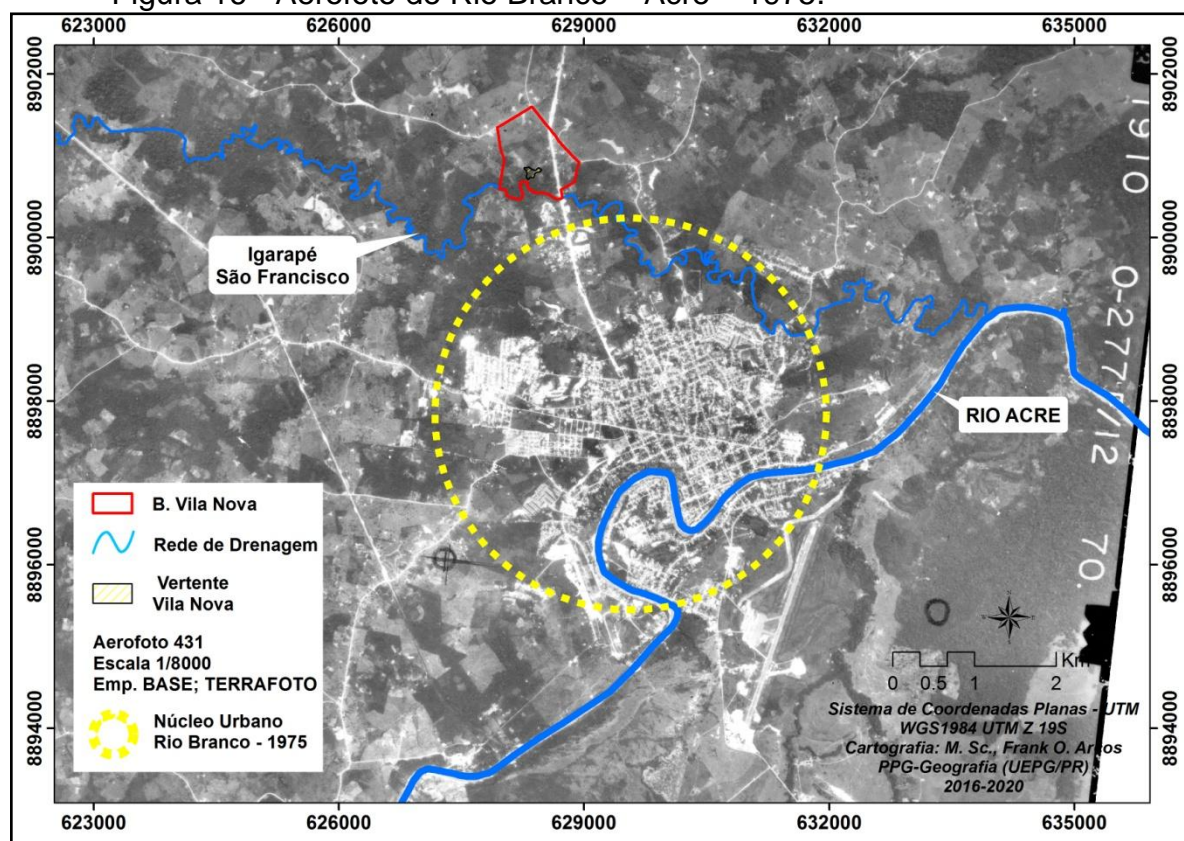
Nota: Informações organizadas pelo autor.

Podemos verificar que às margens do curso do igarapé São Francisco existia apenas um incipiente processo de ocupação, com algumas casas, vias e logradouros, bem como, a inexistência da delimitação dos bairros hoje existentes na zona norte da cidade. Outro ponto de destaque, é que naquela época o desmatamento de forma gradativa serviu de apoio à instalação das pequenas e médias fazendas de bovinos e nas mudanças à paisagem local.

Em outra década, observa-se o aumento da expansão da zona urbana de Rio Branco visualizadas no aerofoto 431 da BASE/TERRAFOTO do ano de 1975, escala de 1:8000 (FIG. 16).

As mudanças são notadamente visíveis em ambas às margens do rio Acre e nas proximidades do curso do igarapé São Francisco. Em nível de detalhe verifica-se também o aumento das vias de acesso e a concentração urbana da cidade.

Figura 16 - Aerofoto de Rio Branco – Acre – 1975.

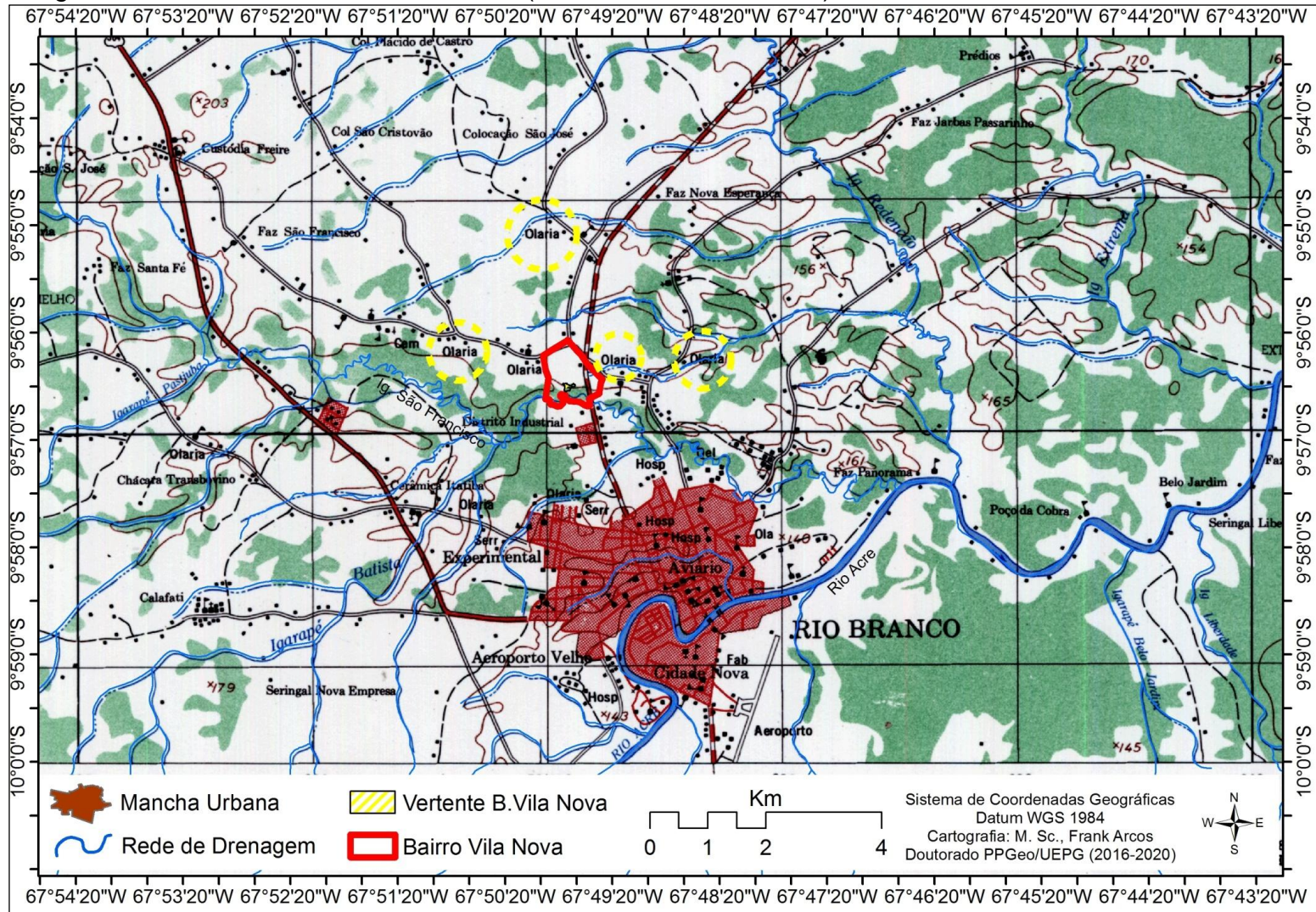


Fonte: BASE (PMRB, 2019).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Dentro do contexto da expansão da zona urbana de Rio Branco, utilizamos também as cartas topográficas SC.19-X-C-V MI 1535 (Faz. Dois Irmãos - 1979); SC.19-X-C-VI MI 1536 (Rio Branco - 1980); SC.19-Z-A-II MI 1606 (Faz. São José - 1979); SC.19-Z-A-III MI 1607 (Vila Quinari - 1980) em formato raster (.tif), onde estas se limitam a cobertura da área urbana e rural e, dentre o material cartográfico que foi produzido pela DSG (Diretoria de Serviços Geográficos) em escala de 1:100.000, optou-se pela folha SC.19-X-C-VI/RIO BRANCO (FIG. 17).

Figura 17 - Folha SC.19-X-C-VI MI 1536 (Rio Branco – Acre 1980)



Fonte: DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO/DSG – (BD Geográficos do Exército).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Na figura anterior, observam-se informações com base em interpretação visual alguns elementos constantes da paisagem no local, a época do mapeamento, por exemplo:

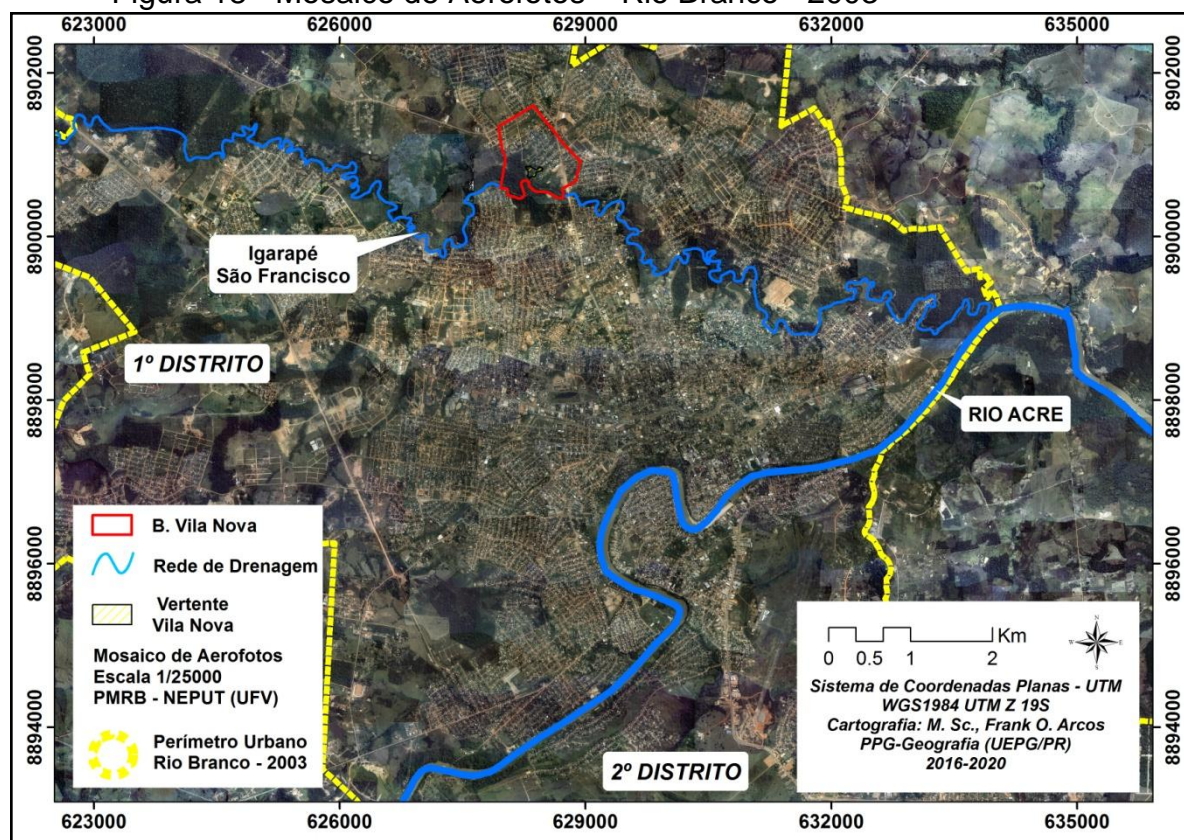
- O aumento da mancha urbana da cidade em relação às décadas de 1960 e 1975, conforme figuras 15 (aerofoto 006) e 16 (aerofoto 431).
- A delimitação natural promovida pelo rio Acre que separou a cidade, e atualmente tem-se 2 distritos, um a margem esquerda e, outro na margem direita;
- Alguns remanescentes florestais das áreas de preservação permanente (APP) marginais aos cursos d'água permanecem protegidos pela criação de duas APAs (Área de Preservação Ambiental). Verificam-se vias, logradouros, ramais e estradas estaduais e municipais que integram as redes entre os municípios limítrofes a capital;
- Pontos de localização das atividades comerciais e industriais, como, extração de argila (círculo amarelo - Fig. 17), pequenas fazendas, os seringais e suas colocações, onde era extraído o látex da seringueira.

A partir dos anos 2003 e 2004, com os preparativos para a discussão e posterior aprovação do Novo Plano Diretor de Rio Branco ocorreu outro aerolevantamento para fins de atualização.

A ação foi realizada pelo NEPUT (Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra/UFV) tendo como signatária a Prefeitura Municipal de Rio Branco em parceria com a empresa Vectra Ltda, que teve papel fundamental no suporte logístico e coleta das informações para compor o cadastro imobiliário da cidade.

Como resultado obteve-se a composição de 50 blocos/faixas de aerofotos (FIG. 18) que subsidiaram a realização do cadastro e levantamento multifinalitário do quantitativo de lotes e residências existentes na zona urbana da cidade e, com isso, atualizar as bases cadastrais do município de Rio Branco.

Figura 18 - Mosaico de Aerofotos – Rio Branco - 2003



Fonte: NEPUT/PMRB/Vectra Ltda. (2003-2004)

Nota: Informações organizadas pelo autor.

A cidade em poucas décadas passou por um processo rápido na ocupação urbana. Tal processo de ocupação se deu em muitos dos casos de forma irregular e, áreas restritas a construção de moradias foram invadidas. Como exemplo, temos a ocupação das margens do rio Acre e igarapés urbanos na zona urbana.

Nessas áreas anualmente ocorrem inundações periódicas que trazem vários transtornos aos moradores, bem como, problemas a saúde dos mesmos com o surgimento de doenças de veiculação hídrica.

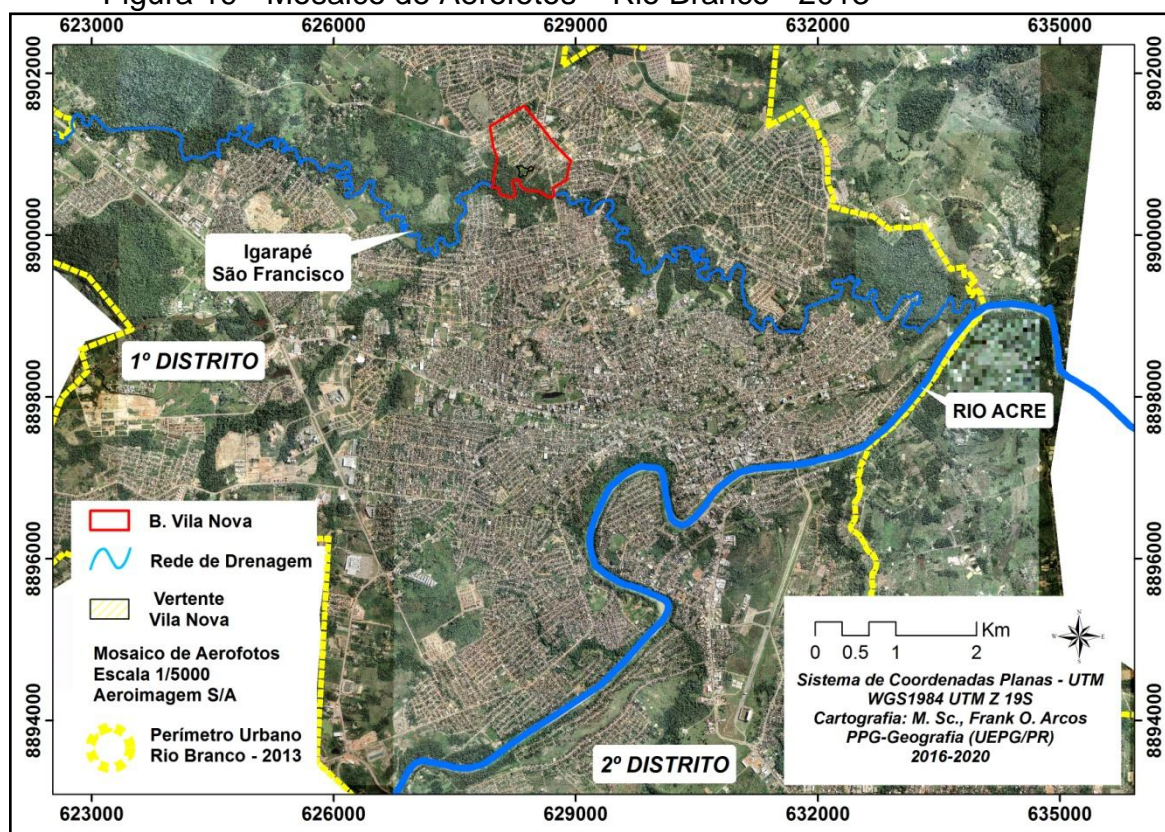
No entanto, e encontrado na literatura, alguns locais do sítio urbano há muito tempo vem sofrendo modificações devido à movimentação de massa.

De acordo com CPRM (2006, p.35) existiam delimitados e conhecidas apenas 5 áreas críticas com movimento de massa; Em 2016, novas áreas foram identificadas e, atualmente após a atualização até 2018 se tem ao todo 17 áreas no contexto histórico-urbano às margens do rio Acre e igarapé São Francisco.

Com a aprovação do Novo Plano Diretor ocorreu outro aerolevanteamento entre os anos de 2006 e 2007 e, os resultados foram apresentados em 2008.

O mais recente levantamento aerofotogramétrico data de 2013, e foi executado pela Aeroimagem S/A, com escala de 1:5000 e resolução espacial aproximada de 5 metros (FIG. 19). A partir desse último aerolevanteamento é que são tomadas as decisões, por exemplo, a demanda por áreas para implantação de lotes residenciais, modernização e atualização para cobrança do IPTU dentro do perímetro da cidade de Rio Branco.

Figura 19 - Mosaico de Aerofotos – Rio Branco - 2013



Fonte: PMRB (2013).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Observa-se que o primeiro distrito da cidade é o mais consolidado e povoado. A cidade de Rio Branco após a reorganização urbana proposta no Plano Diretor, tem identificados no perímetro urbano um total de 113 bairros e destes, 21 (vinte um) encontram-se na BH do Igarapé São Francisco, que são: Vila Nova, São Francisco; Raimundo Melo; Placas; Vila Betel; Calafate; Distrito Industrial; Conquista; Estação Experimental; Doca Furtado; José Augusto; Aviário; Bosque; Adalberto Aragão; Irineu Serra; Baixa da Colina; Ipê; Jardim Europa; Vila Ivonete; Morada do Sol e Floresta, definidos no atual Plano Diretor da Cidade de Rio Branco, Lei nº 2.222 de 26/12/2016 e Lei nº 1.727 de 18/12/2008.

E no conjunto de informações, as bases temáticas em formato digital sobre Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrografia, Uso do solo e Vegetação foram obtidas no banco de dados do Zoneamento Estadual (ZEE), Zoneamento Municipal (ZEAS), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e CPRM (Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais).

E, por fim, o acesso aos relatórios técnicos sobre geotecnia, hidrogeologia e situação de áreas de risco e inundações produzidos pela CPRM. Os arquivos em formato vetorial “shapefile” dos bairros, logradouros, lotes, edificações e novo perímetro urbano de Rio Branco foram disponibilizados pela Secretaria das Cidades, vinculados a Prefeitura Municipal de Rio Branco (PMRB).

4.3 ETAPA II - PROCEDIMENTOS DE CAMPO

4.3.1 Trabalho de Campo na Vertente Urbana (Bairro Vila Nova)

Os trabalhos de campo se fizeram necessários para a obtenção de melhores informações sobre a área de estudo. Em um primeiro momento foi realizada uma ação expedita no ano de 2017 na tentativa de identificar processos e locais que apresentavam instabilidade na vertente, uso e ocupação, adensamento residencial, áreas de risco, condições topográficas e vegetação. Alguns elementos identificados distam aproximadamente entre 10 e 350 metros do leito do igarapé São Francisco.

Após as anteriores verificações, noutra momento retornou-se a área de estudo (2018) para a execução das medidas topográficas⁵. O trabalho foi realizado pelo método poligonal com 3 auxiliares de campo, sendo um deste o operador da estação total, marca Leica, modelo TS02-Plus; As coletas de amostras do solo (tradagem); instalação de um piezômetro para monitoramento da variação do lençol freático durante 10 meses, iniciado em novembro/2017 até o mês de agosto/2018.

⁵ O trabalho foi executado com a supervisão do topógrafo Sr. Mario Júnior e equipe (Universidade Federal do Acre - UFAC).

4.3.2 Levantamento Topográfico na Vertente (Bairro Vila Nova)

4.3.2.1 Uso da estação total Leica modelo TS02-Plus

Antecipadamente foi definido que o método poligonal precedido na NBR 13.133 (ABNT, 1994) como um dos mais apropriados para a realização do levantamento planialtimétrico na área da vertente urbana do bairro Vila Nova.

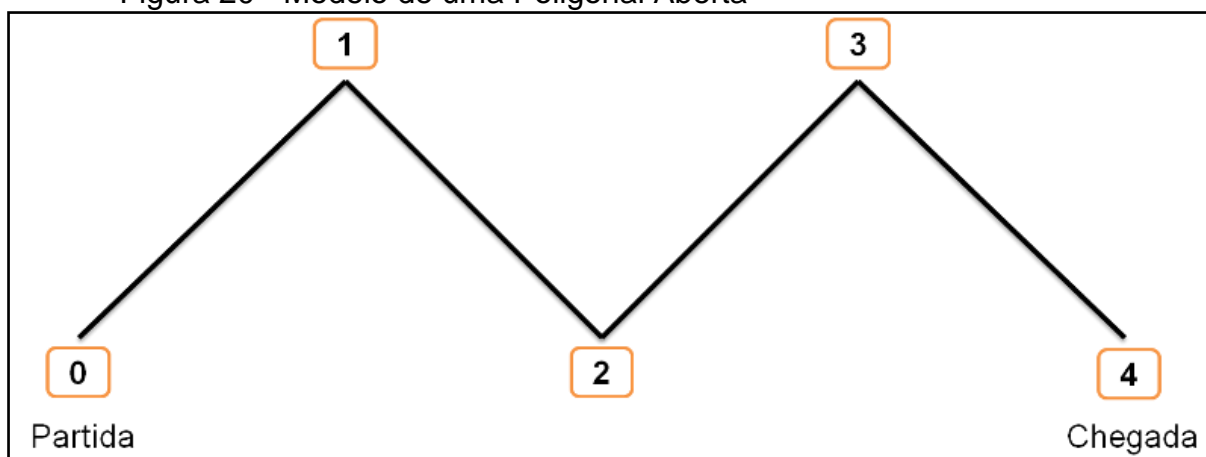
O conhecimento detalhado da altimetria e de fundamental importância no estudo referente à ocupação e uso do solo urbano. Através da técnica apropriada e de procedimentos metodológicos que bem utilizados em campo, caracterizam a relação geomórfica das formas do relevo (BORGES, 1992).

Nucci *et al.*, (2011) argumentam que todo levantamento topográfico é baseado em uma figura geométrica conhecida como poligonal. Durante um levantamento topográfico, normalmente são determinados pontos de apoio ao levantamento (pontos planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos) e, a partir destes, são obtidos os demais pontos que permitem representar a área levantada.

A poligonação é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em Topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo (VEIGA *et al.*, 2012).

No trabalho optou-se pela poligonal aberta (FIG. 20), e para obtenção das cotas topográficas foram utilizados os 9 pontos da coleta de material de solo.

Figura 20 - Modelo de uma Poligonal Aberta



Fonte: Nucci; Moreira e Lopes (2011 p.49).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Em seguida após a definição do local das cotas, foram executados os procedimentos de medições e leitura da mira com uso da estação total **Leica** modelo **TS02-Plus** (FIG. 21).

A estação foi fixada ou estacionada na área do topo da vertente urbana ao final da rua da Zeli (início da vertente) no bairro Vila Nova (FIG. 21A).

Figura 21 - Levantamento Topográfico - vertente do Bairro Vila Nova.



Legenda: (A) Equip. Leica modelo TS02-Plus; (B) Alinhamento da estação; (C) Leitura da Mira.

Fonte: Trabalho de campo – topografia.

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Nas figuras 21B e 21C notam-se as tomadas de Ré e Vante e leitura de mira. Antes das obtenções das cotas na área, do ponto 1 (P1) ao ponto 9 (P9), que distam a 20 metros um do outro (declive), se priorizou a análise do relevo com objetivo de identificar os elementos e formas da topografia existentes na vertente.

Após as observações expeditas no local fez-se então a execução do trabalho com a devida leitura na mira e uso do equipamento, e na sequência obteve-se o cálculo das cotas pela fórmula (1) a seguir:

$$Cota_n = Cota_{estação} + Ré - Vante \quad (1)$$

Nesse sentido, foi atribuída à cota 100.000 para o P0 ($cota_n$), e com isso, fez outro cálculo (fórmula 2) obtendo-se declividade em graus ($^{\circ}$) entre os pontos que estão dispostos na vertente de forma cruzada e, descritos na tabela 6 a seguir.

$$d = \text{arc Tg}^{-1} \left(\frac{cota_n - cota_{n-1}}{\text{Distancia entre pontos}} \right) \quad (2)$$

Tabela 6 - Pontos Amostrais, Cotas e Declividade.

Pontos (0 a 9)	Cotas (m)	Declividade ($^{\circ}$)	Declividade (%)
0	100.000 (i*)	3.05 $^{\circ}$	5.33
1	95.162	3.77 $^{\circ}$	6.59
2	91.951	4.09 $^{\circ}$	7.15
3	90.550	4.16 $^{\circ}$	7.27
4	89.560	4.19 $^{\circ}$	7.33
5	84.858	4.29 $^{\circ}$	7.50
6	84.125	4.30 $^{\circ}$	7.52
7	83.213	4.31 $^{\circ}$	7.54
8	80.939	4.34 $^{\circ}$	7.59
9	76.218	4.37 $^{\circ}$	7.64

Fonte: Trabalho de Campo. (i*) Cota arbitrada para fixação da estação (topo da vertente).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Com base nos dados obtidos no levantamento topográfico demonstrados na tabela anterior, foi realizado através do software *TOPOGRAPH* o perfil da vertente, bem como, a setorização entre os pontos considerando as formas e a condição local do relevo. O perfil da vertente produzido com os dados respectivos a setorização serão oportunamente apresentados no capítulo V, resultados e discussão.

4.3.3 Coleta de Material Sedimentar para Análise Laboratorial

Os métodos de prospecção para fins de coleta de dados, descrição de características dos solos, e a verificação de limites entre unidades de mapeamento compreendem as investigações ao longo de transeções, levantamentos de áreas-piloto, topossequências, sistema de malhas e o método do caminhar livre (IBGE, 2007).

Nesse sentido, o levantamento de áreas-piloto é expressamente indicado para porções menores no terreno e, “são indicados para mapeamentos de natureza genérica e constam de investigações minuciosas de áreas menores, representativas de uma determinada feição fisiográfica” (IBGE, 2007, p. 127).

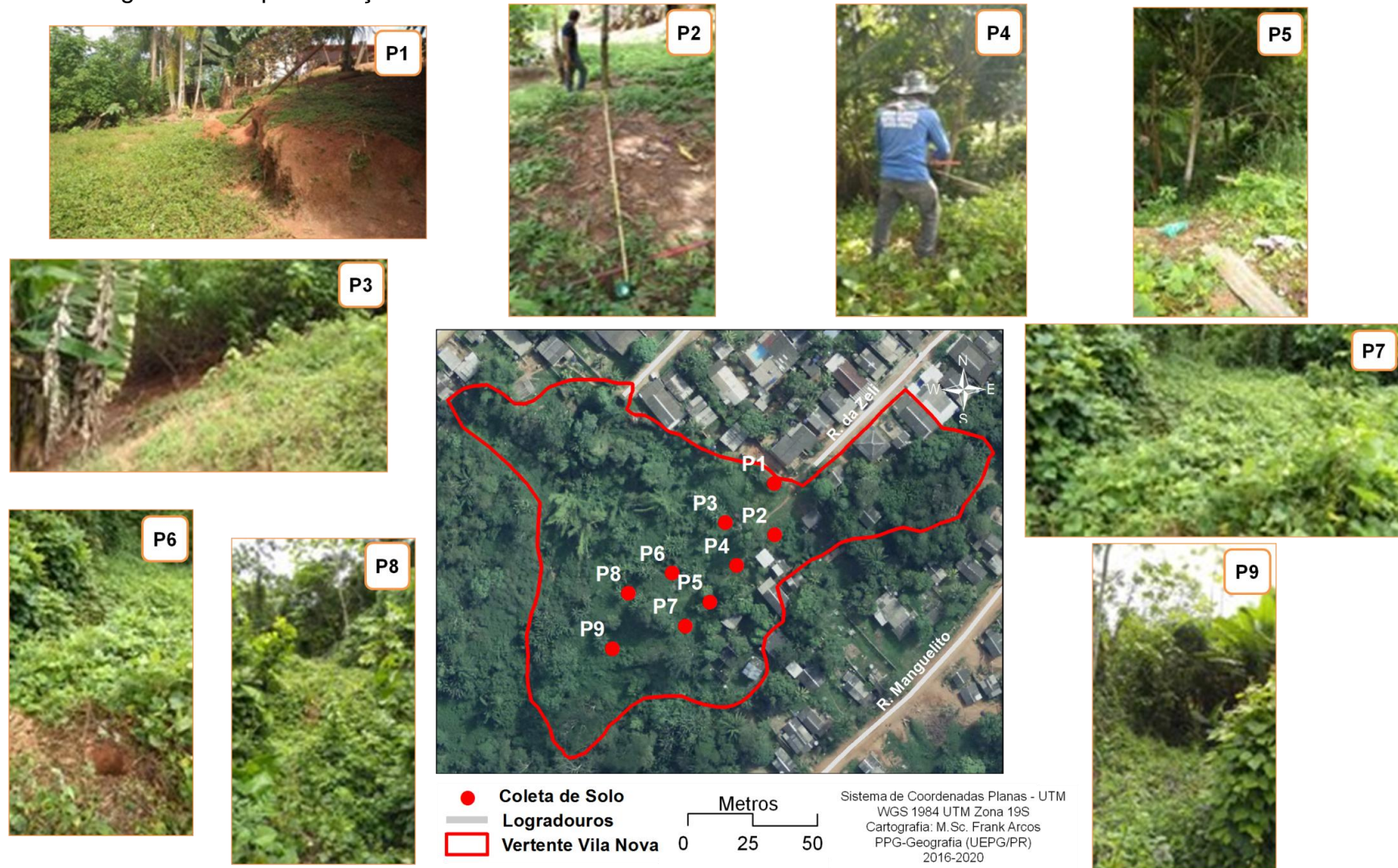
A coleta do material sedimentar foi realizada pelo método cruzado. Para a execução utilizou-se um trado manual (tipo cavadeira) da marca Ramada (75 mm) e outros elementos como, boca de lobo, trena, enxada e facão.

Na área foram abertos 9 furos que distam 20 metros um do outro. A rampa da vertente tem aproximadamente 102 metros desde o ponto inicial P1 até o P9. O material foi coletado em profundidades alternadas em 20 cm, 100 cm e 300 cm totalizando 27 amostras.

O procedimento de coleta com o trado manual seguiu a normatização da ABNT/NBR 15492 (2007) e IBGE (2015). A localização da coleta do material sedimentar está no bloco/modelo (Fig. 22) e descritos de forma pontual no quadro 8.

No decorrer da coleta observamos algumas características entre os pontos P3, P6, P8 e P9, onde no visual verificou-se a mudança gradual da coloração das camadas e, de forma tátil, a pegajosidade, plasticidade e umidade, que reforçou a ideia de material expansivo com elevado teor de argila e silte, tendo a presença de um lençol freático flutuante que se aproxima da superfície de acordo com a variação ou intensidade da precipitação pluvial.

Figura 22 - Espacialização dos Pontos de Coleta de Material Sedimentar na Vertente do Bairro Vila Nova.

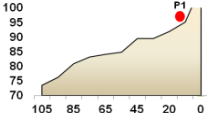
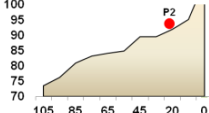
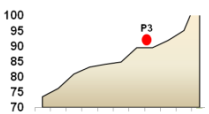
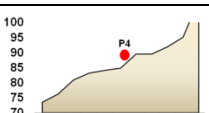

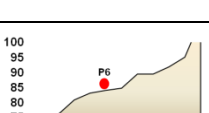
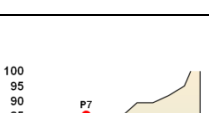
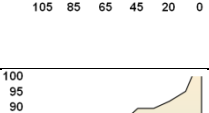
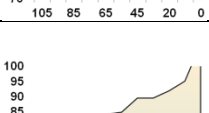


Legenda: Os pontos de coleta (P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7; P8 e P9) estão descritos no quadro 8.

Fonte: Trabalho de campo. Auxiliares: Sr. Cláudio Peregrino e Ueverton Peregrino.

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Quadro 8 - Descrição Pontual da Coleta de Material na Vertente do B. Vila Nova.

Ponto	Coord. (X e Y)	Descrição e situação pontual	Perfil da Vertente
P1	9°56'29.71" S 67°49'43.6" W	Topo da vertente e local de instalação do piezômetro;	
P2	9°56'29.25" S 67°49'43.58" W	Segundo terraço, arborizado, presença de vegetação rasteira. O material coletado estava úmido e apresentava a tabatinga acinzentada nas primeiras camadas (20 cm) e com mais intensidade entre 100 e 300 cm.	
P3	9°56'30.22" S 67°49'44.23" W	Local no centro da vertente (3º terraço) foi observado nas primeiras camadas ocorreu uma transição brusca entre um material com coloração mais avermelhada para outra mais acinzentada. A partir de 0,80 cm até o final da coleta (300 cm) verificou-se o surgimento da água devido à flutuação do lençol freático. No entorno do ponto muitas frutíferas: mangueira (<i>Mangifera indica</i>); bananeira (<i>Musa sp</i>).	
P4	9°56'30.76" S 67°49'44.09" W	Na borda do terraço, o material apresenta textura mais arenosa, com coloração menos escura nas camadas iniciais com umidade. Nesse ponto tem-se a presença de vegetação rasteira, árvores de pequeno e grande porte.	
P5	9°56'31.23" S 67°49'44.43" W	Situado na parte central da vertente, material do solo bastante úmido, com característica areno-siltosa, plástico, pegajoso com presença da tabatinga na profundidade de 70 cm (cor cinza), ao redor cipós e árvores frutíferas como taperebá (<i>Spondias mombin</i> L) jameiro (<i>Syzygium malaccense</i>), goiabeira (<i>Psidium guajava</i>), coqueiro (<i>Cocos nucifera</i>) e jaqueiras (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) e, represamento de água.	
P6	9°56'30.86" S 67°49'44.92" W	Área aberta no centro da vertente, vegetação rasteira, árvores menores e, o material apresentou características areno-siltosa; úmido com presença de água logo a 0,60cm de profundidade.	
P7	9°56'31.54" S 67°49'44.74" W	Situado na borda no terraço com árvores de pequeno porte e vegetação rasteira. O material retirado a 20 cm apresentou a tabatinga cinza até 100 cm quando houve uma mudança para um material mais amarelado. Na profundidade 210 cm ocorreu novamente a mudança na camada saindo do amarelado para o cinza. Nesse ponto o material coletado tem características mais siltosas por ser mais fino e contém menor quantidade de areia que será comprovado em laboratório.	
P8	9°56'31.13" S 67°49'45.48" W	Nesse ponto verificou-se que o material coletado inicialmente a entre 0- 40 cm tem a cor mais acinzentada, muita umidade, sem presença de raízes. No entorno, frutíferas mangueira (<i>Mangifera indica</i>) e bananeira (<i>Musa sp</i>) e vegetação rasteira.	
P9	9°56'31.82" S 67°49'45.69" W	Situado próximo no final da rampa da vertente apresentou uma transição entre as camadas um material diferente quanto à coloração. Na profundidade entre 20- 50 cm ocorreu a tabatinga cinza que mudou entre 50- 80 cm para um material vermelho retornando para o cinza após 80 cm, novamente surgindo nas camadas entre 80-100 cm até o final da coleta. Essa transição não foi observada anteriormente no P7.	

Fonte: Informações organizadas pelo autor (Trabalho de Campo).

Nota: A denominação **tabatinga** é associada a alguns solos com características mecânicas peculiares bem conhecidas na prática rodoviária regional do Acre. Trata-se de um solo silto-argiloso de origem sedimentar e coloração esbranquiçada, apresentando plasticidade superior a diversos solos argilosos locais e elevada expansão quando em contato com a água. (BARBOSA et. al., 2018).

4.3.4 Instalação de (01) Piezômetro para Monitoramento do Nível Freático

Estudos integrados voltados para a compreensão dos deslizamentos requerem, também, a incorporação de ensaios e monitoramentos de campo (FERNANDES *et al.*, 2001, p.55). Para tanto, fez a instalação de um (01) piezômetro, e o monitoramento da variação do lençol freático foi realizado no período de 10 meses (novembro de 2017 a agosto/2018) época da transição das estações, com início do verão e posterior inverno amazônico.

O conhecimento prévio das características geotécnicas de uma área urbana é necessário para orientar o uso e ocupação do solo, podendo identificar áreas de riscos, terrenos suscetíveis à erosão e deslizamento em locais com lençol freático elevado (SCHEIDT *et al.*, 2010, p. 95).

Borges (2007) ao realizar pesquisa a partir de análises de um BD de sondagens (N_{spt}) realizou mapeamento da superfície freática na zona norte da cidade de Rio Branco. O autor identificou que na parte mais elevada denominada - Macrozona de Consolidação Urbana - o nível freático se situa em torno de 5m de profundidade, aproximando-se da superfície à medida que se caminha para os canais de drenagem.

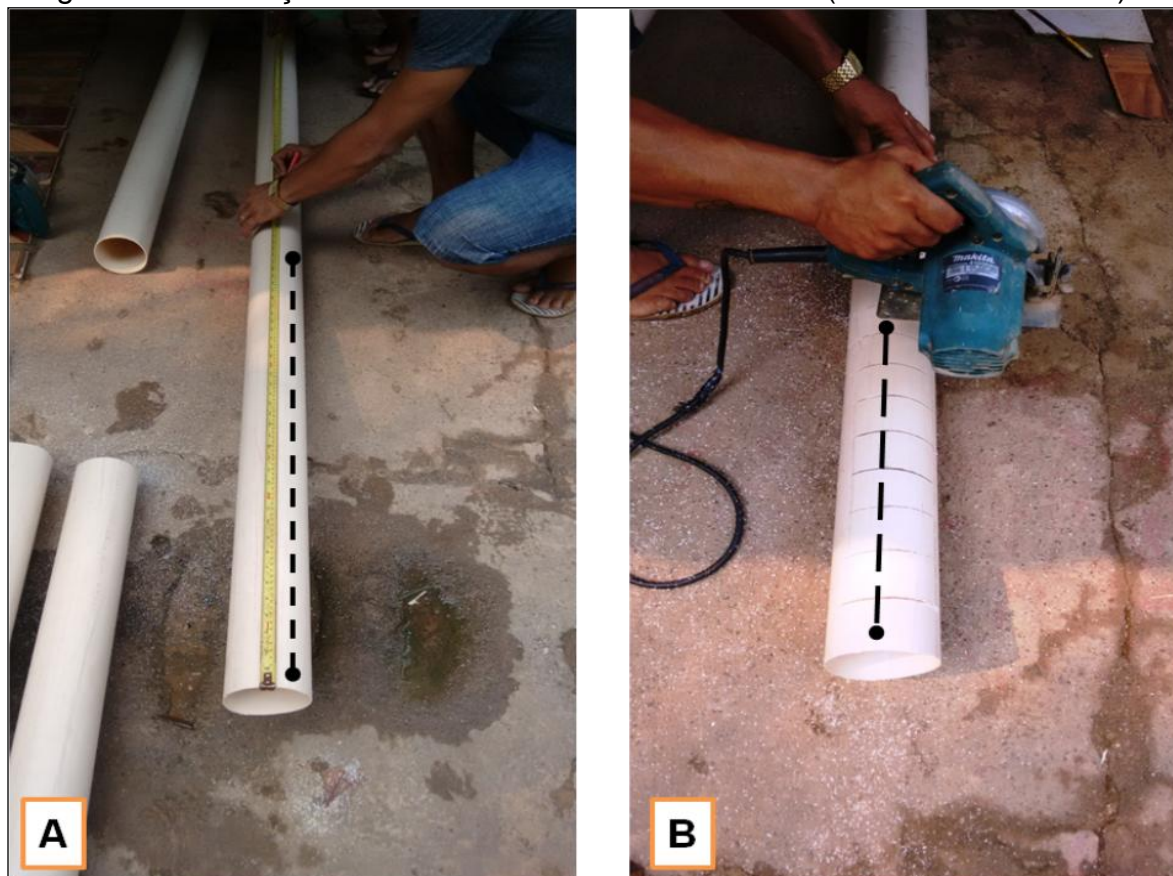
Betio e Santos (2016) realizaram monitoramento do fluxo subterrâneo em 3 poços na área de um aterro não controlado na cidade de Rolândia (PR). As observações se justificaram para identificação de possíveis danos ambientais e potenciais consequências para os corpos hídricos superficiais e subsuperficiais. Os autores identificaram ao longo do monitoramento com os piezômetros a relação entre as fortes chuvas e a elevação mais rápida do lençol freático, não ocorrendo em precipitações de baixa intensidade.

Em contrapartida, “na ocorrência de chuvas moderadas por um longo período, o chorume tem sua migração favorecida através da zona não saturada, podendo atingir a zona saturada, portanto, transportando produtos contaminantes através de correntes advectivas” (BETIO; SANTOS, 2016, p.16).

Para a área de estudo (vertente do B. Vila Nova), houve a necessidade de se verificar a dinâmica do fluxo subsuperficial (variação do lençol freático) levando-se em consideração a precipitação dentro do período de monitoramento citado anteriormente. Para tanto, foi produzido um (1) piezômetro em tubo de PVC (Policloreto de Vinila), diâmetro de 100 mm (10 cm) e 6 (seis) metros de

comprimento. O tubo de PVC foi cortado no comprimento de 3,5m, realizadas as marcações e, com uma serra elétrica fez-se as ranhuras em intervalos de 5cm em 5cm (FIG. 23).

Figura 23 - Produção do Piezômetro com Tubo de PVC (Policloreto de Vinila)

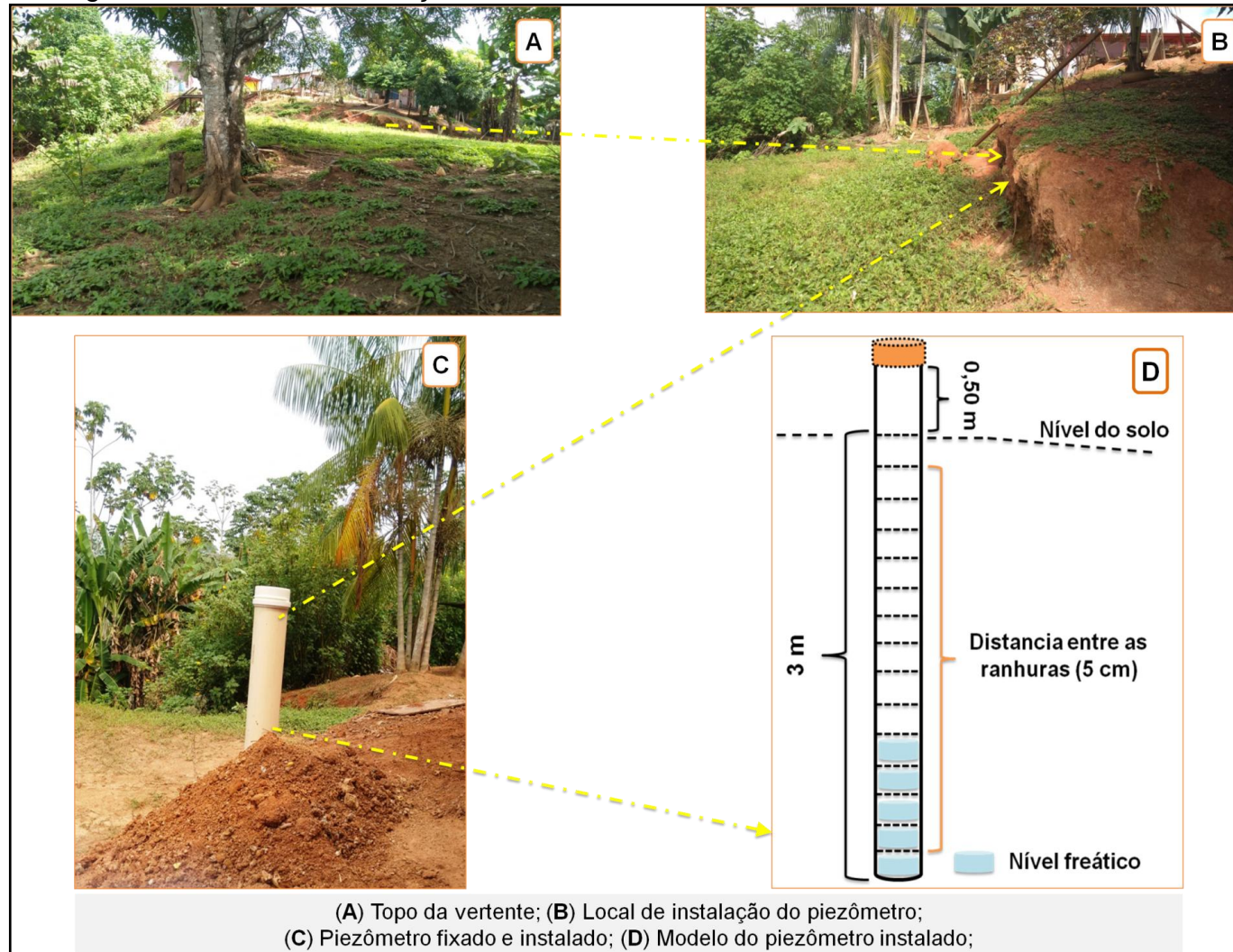


Fonte: Trab. campo (2017-2018). Auxiliares Renilson Moura/Kildare Jr.
Nota: Informações organizadas pelo autor.

O piezômetro foi produzido com material de baixo custo e, a instalação seguiu os procedimentos definidos em Martins *et al.*, (2015, p.4). Os autores afirmaram que obtiveram com o monitoramento por piezômetros resultado satisfatório na determinação da altura do lençol em um lote comercial na área urbana da cidade de Pelotas (RS).

Após a produção do piezômetro ocorreu à instalação em local pré-definido (FIG. 24). Nas figuras 24A e 24B observa-se em perspectiva ao topo da vertente o ponto de instalação e, na figura 24C o equipamento devidamente fixado a 3 metros de profundidade ficando apenas uma parte exposta (50 cm) que foi lacrada com tampa removível para possibilitar as leituras diárias.

Figura 24 - Ponto de Instalação do Piezômetro – Vertente do Bairro Vila Nova



Fonte: Trabalho de Campo. Auxiliares: Renilson Moura e Kildare Jr.

Nota: Informações organizadas pelo autor.

O procedimento de coleta das informações foi realizado sempre ao final da tarde. O auxiliar de campo inseria no tubo (piezômetro) uma barra de ferro e, ao retirá-la anotava a medida da altura da água com uso de uma trena.

Os dados obtidos foram transferidos da planilha de campo para o programa Excel, para posterior construção gráfica e análise dos resultados quanto à variação do nível do lençol na área de estudo.

4.4 ETAPA III. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO (PÓS-CAMPO)

4.4.1 Análise Física: Textura do Solo (27 amostras).

A textura representa as proporções das frações areia, silte e argila do solo. Sua determinação, realizada em laboratório, envolve pré-tratamentos, dispersão da amostra e separação e quantificação das frações texturais. O conhecimento da textura é importante, por apresentar aplicações no uso e manejo dos solos, na melhor utilização da água em sistemas produtivos, nos estudos de gênese e classificação de solos, nas práticas de fertilização e correção do solo, no desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas e na avaliação da dinâmica de nutrientes e poluentes no solo (MAURI et. al., 2011).

As 27 amostras do material do coletado na vertente urbana do bairro Vila Nova foram preparadas e analisadas em etapas no LAGEF (Laboratório de Geografia Física - UEPG). A análise física (granulométrica) foi baseada no método da pipeta definido por EMBRAPA (1997), Donagemma *et al.*, (2011) e Teixeira *et al.*, (2017), obedecendo aos parâmetros de tratamento das amostras.

De acordo com os procedimentos as amostras do solo primeiramente foram destorroadas de forma manual com uso do gral e pistilo em porcelana e, em outro momento as demais etapas do ensaio no laboratório. Seguindo o manual, utilizaram-se as soluções hexametáfosfato de sódio (NaPO_3)_n e hidróxido de sódio (NaOH) adicionados ao volume de 1 litro de água destilada. Esses reagentes em solução foram colocados em tubos de PVC juntamente com 20g do material do solo.

O procedimento se fez necessário para que houvesse o processo de dispersão das partículas do material do solo. As amostras ficaram no agitador mecânico instalado no LAGEF por 16 horas a 60 rotações por minuto (RPM).

De acordo com Mauri *et al.*, (2011, p.1279) “a dispersão é o processo de separação das partículas reunidas em agregados, em partículas individuais (areia, silte e argila). Essa fase da análise textural envolve a combinação de processos físicos e químicos. A dispersão física ou mecânica consiste na agitação da suspensão de solo, o que contribui para a quebra dos pequenos agregados”.

Ao finalizar o processo de dispersão as amostras foram retiradas dos tubos de PVC, a areia foi separada na peneira com malha de 0,053mm. A diferença do volume foi inserida em provetas de 1000 ml seguindo o método para determinação dos valores e separação da argila e do silte.

O material em suspensão foi agitado por 1 minuto e na sequência coletado 25 ml (argila+silte). “A fração silte foi obtida em uma segunda pipetagem considerando o tempo de sedimentação segundo a equação de Stokes” (DONAGEMMA *et al.*, 2017, p.102).

As amostras foram levadas ao forno mufla por 24h a uma temperatura de 105°graus. Os resultados sobre a granulometria das amostras do material do solo estão especificados em valores absolutos (g/kg^{-1}) e percentuais (%) para posterior análise em tópico específico.

Dentre os demais métodos para integração de dados e indicação para instabilidade de vertentes ou encostas, optamos em determinar as frações texturais (areia, silte e argila), matéria orgânica e densidade do solo. Outros métodos utilizados foram preteridos em virtude de condições técnicas operacionais nos laboratórios da UEPG, por exemplo, falta de reagentes e equipamentos.

4.4.2 Análises Químicas

As análises químicas das amostras foram obtidas em tratamento no laboratório Interpartner Ltda, sendo os seguintes elementos do complexo sortivo: pH em CaCl_2 , H + Al, Ca trocável, Mg trocável, K trocável, P, C-orgânico, CTC a pH 7,0, CTC efetiva, Saturação por bases (V), por Al (m), C^2 , M^2 , K, relação Ca/Mg e relação $\text{C}^2 + \text{M}^2/\text{K}$, disponíveis no apêndice A. Os procedimentos de laboratório seguiram métodos consolidados em conformidade com Teixeira *et al.*, (2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados da pesquisa está dividida em seções que constam dos subitens Geoprocessamento; Curvas de nível; Elevação; Declividade; Solos; Indicador do Risco; Topografia da área de estudo: vertente B. Vila Nova; Características Físicas do material do solo na área da Vertente; Descrição analítica e resultados químicos; Monitoramento da Piezometria e Capacidade de Retenção de Água Disponível – CRAD.

5.1 GEOPROCESSAMENTO

O desenvolvimento das geotecnologias nas últimas décadas, inseridas no contexto da análise digital do relevo em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), configura um cenário favorável para a aplicação de técnicas paramétricas que objetivam a mensuração, identificação e classificação de feições e unidades do relevo a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) (SILVEIRA; SILVEIRA, 2015).

Os modelos geoespaciais desenvolvidos e suas ferramentas são de muita utilidade para a determinação da diversidade dos fenômenos do meio físico. “Os modelos digitais de elevação (MDE) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georeferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel” (VALERIANO, 2008, p.21).

As análises desenvolvidas sobre um modelo digital permitem: visualizar os modelos em projeção geométrica planar; gerar imagens de nível de cinza, imagens sombreadas e imagens temáticas; calcular volumes de aterro e corte; realizar análises de perfis sobre trajetórias predeterminadas e; gerar mapeamentos derivados tais como mapas de declividade e exposição, mapas de drenagem, mapas de curva de nível e mapas de visibilidade.

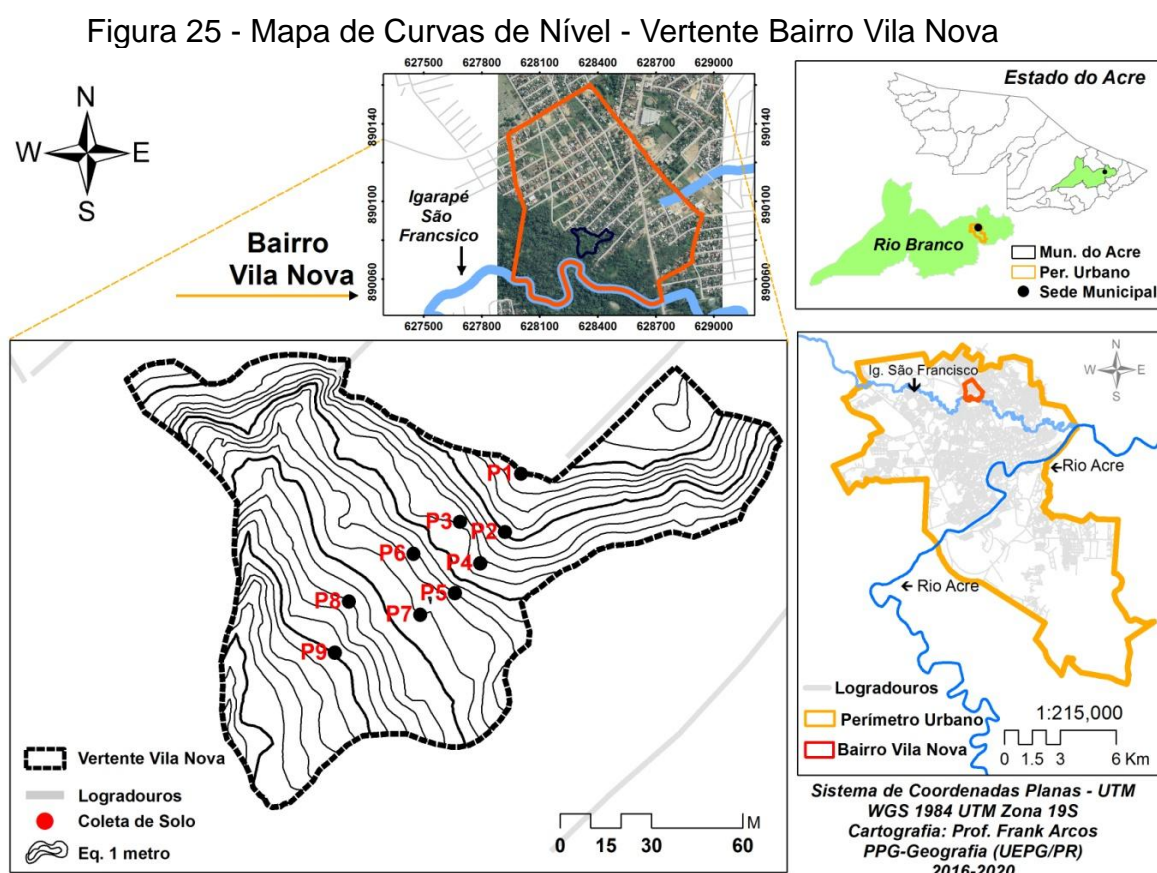
Os produtos das análises podem, ainda, serem integrados com outros tipos de dados geográficos objetivando o desenvolvimento de diversas aplicações de geoprocessamento, tais como, planejamento urbano e rural (CÂMARA; FELGUEIRAS, 2003, p. 21).

A análise digital do terreno introduz algumas vantagens em relação ao método tradicional para a separação das unidades; é uma alternativa rápida e

econômica que pode ser aplicada para a quantificação e classificação do relevo, permitindo a definição automática ou semiautomática das unidades morfológicas da paisagem (IPPOLITI-RAMILO, 2005). A elaboração dos mapas dos atributos topográficos se deu com o uso Sistema de Informação Geográfica (SIG) onde, se aplicou técnicas de geoprocessamento.

5.1.2 Curvas de Nível

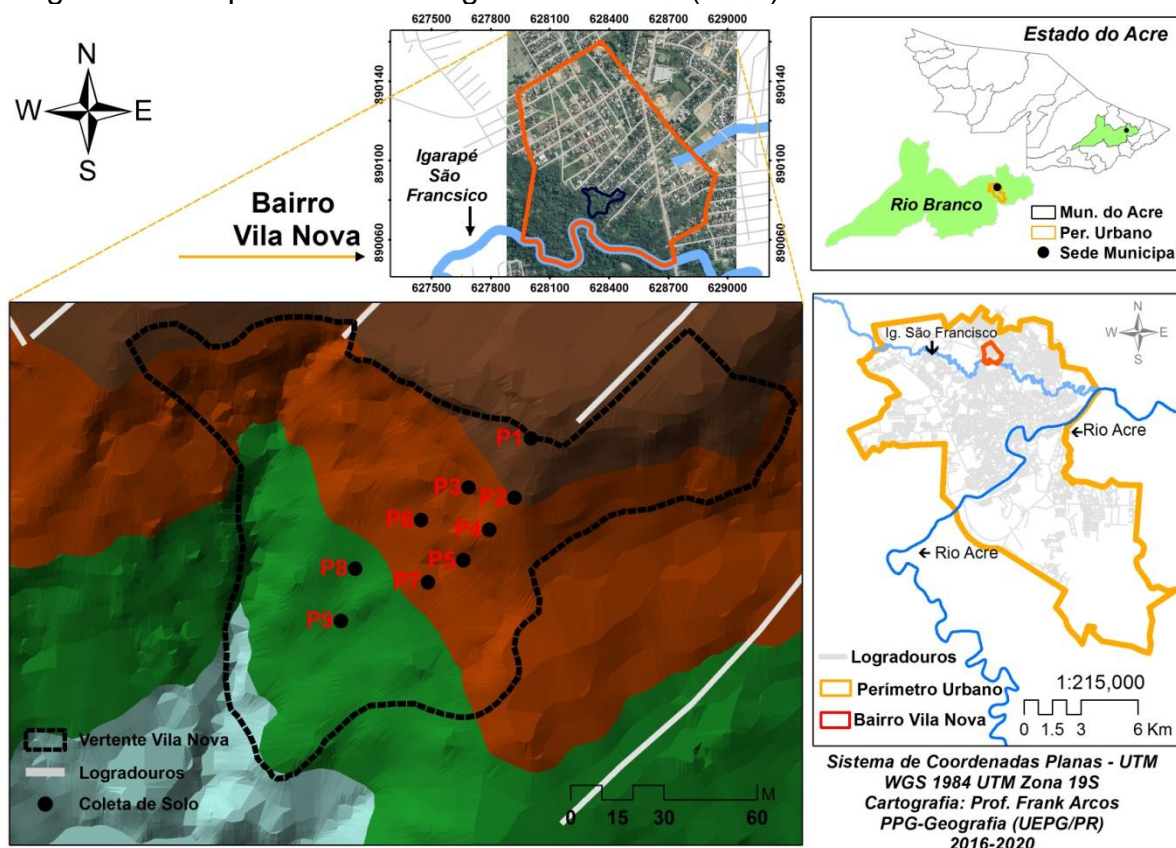
O método consistiu na interpolação de dados geoespaciais com o dado *Raster* de entrada através do algoritmo <3D Analyst Tools> <Raster Surface> <Contour>. Para tanto, utilizamos a fusão de 2 aerofotos (16.9 e 17.9) com escala de 1:5000, cedidos pela PMRB. Após a interpolação se definiu os intervalos entre as isolinhas, gerando curvas de nível no formato *shapefile* para a área delimitada da vertente do B. Vila Nova com equidistância de 1 metro (FIGURA 25).



Com base nas curvas de nível foi criada a malha triangular TIN (*Triangulated Irregular Network*) como precedente a produção de outras variáveis topográficas, por exemplo, resultados para a classe de altitude, declividade e indicador de risco (IR).

O TIN possui uma estrutura de dados vetoriais e de armazenamento para exibição dos modelos de superfície. As partições geográficas em um conjunto de pontos de dados espacializados de forma irregular, onde cada um tem um valor expresso para x, y, e z. Os pontos gerados com a aplicação do modelo são conectados por bordas em apresentam um conjunto de triângulos contíguos e não sobrepostos, dessa forma, criando o Modelo Digital do Terreno, qual representa o terreno estudado (BRATT; BOOTH, 2004) (FIGURA 26).

Figura 26 - Mapa do Modelo Digital do Terreno (MDT) - Vertente Bairro Vila Nova.



Fonte: UCgeo (2013); PMRB (2017);
Nota: Informações organizadas pelo autor.

O Modelo Digital do Terreno foi gerado a partir da lógica no algoritmo <3D Analyst Tools> <Data Management> <TIN> <Create TIN> na aba ArcToolbox.

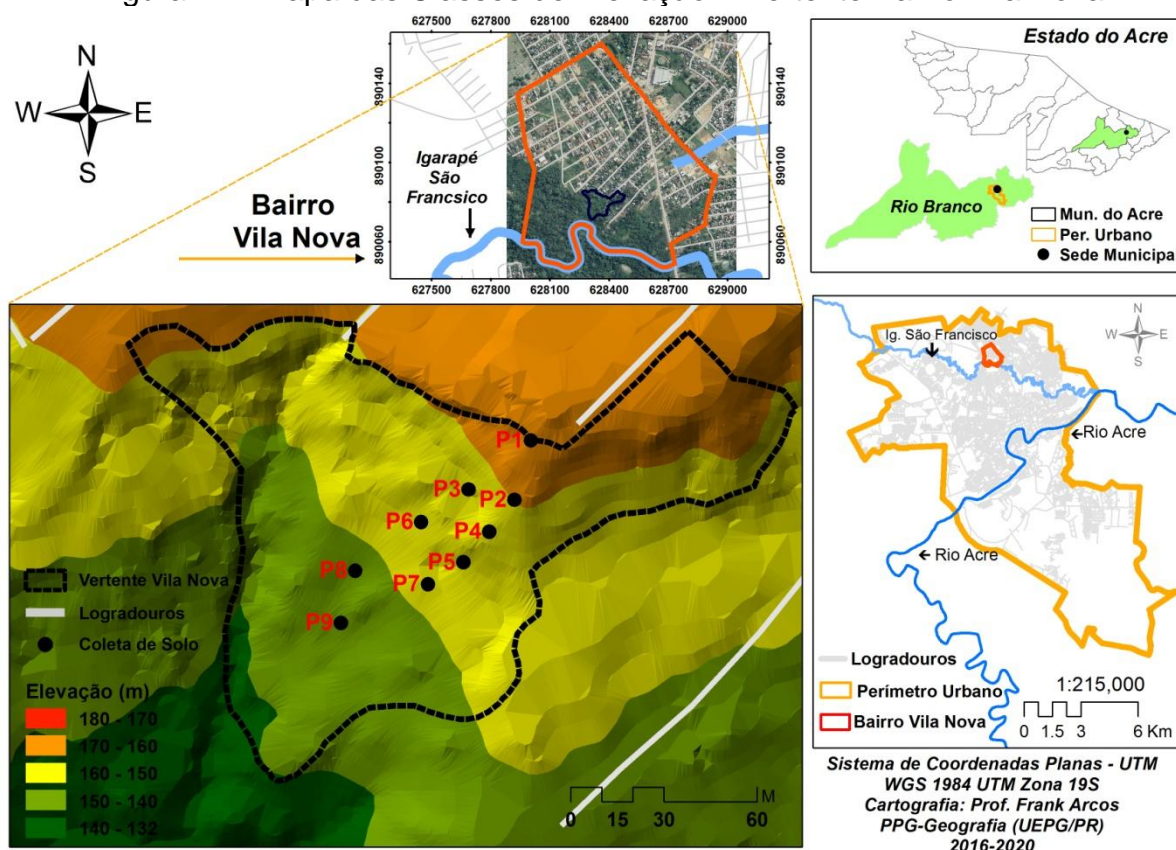
Em outro momento o MDT foi finalizado com uso da ferramenta <Spatial Analyst Tools> <Interpolation> <Topo to Raster> com a inserção combinada entre

curvas de nível e dados da hidrografia. Com o processamento e a interpolação geoestatística gerou-se um *Raster (output)* com informações topográficas detalhadas da vertente urbana do B. Vila Nova.

5.1.3 Elevação

As classes de elevação têm intervalos entre 180m na parte superior variando até 132m na base da área da vertente, onde se observam feições no relevo e algumas cicatrizes no terreno com características de um antigo curso de água efêmero na parte oeste (W) (FIG. 27).

Figura 27 - Mapa das Classes de Elevação – Vertente Bairro Vila Nova.



Fonte: UCgeo (2013); PMRB (2017);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Para tanto, os dados relativos as elevações do terreno foram extraídas com uso ferramenta <Spatial Analyst Tools> <Surface> e subdivididos em 5 classes com intervalos de 10 metros, distribuídos e apresentados os resultados na tabela 7.

Tabela 7 - Distribuição das Classes de Elevação – Vertente Bairro Vila Nova

Elevação (m)	Nível	Área (ha)	(%)
180 - 170	Alto	0,18	12
170 - 160		0,43	28,66
160 - 150	Médio	0,39	26
150 - 140		0,28	18,67
140 - 132	Baixo	0,22	14,67
Total		1,5	100

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

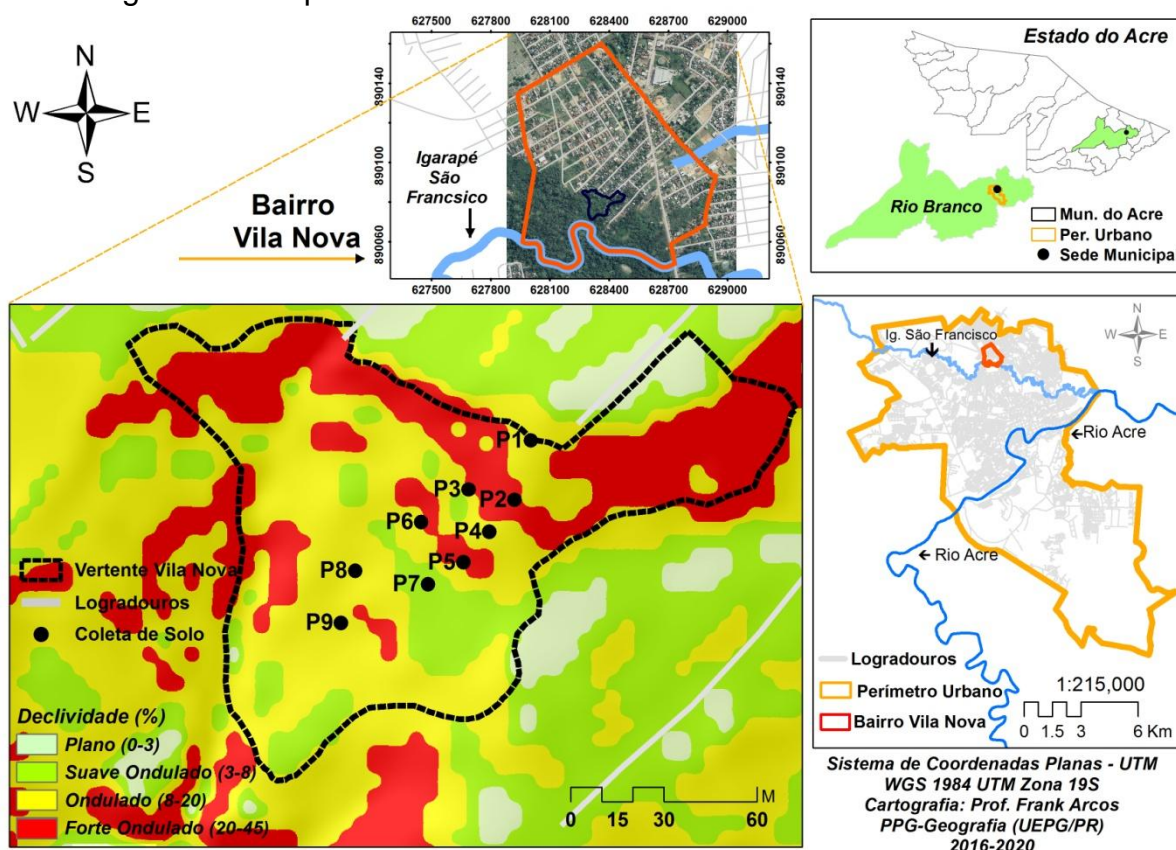
Com base nos dados extraídos (Tab. 7) na quantificação foi identificado que as classes mais relevantes para a elevação estão entre 170m e 140m com uma amplitude de 30 metros e, seu percentual corresponde entre 28,66%; 26% e 18,67% respectivamente, pois, são nessas classes intermediárias que ocorreram e vem ocorrendo os deslizamentos na vertente do bairro Vila Nova.

5.1.4 Declividade

As classes de declividade (FIG. 28) foram adaptadas de Santos *et al.*, (2014, p.272), onde estas “qualificam as condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que afetam as formas de modelado (formas topográficas)”, conforme definição a seguir:

Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0% a 3%; Suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50m a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3% a 8%. Ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8% a 20%. Forte ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50m a 100m e de 100m a 200m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis 20% a 45% (SANTOS *et al.*, 2014, p. 272-273).

Figura 28 - Mapa de Declividade – Vertente Bairro Vila Nova



As frequências para as classes de declividades foram extraídas com o algoritmo <Spatial Analyst Tools> <Surface> <Slope> e separadas em 4 níveis. Para se extrair as informações descritas na tabela 8, foi realizada a conversão do formato Raster para polígono utilizando a ferramenta <Conversion Tools> e na sequência a reclassificação com o (3D Analyst/Reclassify). Ao final usou-se a ferramenta *Geoprocessing* (dissolve), obtendo assim, os dados quantitativos da delimitação.

Tabela 8 - Distribuição das Classes de Declividade – Vertente Bairro Vila Nova

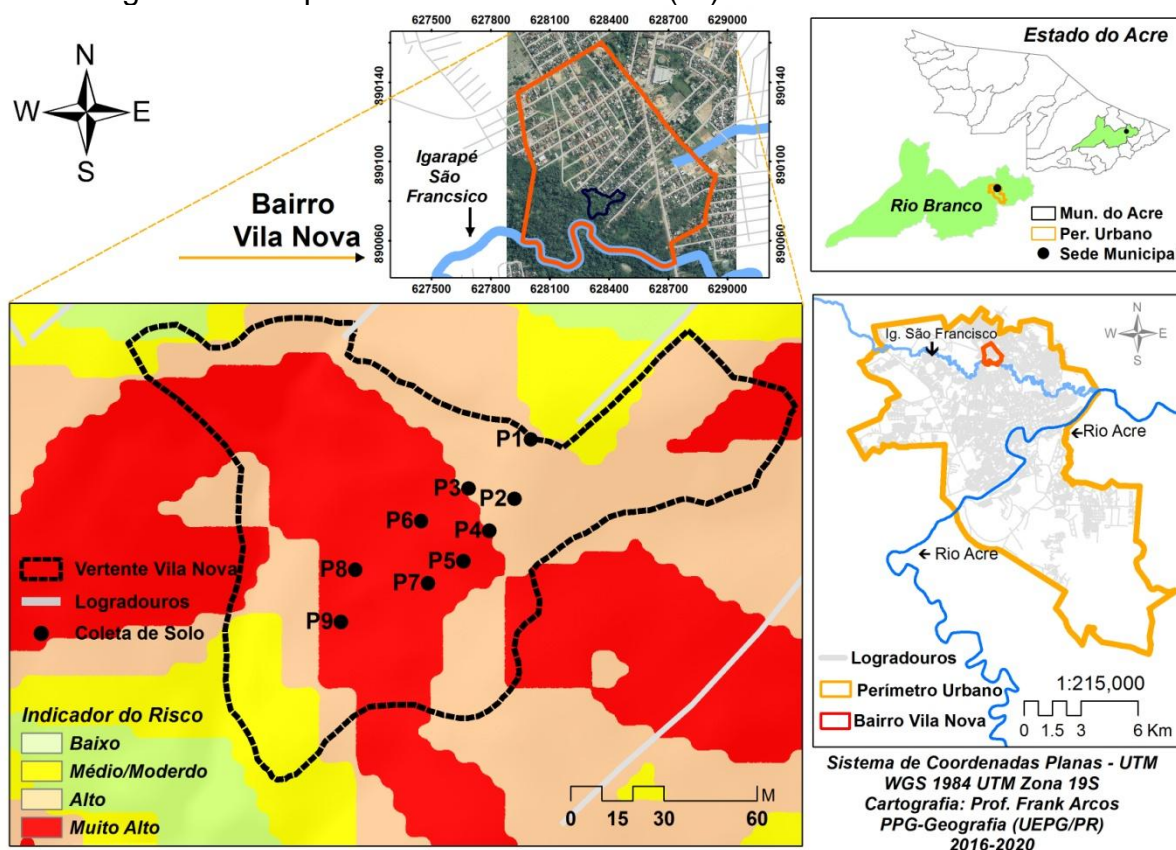
Declividade (%)	Declividade (°)	Relevo	Área (ha)	(%)
0 - 3	0 – 2°	Plano	0,03	2
3 - 8	2° - 4°	Suave Ondulado	0,22	14,67
8 - 20	4° - 12°	Ondulado	0,74	49,33
20 - 45	12° - 25°	Forte Ondulado	0,51	34
Total			1,5	100

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Após os procedimentos de quantificação verificamos que as classes de maior declividade estão em áreas de relevo ondulado e forte ondulado, onde se têm os maiores percentuais e, por conseguinte onde estão localizados os eventos de movimento de massa, identificados na vertente. Com base nas classes de declividades descritas na tabela 8, e dos níveis topográficos correspondentes, podemos inferir que a declividade é o fator condicionante correspondente aos movimentos gravitacionais na área de estudo.

No entanto, para que houvesse a confirmação do processo, foi atribuída a partir das curvas de níveis e dos parâmetros da declividade uma nova reclassificação com uso do algoritmo *3D Analyst/Reclassify*. Nesse procedimento obteve-se o resultado de uma nova segmentação, qual foi denominada de **indicador de risco (IR)** que estão respaldados na metodologia proposta por BRASIL (2007 p.64-65), e devidamente selecionados em 4 níveis: Baixo; Médio/Moderado; Alto; Muito Alto (FIG. 29) para melhor análise os dados estão descritos na tabela 9.

Figura 29 - Mapa do Indicador do Risco (IR) - Vertente Bairro Vila Nova.







Fonte: UCgeo (2013); PMRB (2017);

Nota: Informações organizadas pelo autor.

Assim, com o detalhamento e quantificação dos dados (Tab. 9) podemos verificar que os indicadores de risco mais expressivos estão para a classe alta e muito alta na área delimitada para a vertente do bairro Vila Nova.

Tabela 9 - Indicador do Risco (IR) – Vertente Bairro Vila Nova.

	Indicador do Risco (IR)	Área (ha)	(%)
	Baixo	0,02	1,33
	Médio/Moderado	0,13	8,67
	Alto	0,65	43,33
	Muito Alto	0,70	46,67
	Total	1,5	100

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Nesse sentido, as combinações possíveis e que nos levaram a identificação dos locais com iminente potencial de riscos para movimento de massa, estão entre as áreas identificadas respectivamente para as classes de relevo ondulado e forte ondulado, e nestes locais situam-se os eventos dos movimentos gravitacionais na zona norte da cidade de Rio Branco.

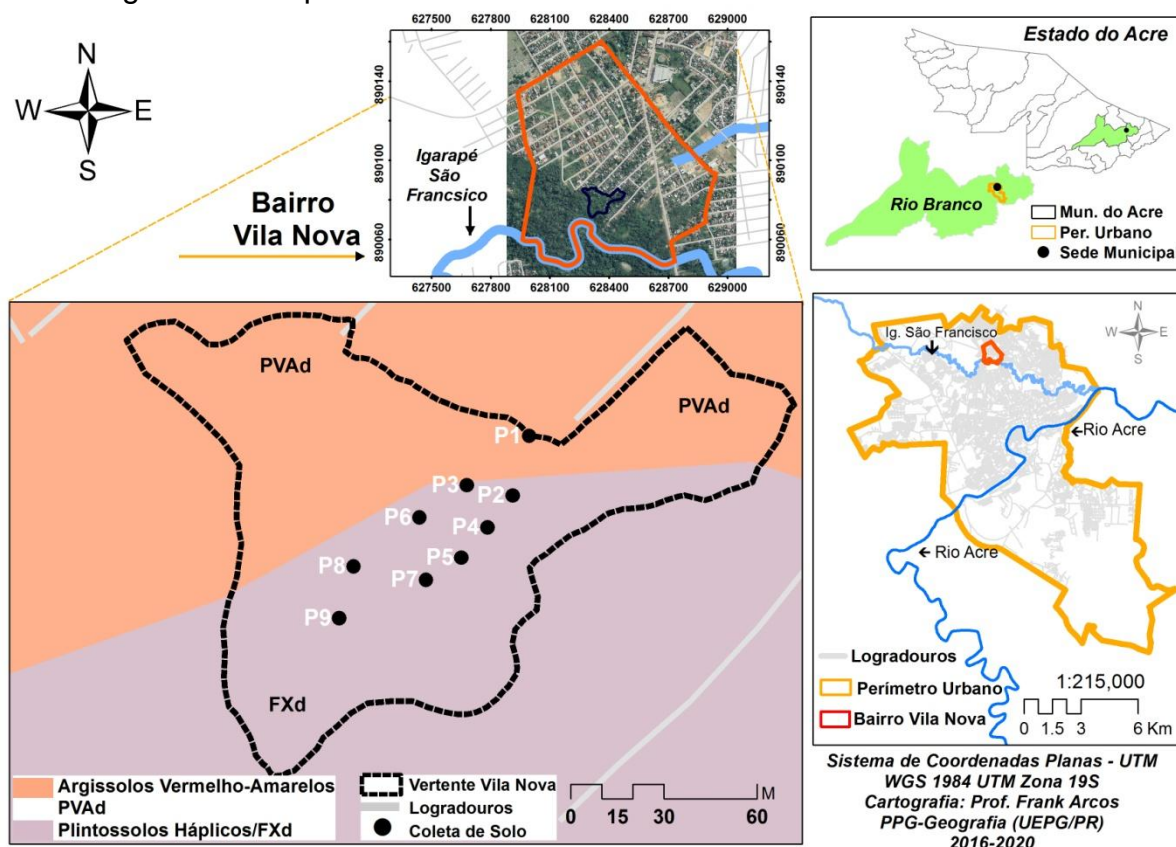
5.1.5 Solos

A cidade de Rio Branco-AC situa-se sobre terrenos sedimentares argilosos da Formação Solimões (MAIA, 1977) citado por (OLIVEIRA; FERREIRA, 2006 p.1). A tipologia dos solos de Rio Branco foi extraída do BD do ZEAS/ACRE que realizou o último levantamento pedológico em 2006. Em termos de 1º nível categórico em ordem decrescente são: ARGISSOLOS (78,7%), PLINTOSSOLOS (11,8%), LUVISSOLOS (8,2%), LATOSSOLOS (0,8%), NEOSSOLOS (0,5 %) e GLEISSOLOS (0,02 %) (ACRE, 2006).

De acordo com Carmo (2006, p.21) a “cidade de Rio Branco apresenta um predomínio de ARGISSOLOS nas partes mais altas, PLINTOSSOLOS ou ARGISSOLOS na média e baixa encosta, e NEOSSOLOS Flúvicos e GLEISSOLOS nas partes inundáveis, às margens do rio Acre” e igarapé São Francisco.

As tipologias identificadas (FIG. 30) correspondem a “parte superior da paisagem onde atualmente estão os solos mais evoluídos pedogeneticamente como os LATOSSOLOS; ARGISSOLOS e PLINTOSSOLOS” (LANI *et al.*, 2012, p.29).

Figura 30 - Mapa das Classes de Solos – vertente Bairro Vila Nova



No entanto, foram identificados os ARGISSOLOS com 51% e PLINTOSSOLOS 49% para a delimitação da vertente (FIG. 30) onde, situa-se nas classes topográficas, ondulada e forte ondulada vinculadas a declividade na área de estudo e correlacionadas com o indicador do risco (IR) para os intervalos de nível alto e muito alto observados anteriormente em mapa específico.

De acordo com Santos *et al.*, (2014) a classes dos ARGISSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e, dos PLINTOSSOLOS sendo solos minerais formados em condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade.

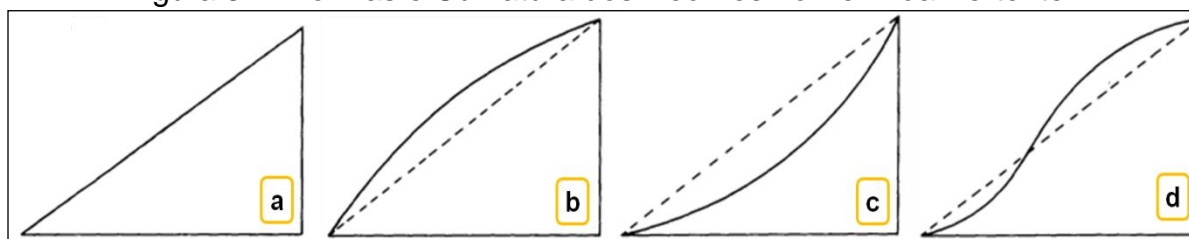
5.2 TOPOGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO: VERTENTE BAIRRO VILA NOVA

A execução do trabalho topográfico na vertente, descrito anteriormente, gerou novos produtos que auxiliaram na análise dos processos superficiais, bem como, a identificação das formas convexas, côncavas e retilíneas na vertente do B. Vila Nova.

Young (1974) argumenta que a análise em perfil de uma vertente é em primeiro plano efetuar sua divisão em partes, onde cada uma possui propriedades específicas em sua forma e evolução no tempo e no espaço.

Cada vertente tem características e constituição diferenciadas, que vão desde a forma mais suave e curvadas denominada de elementos convexas ou côncavos e perfis retilíneos (FIG. 31), conforme proposto por Parsons (1978).

Figura 31 - Formas e Curvatura dos Declives no Perfil da Vertente



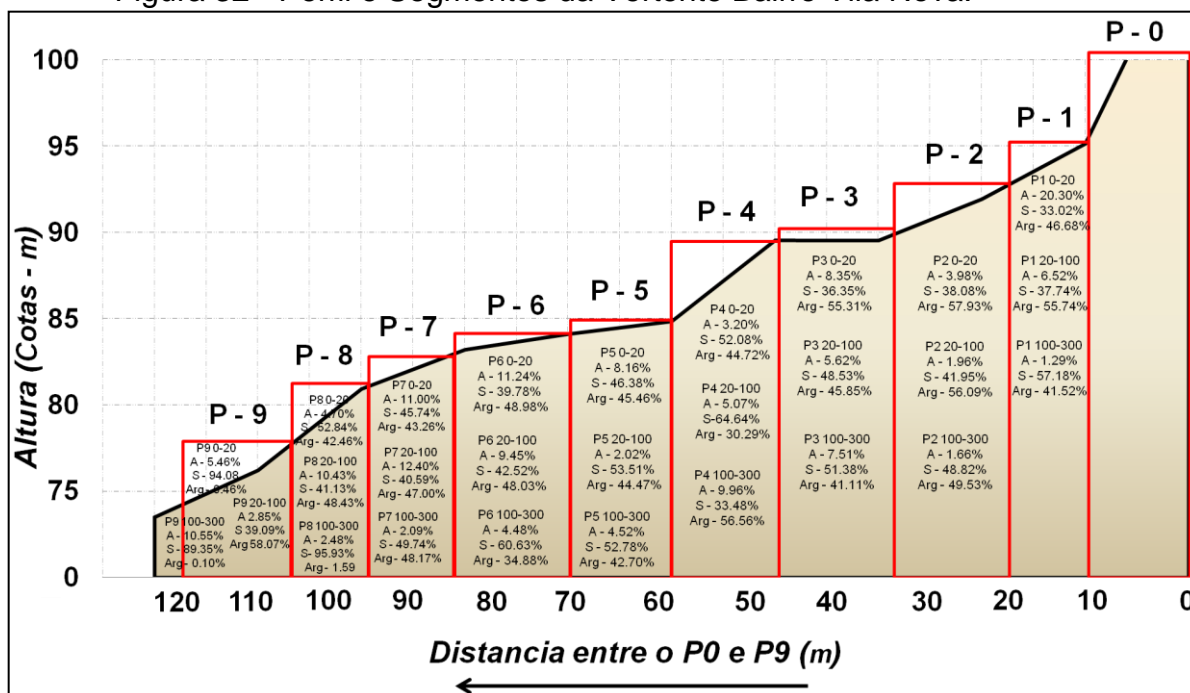
Legenda: (a) Retilínea; (b) Convexa; (c) Côncava; (d) Convexo-côncavo;
 Fonte: Parsons (1978, p.473)
 Nota: Modificado pelo autor.

Vertentes cujo perfil tem um ângulo constante são chamadas de retilíneas (a), segmentos ou partes das vertentes também podem ter este tipo de perfil. As vertentes curvas podem ser convexas (b) ou côncavas (c) de acordo com a direção da curvatura e não podem ser descritas por um simples ângulo, mas pelo grau de curvatura do segmento (VELOSO, 2002).

Nesse sentido, efetuou-se a segmentação da vertente, onde as formas identificadas obedecem ao distanciamento em declive entre os pontos cotados no levantamento topográfico.

A declividade estimada para a vertente em estudo foi de 10° (17.5%) e, de acordo com Santos *et al.*, (2014) a classe do relevo está situada entre suave ondulado e ondulado. Desta forma, podemos inferir que no local definido para levantamento topográfico na vertente, obedece ao maior conjunto de formas côncavo-convexo, com destaque para uma ruptura no declive, ponto P4 (FIG. 32).

Figura 32 - Perfil e Segmentos da Vertente Bairro Vila Nova.



Para cada segmento (FIG. 32) (blocos verticais/vermelho) no perfil constam os percentuais texturais da areia, silte e argila. Na tabela 10 a seguir, está disposta a forma da vertente, inerente aos segmentos (R_t) Retilíneo; (P_{In}) Plano; (C_c) Côncavo; (C_v) Convexo que são correspondentes a profundidade dos pontos de coleta de material sedimentar na vertente.

Tabela 10 - Segmentos, Profundidade e Textura do Material Sedimentar – Vertente Bairro Vila Nova.

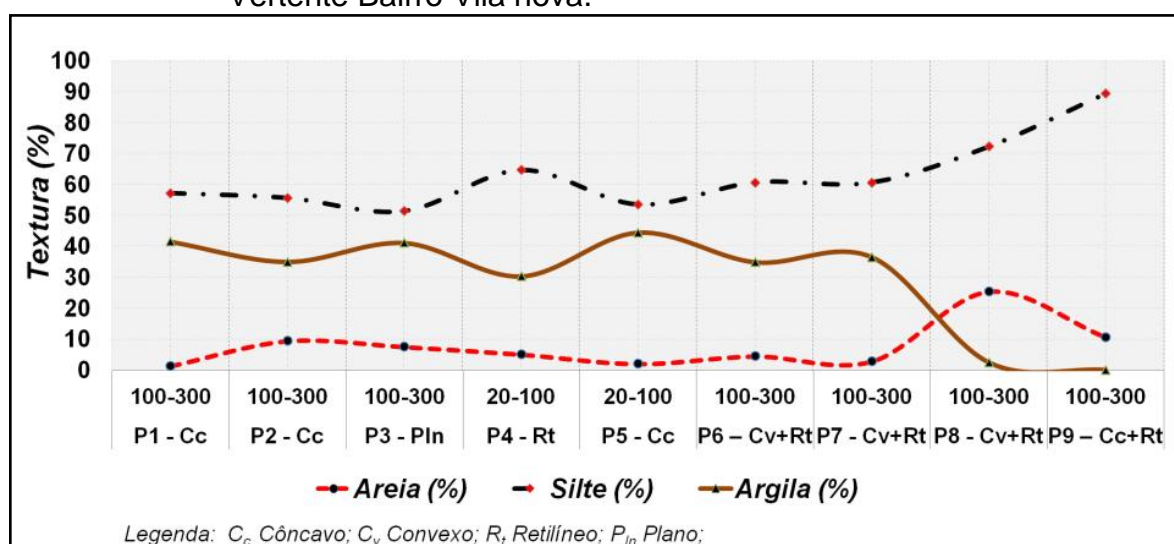
Segmentos ^(p)	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura (SiBCS, 2018)
P1 - C_c	100-300	1.29	57.18	41.52	Argilossiltosa
P2 - C_c	100-300	9.39	55.63	34.98	Franco-argilossiltosa
P3 - P_{In}	100-300	7.51	51.38	41.11	Argilossiltosa
P4 - R_t	20-100	5.07	64.64	30.29	Franco-argilossiltosa
P5 - C_c	20-100	2.02	53.51	44.47	Argilossiltosa
P6 - C_v+R_t	100-300	4.48	60.63	34.88	Franco-argilossiltosa
P7 - C_v+R_t	100-300	2.85	60.63	36.51	Franco-argilossiltosa
P8 - C_v+R_t	100-300	25.35	72.22	2.44	Franco-siltosa
P9 - C_c+R_t	100-300	10.65	89.35	0.01	Silte

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

No caso da profundidade (Tab.10) foi selecionado de acordo com os segmentos, levando-se em conta o critério quantitativo do maior percentual acumulado das frações areia, silte e argila, qual se refere ao material sedimentar depositado na área de estudo (Fig. 33, posterior).

O entendimento da granulometria do solo é importante para se compreender a distribuição dos sedimentos, a dinâmica de formação de uma vertente e fazer inferências sobre o comportamento do solo (CAMPOS *et. al.*, 2007, p.150). Young e Hammer (2000, p.991) afirmaram que existe uma “abrangente variação das características texturais dos solos originários de um ambiente sedimentar”. Nesse caso, nos referimos ao material coletado e descrito (vide tab. 10) e, figura 33.

Figura 33 - Concentração: Areia, Silte e Argila em Determinadas Profundidades – Vertente Bairro Vila nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Gama (1986, p.80) corrobora em seu trabalho de classificação de solos em depósitos sedimentares da Formação Solimões na cidade de Rio Branco, Acre, no tocante a variação das características texturais, onde o autor ressalta que a “alta percentagem de argila e silte presentes nos horizontes dos perfis estudados, são em grande parte, herdadas do material de origem e da possível neoformação de argilo-minerais in situ”, resultantes do material sedimentar encontrado na região acreana.

A abundância de argilas nas bacias sedimentares da Amazônia é em grande parte, produto da alteração intempérica de unidades sedimentares antigas, formados pela alternância de períodos com clima quente e úmido desde o Paleógeno (SARGES *et al.*, 2010, p.40).

5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO MATERIAL DO SOLO NA ÁREA DA VERTENTE

O solo do estado do Acre mantém suas características em conformidade com o processo de formação resultante da deposição sedimentar de materiais inconsolidados da Formação Solimões discutidos amplamente em: BRASIL (1976); GAMA (1986); ACRE (2000); MAIA (2003); ARAÚJO *et al.*, (2005); BARDALES (2005); CARMO (2006); CAVALCANTE (2006); OLIVEIRA; FERREIRA (2006); PACHECO *et al.*, (2009); ACRE (2010); LANI *et al.*, (2012); SANTOS (2013). Nesse sentido, as variabilidade e características físicas-texturais do material coletado na vertente podem ser verificadas na tabela 11.

Tabela 11 - Resultados - Análise Textural - Vertente Bairro Vila Nova.

(continua)

Pontos	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura EMBRAPA (2018)	Ds
P1	0-20	20.30	33.02	46.68	Argila	1.145
	20-100	6.52	37.74	55.74	Argila	1.097
	100-300	1.29	57.18	41.52	Argilossiltosa	1.127
P2	0-20	3.98	38.08	57.93	Argilossiltosa	1.087
	20-100	1.96	41.95	56.09	Franco-argilossiltosa	1.088
	100-300	1.66	48.82	49.53	Franco-argilossiltosa	1.104
P3	0-20	8.35	36.35	55.31	Argila	1.101
	20-100	5.62	48.53	45.85	Argilossiltosa	1.122
	100-300	7.51	51.38	41.11	Argilossiltosa	1.140
P4	0-20	3.20	52.08	44.72	Argilossiltosa	1.121
	20-100	5.07	64.64	30.29	Franco-argilossiltosa	1.177
	100-300	9.96	33.48	56.56	Argilossiltosa	1.101
P5	0-20	8.16	46.38	45.46	Argilossiltosa	1.127
	20-100	2.02	53.51	44.47	Argilossiltosa	1.119
	100-300	4.52	52.78	42.70	Argilossiltosa	1.129

Tabela 11 - Resultados - Análise Textural - Vertente Bairro Vila Nova.

(conclusão)

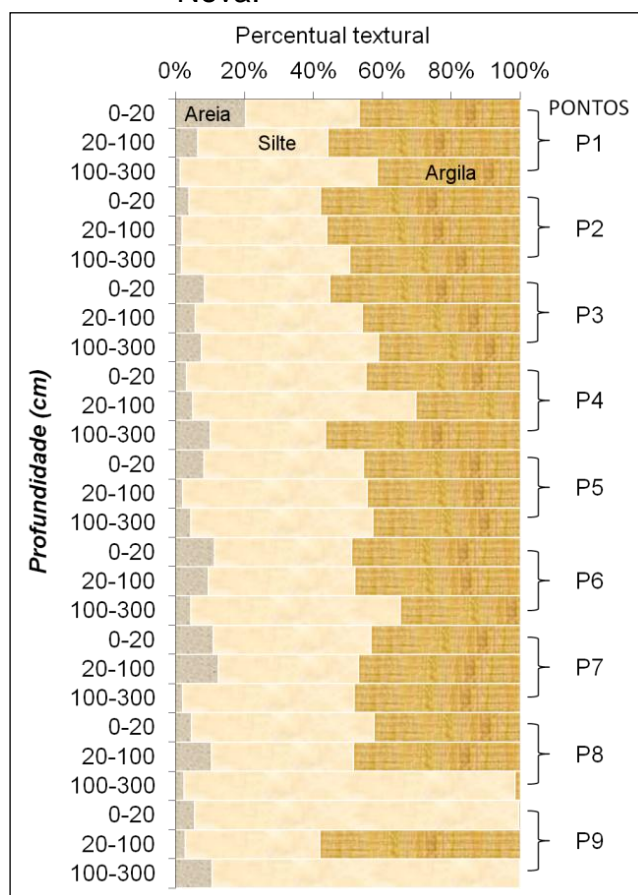
Pontos	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura EMBRAPA (2018)	Ds
P6	0-20	11.24	39.78	48.98	Argila	1.123
	20-100	9.45	42.52	48.03	Argila	1.122
	100-300	4.48	60.63	34.88	Franco-argilossiltosa	1.157
P7	0-20	11.00	45.74	43.26	Argilossiltosa	1.139
	20-100	12.40	40.59	47.00	Argilossiltosa	1.130
	100-300	2.09	49.74	48.17	Franco-argilossiltosa	1.109
P8	0-20	4.70	52.84	42.46	Argilossiltosa	1.130
	20-100	10.43	41.13	48.43	Argilossiltosa	1.123
	100-300	2.48	95.93	1.59	Franco-siltosa	1.570
P9	0-20	5.46	94.08	0.46	Silte	1.744
	20-100	2.85	39.09	58.07	Silte	1.604
	100-300	10.55	89.35	0.10	Silte	1.647

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Verifica-se a amplitude da granulometria quanto à distribuição percentual em subsuperfície nas profundidades entre os pontos (0-20; 20-100 e 100-300 cm) das frações texturais da areia, silte e argila.

No entanto, observa-se uma tendência do aumento gradual do silte e argila nas profundidades estabelecidas e, a constante redução da fração areia notada desde as primeiras camadas do P1 até P9 (FIG. 34).

Figura 34 - Textura (%) - Vertente Bairro Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

A relação textural e granulométrica na vertente demonstra o caráter Argiloso, Franco-Argilossiltoso, Argilossiltoso e Siltoso para as profundidades entre os pontos de coleta do material do solo analisado.

Nesse contexto, Gama (1986, p.82) afirma que a textura e na análise granulométrica mostraram a ocorrência de teores mais elevados de silte em subsuperfície, comprovando a natureza jovem e sedimentar do material de origem e a pequena evolução genética.

Assim, podemos destacar que existe determinada relação sobre as características físico-químicas elencadas nos trabalhos de Gama (1986), Oliveira e Ferreira (2006) e nos resultados obtidos por Carmo (2006) quando se reportam a pesquisas na cidade de Rio Branco que está sobre material (substrato) originário do ciclo de deposição sedimentar (Formação Solimões).

A avaliação quantitativa realizada por Carmo (2006) em uma pesquisa na área do bairro Placas (limítrofe ao B. Vila Nova), identificou a classe textural argilosa (45,6%) em relação à média dos demais pontos analisados (28,75%) no bairro.

O autor ratifica que existem teores elevados das frações silte e argila identificada nos solos jovens da parte alta de Rio Branco, zona norte da cidade.

Nessa área da cidade são verificados nos bairros vários problemas de ordem geotécnica e, rachaduras nas paredes das casas, nas ruas e, ocorrência de movimento de massa, denominado em pesquisas e relatórios técnicos pontuais como rastejo lento.

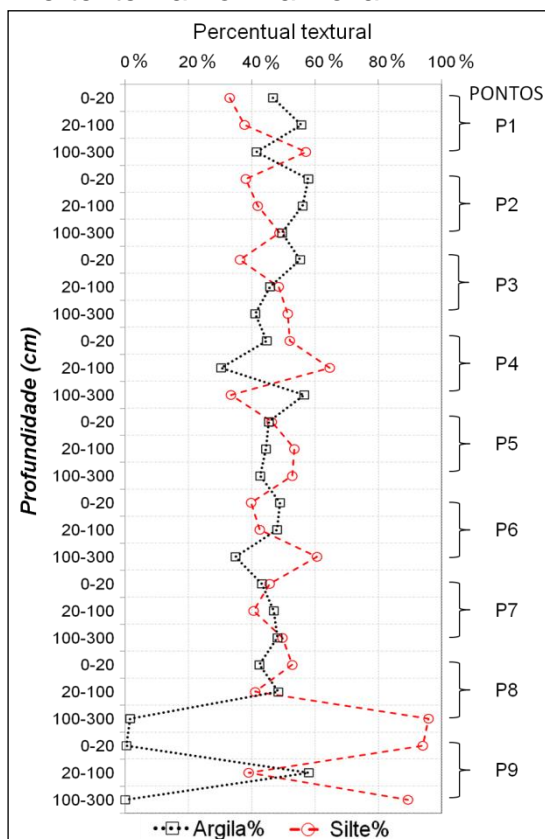
Em trabalhos de campo na cidade de Rio Branco, Oliveira e Ferreira (2006, p.9) identificaram “pacotes de sedimentos argilosos, por vezes mosqueados de cor vermelha a cinza esverdeado distribuído em uma delgada cobertura apresentando entre 5 a 16 metros de espessura”.

Os autores observaram com base em características mineralógicas a presença de argilas expansivas, que resultam em problemas geotécnicos. Tais evidências foram constatadas por Feres (1998) e, reforçam a dinâmica dos movimentos de massa (deslizamentos e escorregamentos) na área urbana.

Os resultados analíticos das frações do silte e argila estão descritos de acordo com as profundidades (FIG. 35). De acordo com Costa *et al.*, (1999 p.135) “solos argilosos se apresentam como indicadores limitantes à capacidade de infiltração da água no solo”. Na mesma proporção quanto ao elevado “teor de silte, uma vez que estas partículas preenchem os vazios do solo, dificultando a passagem de água” (BRANDÃO *et al.*, 2006, p.20).

Costa *et al.*, (2013) observaram que o aumento da retenção da água está de certa forma relacionado ao maior teor de carbono orgânico (CO) concomitante as frações de silte e argila.

Figura 35 - Textura (%) (Silte e Argila)
Vertente Bairro Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Podemos verificar na figura 35, a distribuição percentual do silte e argila em subsuperfície. Observa-se que ambas as frações se limitam a proporcionalidade entre 30% e 70% (P1 ao P8) e, na transição para o P9 ocorre um aumento do silte e diminuição progressiva da argila localizada em segmento côncavo na vertente.

Os valores texturais (silte e argila) também foram objeto de estudo no trabalho realizado por Nascimento (2016 p.86) sobre a “caracterização das principais áreas com processos de instabilidade, a partir das seções geológico-geotécnicas” em Rio Branco, qual se incluiu parte da área da vertente do B. Vila Nova.

Nascimento (2016) identificou na área morrotes baixos (colinas), com relevo ondulado com topos aplainados ligeiramente convexos, e as vertentes se apresentam com formas retilíneas, ligeiramente côncavas, ocorrendo a oscilação do nível freático entre 2 e 4 m, restrito ao período de alta precipitação pluvial.

Em relação ao material do solo ‘in situ’, ocorrem espessuras entre 2 a 10m, textura argilosa ou argilo-siltosa originárias da sedimentação coluvial, em geral na base e a meia encosta com contato, brusco ou transicional, com argilitos e siltitos da

Formação Solimões. A resistência das camadas em profundidade tem variação de mole a rija (1 e 6 m) e, rija a dura a partir dos 6m (NASCIMENTO, 2016).

Os movimentos de massa conforme Nascimento (2016, p.92) está “relacionados aos solos plásticos e expansivos que recobrem as colinas da Formação Solimões, que ocorrem principalmente em terrenos com declividade entre 12 e 20%”. Nesse caso, existe uma relação direta entre as características texturais (argilosa/argilossiltosa) da área de estudo identificado nas classes de declividade, onde foi estimado entre 20 e 45% para a vertente do bairro Vila Nova.

Segundo Oliveira e Ferreira (2006) algumas áreas da cidade de Rio Branco que apresentam declividades acima de 7% e, estão sobre argilas expansivas, sofrendo alterações no seu volume quando submetidas às variações de umidades e temperatura, e a expansibilidade causa a perda da estabilidade nas vertentes.

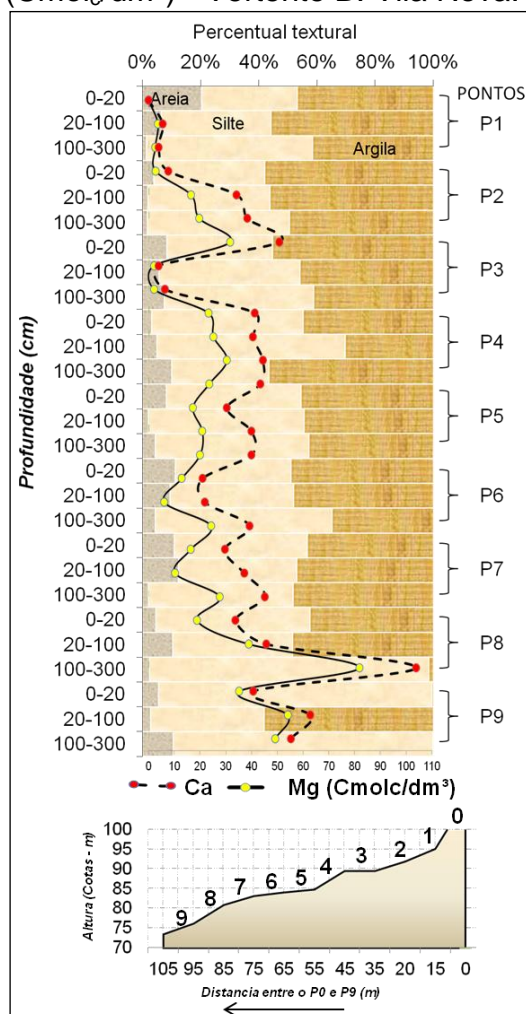
Nesse sentido, inferimos que as áreas colinosas da cidade de Rio Branco não são homogêneas, muito embora com relativa semelhança no tocante as características físico-químicas e topográficas que favorecem o surgimento de áreas instáveis, sobretudo, em outros bairros mais distantes da atual área de estudo.

Portanto, pesquisas devem ser aprofundadas para que não ocorram generalizações quanto aos eventos pretéritos, e assim, se tenham resultados mais confiáveis para compor bases de dados municipais que coincidam com a reorganização urbana e minimização dos eventos de movimentação de massa.

5.4 DESCRIÇÃO ANALÍTICA E RESULTADOS QUÍMICOS.

Nas análises químicas do material sedimentar coletado na área de estudo (Vertente B. Vila Nova) foram selecionados e inseridos na discussão alguns elementos do complexo sortivo e, por exemplo, o Ca e Mg (FIG. 36) e, os dados estão descritos e agrupados no apêndice A.

Figura 36 - Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores de Ca e Mg (Cmol_c/dm³) - Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Dentro do contexto analítico verifica-se que as bases Ca e Mg apresentaram variações desde o P1 até o P9 onde, se constatou para Ca o teor entre 2.17 a 81.92 (Cmol_c/dm³) e para Mg entre 1.86 e 26.88 (Cmol_c/dm³). Ambas as bases estão entre média à alta considerando os parâmetros das variáveis químicas no Acre.

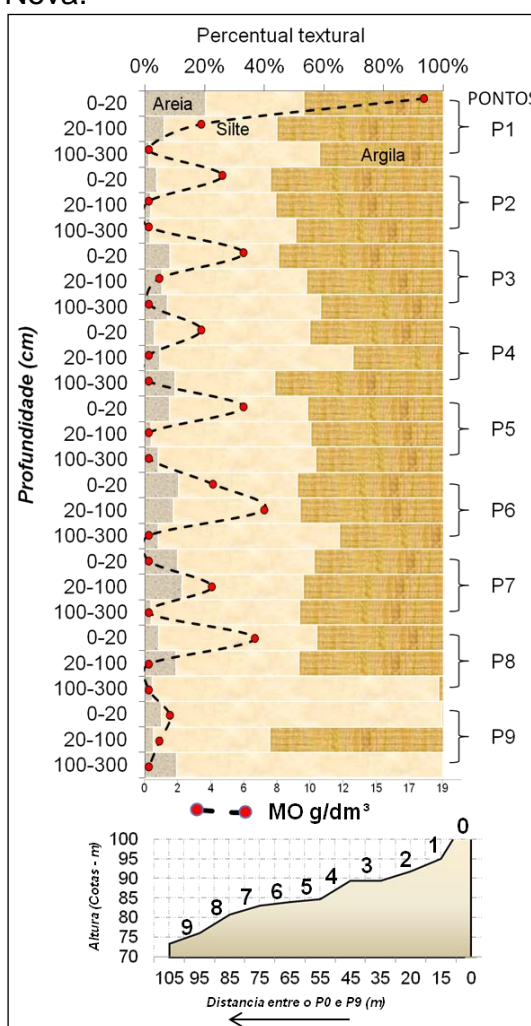
Santos (2013, p.107) em sua pesquisa de tese argumentou que “os valores de Ca²⁺ foram considerados baixos, enquanto o Al³⁺ apresentou-se elevado, e com baixos valores de pH, assemelhando-se ao comportamento da maioria dos solos amazônicos, em decorrência da condição de acidez”.

Porém Bernini *et al.*, (2013) em trabalho realizado em topossequência sobre material originados da Formação Solimões, identificaram uma relação de alternância

e variação com predomínio de Ca ou Mg. Os autores verificaram elevados teores de Ca em superfície e aumento do Mg denotando a migração das bases.

Nesse sentido, com base na análise estatística que entre Ca e Silte a correlação se apresentou forte e positiva ($r= 0.72$) e, Ca e Argila negativa ($r= -0.83$). Entretanto em outras áreas pode ocorrer o inverso que independe do teor de areia, silte e argila localizada no perfil da vertente. Nos solos sedimentares em Rio Branco, foi observado similaridade quanto a variação das bases (Ca e Mg) extraídas em outras pesquisas. Outro aspecto analítico pode ser verificado na figura 37, que trata da distribuição da matéria orgânica (MO).

Figura 37 - Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores de Matéria Orgânica (g/dm^3) Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

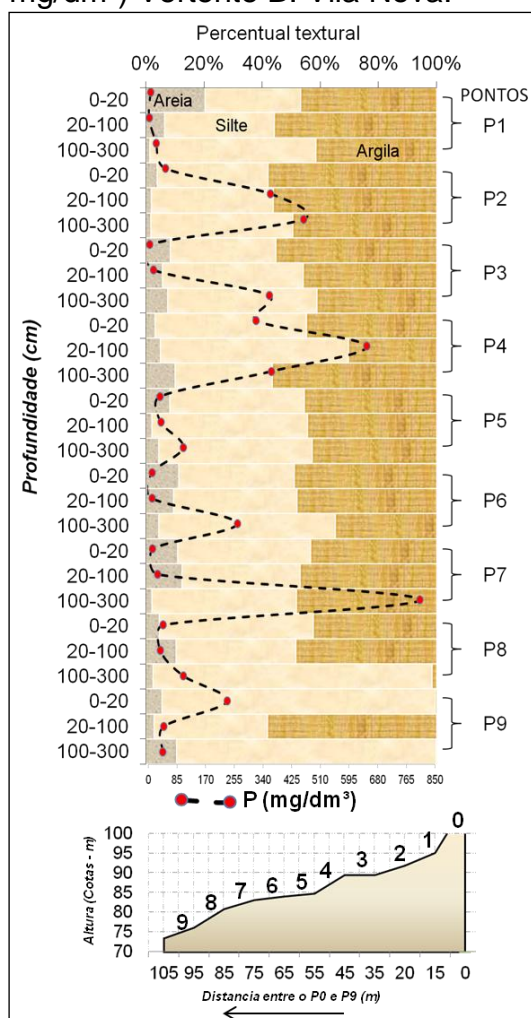
O teor de MO foi obtida pelo produto da multiplicação do carbono orgânico por 1,72. A distribuição em profundidade tem maior concentração do teor de matéria orgânica nos primeiros 20 cm decorrentes da decomposição de raízes, folhas e galhos que se agregam ao solo e assim, favorece o aumento da infiltração. Para Guerra (1990, p.44) o “decréscimo do teor de matéria orgânica pode também levar a um aumento da densidade aparente do solo”.

Observa-se de forma geral que o teor da matéria orgânica (MO) apresenta decréscimo do topo a base e, alternância no teor entre os pontos (P3; P5; P8) com exceção do P6 localizado na média vertente (FIG. 37) onde, se identificou variável concentração na camada intermediária 20-100 cm que, nesse sentido, pode ser resultado do deslocamento e soterramento de camadas superiores para inferiores, bem como, resíduos descartados em decorrência da ocupação antrópica.

Amaral *et al.*, (2011) inferiram com base em resultados inerentes a caracterização de MO em solos no Acre onde, os elevados valores foram determinados em pontos sob a floresta indicando maior disponibilidade de MO e, uma redução e compactação em profundidade pela diminuição natural.

A correlação dos dados identificados na vertente Vila Nova, para os teores de MO e Silte foi negativa ($r = -0.48$) e MO e argila ($r = 0.34$). No caso do teor de fósforo ($P \text{ mg/dm}^3$), podem ser verificados alternâncias desde o topo a base da vertente (FIG. 38).

Figura 38 - Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores p (Fósforo- mg/dm^3) Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Em casos particulares as ocupações antrópicas acabam por produzir excesso de nutrientes, em particular de fósforo (P), que se concentram no ambiente urbano (GERRITSE, 2000) e, nas camadas superficiais e subsuperficiais dos solos e cursos d'água.

A ação antrópica modifica algumas características geoambientais quando da ocupação e surgimento de novos núcleos sem o devido planejamento, promovendo com isso, alterações no solo urbano que também pode ser caracterizado, solo antrópico.

Um exemplo é a inserção direta ou indireta de materiais orgânicos e inorgânicos, no caso, o fósforo (P), onde tem suas fontes nesses ambientes oriundas de adições intercaladas durante vários anos. Pesquisas relacionadas ao fósforo (P)

se dedicam a análise e compreensão do seu potencial poluidor, quanto à dinâmica do uso da terra e, sua excepcional adição que pode afetar inclusive o sistema lacustre, aumentando a eutrofização. Outras pesquisas se devotam a ação do P como fertilizante, dentro de uma cadeia de produção agrícola.

No caso da distribuição do fósforo (P) no perfil (FIG. 38) observa-se que de forma intercalada se tem elevados teores de fósforo, com destaque para P2; P3 e P4 entre as profundidades de 20-100 e 100-300 cm situados entre o topo e média vertente. Já no P5 ocorre uma sensível redução, porém, no P7 na camada 100-300 na parte inferior da vertente, com isso, demonstrando as mudanças nos processos dinâmicos na vertente.

Podemos inferir que os valores de fósforo (P) encontrados nas amostras do solo são resultados da ocupação urbana, embora, em um período anterior e posterior a movimentação de massa na área. Nesse sentido, foi identificado que ocorreu uma variação correspondente a partir de 4 até valores superiores a 850 mg/dm³ de P (Melhich).

As transformações impostas ao ambiente natural com mudanças nas áreas florestadas para uso urbano e/ou agrícola, de acordo com Moline (2016, p.46) alteram as “formas de P no solo aumentando o P total do solo, enquanto as reservas para utilização de plantas diminuíram”.

Logo a intensidade do uso agrícola e evidência de aportes antropogênicos no solo são bem ilustradas pelas variações nos teores de fósforos encontrados, já que este elemento, quando em valores anômalos nos solos urbanos, indica aportes antrópicos (CARMO, 2006).

O autor observou nas amostras do bairro Placas (limítrofe ao B. Vila Nova) que ocorreu variação de 1 a 121 mg/dm³ de fósforo extraído em Melhich, mostrando que os solos urbanos de Rio branco possuem uma grande amplitude de teores de P, com distribuição igualmente variáveis.

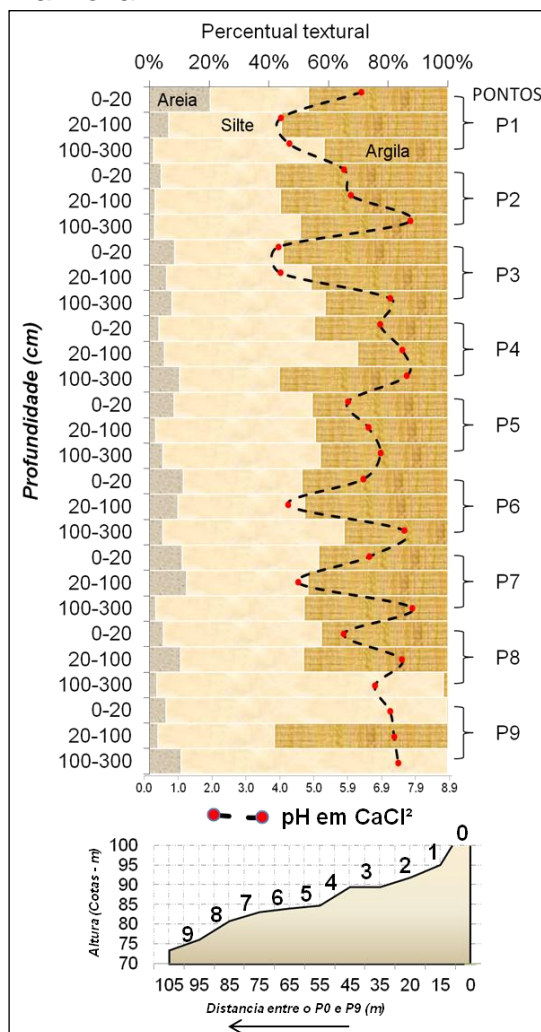
Entre os valores obtidos nas amostras, em ambos os casos e em escalas temporais, indicam a ação humana nos solos urbanos em tese antropizados e, conforme Woods (2009, p.62) “os sedimentos e os solos podem sofrer numerosas mudanças físicas e químicas em sítios de habitação humana”.

Dentre as análises químicas das amostras do solo, abordaremos também os resultados do pH (CaCl₂) e dos valores nas respectivas profundidades (FIG. 39).

A escala de pH tem uma amplitude entre 0 a 14. “Em solos podem ser encontrados valores de 3 a 10, com variações mais comuns em solos brasileiros entre 4,0 a 7,5. Solos com pH abaixo de 7 são considerados ácidos; os com pH acima de 7 são alcalinos” (LOPES *et al.*, 1991, p.5).

Carmo (2006, p.91) ao analisar quimicamente amostras em pontos no B. Placas, verificou também o aumento do pH em profundidade. O autor destaca a relação entre valores nos pontos amostrais do bairro Placas que teve variação entre 4.70 e 6.73. No caso em análise para as profundidades no perfil da vertente Vila Nova se obteve variação do pH entre 3.92 a 7.93 (FIG. 39).

Figura 39 - Textura (%) (Areia, Silte e Argila) e Teores pH (CaCl_2) Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

O pH do solo em determinados estágios tem importante influência quanto ao processo de decomposição da MO, observado assim na relação comparativa com a diminuição da MO e o aumento gradativo do pH.

Os solos podem ser naturalmente ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem, ou a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na (LOPES, *et. al.*, 1991, p.6).

Amaral (2007) ressalta que nos solos bem drenados, os teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, soma de bases e o pH tendem a ser menores enfatizando a ação da água nos processos de lixiviação. Nos solos moderadamente drenados, entretanto há tendência de maiores teores, indicando um ambiente mais conservador e com uma ação da água no sentido de remoção de material.

Nesse caso, quando considerado os dados do ACRE (2006), verificou-se que às condições da drenagem e textura dos solos em Rio Branco e, em especial do bairro Vila Nova são mal drenados com acentuados teores de silte e argila.

As características do material sedimentar na área de estudo foram identificadas em grande maioria como Argilossiltosa, revelando elevados teores de silte e argila para os 9 pontos e suas 27 amostras na vertente do B. Vila Nova, descritos na tabela 15 p.122 e, químicas na tabela 10 p.107, quais estão apresentados na matriz de correlação (TAB. 12).

Tabela 12 - Matriz de Correlação: Análises Físicas e Químicas - Vertente B. Vila Nova.

	Prof.	A	S	Arg	pH	Ca	Mg	Al	MO	P	Ds
Prof.	1.00										
A	0.00	1.00									
S	0.32	0.03	1.00								
Arg	-0.30	-0.36	-0.94	1.00							
pH	0.38	0.12	0.52	-0.52	1.00						
Ca	0.36	0.48	0.72	-0.83	0.64	1.00					
Mg	0.32	-0.01	0.05	-0.05	0.30	0.27	1.00				
Al	-0.11	-0.19	-0.40	0.44	-0.88	-0.56	-0.41	1.00			
MO	-0.52	0.31	-0.48	0.34	-0.36	-0.44	-0.30	0.15	1.00		
P	0.40	-0.28	0.27	-0.17	0.58	0.22	0.37	-0.37	-0.38	1.00	
Ds	0.11	0.41	0.85	-0.93	0.31	0.71	-0.18	-0.23	-0.20	-0.09	1.00

Legenda: **Prof.** (cm); **A**-Areia (g/kg^{-1}); **S**-Silte (g/kg^{-1}); **Arg**-Argila (g/kg^{-1}); **pH** (em CaCl_2); **Ca** (em CaCl_2); **Al** (em CaCl_2); **MO** (g/dm^3); **P** (mg/dm^3);

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

Os resultados entre as características físicas e químicas demonstram que existe uma grande variabilidade quanto à ação entre os componentes. Observamos que existe correlação linear positiva ($r = 0.72$) entre silte (S) e Cálcio (Ca) devido ao elevado teor da fração silte no material do solo e, de forma negativa ($r = -0.83$) entre Ca e Argila (Arg) para todas as profundidades na vertente.

Na mesma proporção ocorre para silte e Densidade (Ds) a correlação ($r = 0.85$ e $r = -0.93$) respectivamente positiva e negativa, enquanto entre Ds e Ca a correlação é positiva ($r = 0.71$).

Dentro da avaliação do quadro analítico o silte é um indicador da baixa permeabilidade e influencia na textura do solo, quando em alta concentração atua como uma barreira ou crosta que reflete no aumento da capacidade de retenção da água, que forma o lençol freático subsuperficial na vertente urbana.

Os dados físicos e químicos da vertente podem ser correlacionados com os identificados por Carmo (2006) onde, o material sedimentar apresentou textura bem mais argilosa em locais situados na parte mais baixa da encosta, além dos maiores teores de argila, nos materiais dos solos da parte alta de Rio Branco, apresentam teores significativos de silte, prevalecendo às texturas Argila e Muito Argilosa.

Nesse sentido, quanto às texturas identificadas na vertente confirmam a restrição erosiva, porém o volume infiltrado fica represado por um período que vai desde a transição do verão para o inverno amazônico, ficando claro o armazenamento em profundidades variáveis em solos com baixa permeabilidade.

Essa situação foi comprovada quando do inventário elaborado a partir das observações nos trabalhos de campo, e se constatou via monitoramento no piezômetro que o lençol freático se mantinha próximo à superfície durante a maior parte do ano. Com isso, foi possível produzir informações sobre a capacidade de armazenamento da água no perfil da vertente, que serão apresentadas adiante.

A compreensão da relação dinâmica entre os mais variados componentes, com base em correlações se demonstram efetivos como indicadores das alterações impostas ao ambiente natural, considerando o modo de uso e ocupação e fatores do meio físico em áreas urbanas, que combinados podem deflagrar os movimentos gravitacionais.

5.5 DADOS DO MONITORAMENTO: NÍVEL FREÁTICO E DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

O monitoramento na área ocorreu parte superior da vertente. A metodologia aplicada se deu com a instalação de um piezômetro com a finalidade de verificar a variação da flutuação do lençol freático e sua dinâmica no decorrer do período entre novembro de 2017 e agosto de 2018, apresentados na tabela 13.

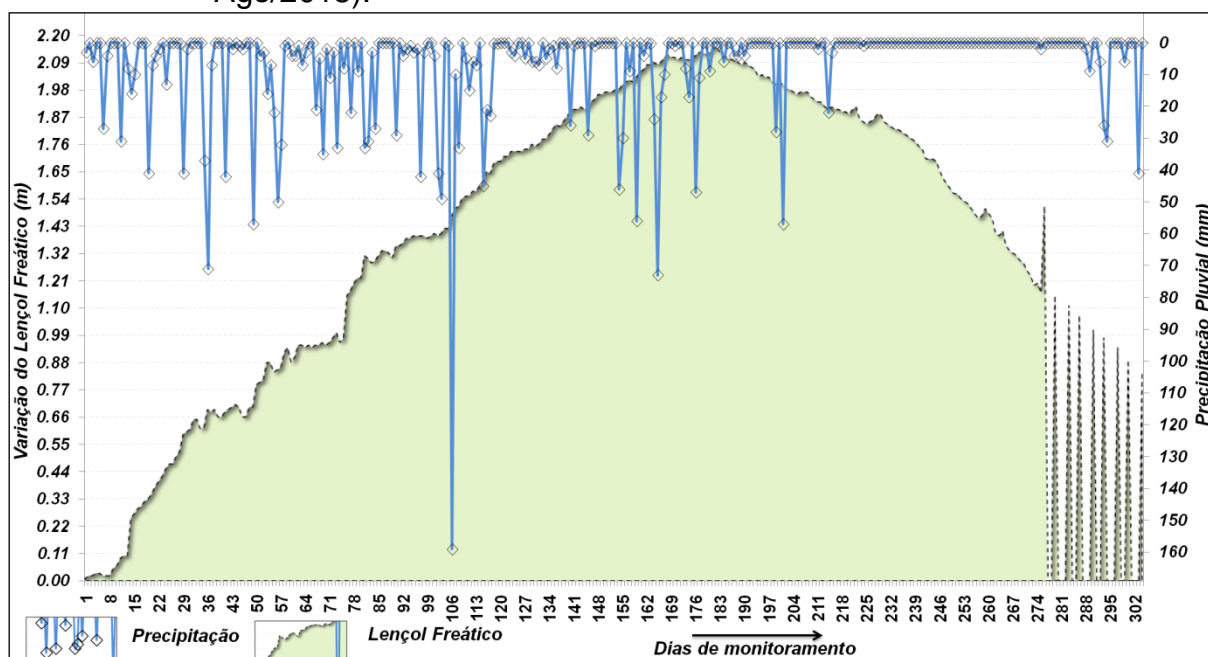
Tabela 13 - Dados do Monitoramento do Nível Freático (Nov/2017 à Ago/2018)

Dias	Prof. (cm)	Nov 2017	Dez 2017	Jan 2018	Fev 2018	Mar 2018	Abr 2018	Mai 2018	Jun 2018	Jul 2018	Ago 2018
1	300	0.01	0.61	0.95	1.38	1.71	1.97	2.15	1.91	1.70	1.20
2	290	0.02	0.65	0.95	1.38	1.71	1.98	2.13	1.90	1.70	1.16
3	280	0.02	0.65	0.94	1.39	1.73	1.98	2.12	1.91	1.69	1.51
4	270	0.03	0.61	0.95	1.39	1.73	2.00	2.11	1.90	1.65	0.00
5	260	0.03	0.62	0.94	1.39	1.73	2.01	2.10	1.90	1.62	0.00
6	250	0.02	0.69	0.95	1.39	1.73	2.02	2.10	1.89	1.60	1.15
7	240	0.02	0.68	0.95	1.38	1.74	2.01	2.09	1.89	1.58	0.00
8	230	0.02	0.69	0.96	1.39	1.74	2.03	2.08	1.88	1.56	0.00
9	220	0.05	0.66	0.95	1.40	1.76	2.05	2.09	1.90	1.56	0.00
10	210	0.06	0.66	0.96	1.39	1.75	2.06	2.08	1.91	1.54	1.11
11	200	0.09	0.68	0.98	1.40	1.76	2.08	2.07	1.86	1.53	0.00
12	190	0.10	0.69	1.00	1.42	1.78	2.08	2.06	1.85	1.52	0.00
13	180	0.10	0.70	0.96	1.42	1.78	2.09	2.03	1.84	1.50	1.07
14	170	0.25	0.71	0.98	1.47	1.80	2.08	2.04	1.85	1.48	0.00
15	160	0.27	0.70	1.15	1.50	1.82	2.09	2.03	1.86	1.46	0.00
16	150	0.29	0.66	1.17	1.51	1.84	2.11	2.03	1.88	1.47	0.00
17	140	0.30	0.66	1.20	1.54	1.83	2.12	2.01	1.88	1.50	1.01
18	130	0.32	0.70	1.22	1.55	1.85	2.11	2.00	1.85	1.48	0.00
19	120	0.33	0.70	1.22	1.55	1.87	2.11	2.01	1.84	1.46	0.00
20	110	0.35	0.79	1.31	1.57	1.89	2.10	2.00	1.83	1.40	0.98
21	100	0.38	0.80	1.30	1.57	1.90	2.11	1.98	1.82	1.39	0.00
22	90	0.40	0.81	1.28	1.59	1.90	2.10	1.98	1.82	1.41	0.00
23	80	0.42	0.88	1.29	1.61	1.91	2.10	1.97	1.81	1.35	0.00
24	70	0.45	0.88	1.31	1.65	1.90	2.10	1.96	1.80	1.33	0.94
25	60	0.47	0.84	1.33	1.64	1.91	2.12	1.97	1.79	1.32	0.00
26	50	0.47	0.85	1.33	1.68	1.93	2.13	1.97	1.78	1.31	0.00
27	40	0.50	0.86	1.32	1.69	1.94	2.13	1.97	1.77	1.29	0.89
28	30	0.52	0.92	1.30	1.69	1.96	2.12	1.95	1.75	1.28	0.00
29	20	0.59	0.94	1.35	0.00	1.96	2.13	1.94	1.74	1.25	0.00
30	10	0.60	0.88	1.35	0.00	1.97	2.15	1.93	1.70	1.23	0.00
31	0	0.00	0.90	1.36	0.00	1.97	0.00	1.93	0.00	1.19	0.84

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

A partir do levantamento e monitoramento propostos, e com base na coleta de dados realizados diariamente no piezômetro, foi possível organizar as informações sobre a variação do nível da água e da precipitação ocorrida no período, conforme demonstrado na figura 40.

Figura 40 - Dinâmica: Lençol Freático - Vertente B. Vila Nova (Nov/2017 à Ago/2018).



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

A variação do lençol freático (FIG. 40) saiu de um nível estático no solo verificado nas medições no piezômetro que foi fixado a 3 metros de profundidade no topo da vertente.

O fluxo da água no solo demonstrado no monitoramento consiste no acúmulo subsuperficial e, nesse sentido, consideramos a dinâmica e intensidade das chuvas na área urbana e a tipologia do material do solo quanto a sua característica textural, conforme destacaram Melo Jr e Marmos (2006) com base em estudos hidrogeológicos em Rio Branco, onde os sedimentos entre camadas encontram-se materiais tipificados como, argila, argilossiltosa e argila-silto-arenosa.

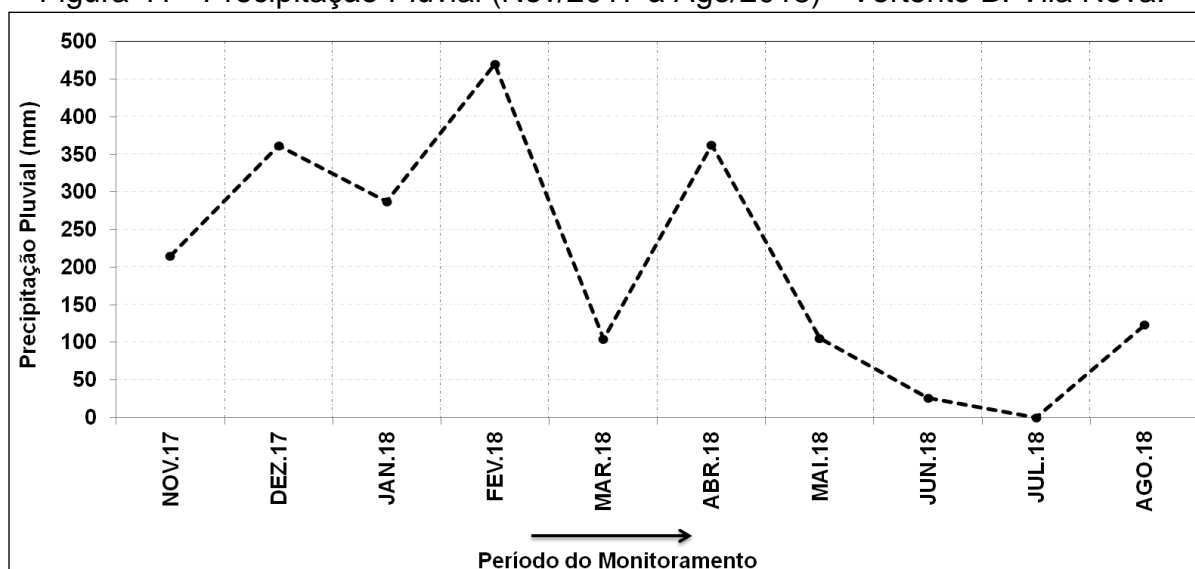
No entanto, na camada intermediária é composta de material arenoso e siltoso, agindo como armazenadora da água no solo (saturação) e, na camada inferior encontram-se os materiais argilossiltosos impermeáveis originados da Formação Solimões.

Na área estudada, temos em maior teor o silte e argila que diante a sua composição estrutural formam camadas paralelas que impedem o fluxo dinâmico da infiltração em relação à condição da drenagem do solo, uma vez que, um dos solos tipificados e identificados no local foram os Plintossolos, diagnosticados como mal drenados, hidromórficos e apresentam camadas identificadas como argilossiltosa quais, estão destacados nas pesquisas em Carmo (2006); ZEE (2006); CPRM (2006) e Amaral (2007).

Entretanto, em relação às características do solo, infiltração e drenagem, para o monitoramento na área, destacamos o volume da precipitação pluvial para o mês de nov/2017, onde em 16 dias intercalados de chuva registrou-se volumes entre 20 mm até 41 mm totalizando 215 mm/mês, porém o nível freático ficou em 50 cm.

Para o mês dez/2017 identificamos um total acumulado de 355 mm/mês com 18 dias de chuvas registrados (FIG. 41). Nesse sentido, a precipitação diária e acumulada reflete na elevação temporária do nível freático na área da vertente, essas condições aumentam a saturação e confinamento da água no solo.

Figura 41 - Precipitação Pluvial (Nov/2017 à Ago/2018) - Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor

No monitoramento das chuvas para jan/2018, detidamente no dia 14 do mês de fev/2018, ocorreu um volume excepcional de 159 mm, (em 106 dias de monitoramento - FIG. 40 e TAB. 14) fato esse não registrado nos anos anteriores.

No mês de mar/2018 o estimado de chuvas foi de 104 mm, porém em abril/2018 teve um volume de 362 mm/mês chegando ao máximo da saturação e

armazenamento entre o nível estático e a medição obtida de aproximadamente 2.20 metros no piezômetro, ficando a 0.80 cm da superfície, observado em 190 dias de monitoramento.

Após o período máximo de chuvas locais para os meses citados dentro do período monitorado, observa-se o decréscimo gradativo do lençol nas medições com o piezômetro, muito embora, se verificasse alguns dias intercalados de chuvas, o que não impede a variação descendente e lenta da água no solo.

Dados sobre a flutuação da superfície freática na zona norte da cidade, Borges (2007) demonstra a partir de medições e mapeamento que o nível freático nessa área da cidade de Rio Branco, está próximo de 5 metros de profundidade.

As análises do autor coincidem com os dados obtidos com o monitoramento no piezômetro, pois mesmo que após o período das chuvas ocorra o rebaixamento do nível freático, ficou evidente a existência do confinamento e diminuição do fluxo subsuperficial dado às características do material do solo que apresentam elevados teores de silte e argila entre as profundidades de 100 até 300 cm.

Nessa área da cidade (zona norte) não se tem pontos de monitoramento instrumental por piezometria, o que dificulta as análises quantitativas e descritivas sobre o nível da água no solo, uma vez que, é imprescindível o conhecimento quanto ao rebaixamento descendente lento ou rápido que vem promover a perda da estabilidade do solo, causando com isso, movimentos gravitacionais.

A situação mais explícita quanto aos níveis atípicos da precipitação pluvial, infiltração e confinamento da água no solo, pode ser comprovadas diante do movimento de massa registrado no bairro Vila Nova em março do ano de 2014, onde fora relatado anteriormente à ocorrência do evento quando da perda da estabilidade natural do solo, resultando na destruição de várias residências na vertente urbana.

Tabela 14 - Resultados: Precipitação Pluvial e Monitoramento com o Piezômetro - Vertente B. Vila Nova (Nov/2017 à Ago/2018).

DIA	Prof (cm)	NOV-2017	PRECIP (mm)	DEZ-2017	PRECIP (mm)	JAN-2018	PRECIP (mm)	FEV-2018	PRECIP (mm)	MAR-2018	PRECIP (mm)	ABR-2018	PRECIP (mm)	MAI-2018	PRECIP (mm)	JUN-2018	PRECIP (mm)	JUL-2018	PRECIP (mm)	AGO-2018	PRECIP (mm)
1	300	0.01	3.00	0.61	0.00	0.95	1.00	1.38	2.00	1.71	0.00	1.97	0.00	2.15	0.00	1.91	0.00	1.70	0.00	1.20	0.00
2	290	0.02	0.00	0.65	0.00	0.95	7.00	1.38	1.00	1.71	0.00	1.98	0.00	2.13	0.00	1.90	22.00	1.70	0.00	1.16	2.00
3	280	0.02	6.00	0.65	0.00	0.94	3.00	1.39	3.00	1.73	3.00	1.98	46.00	2.12	6.00	1.91	3.00	1.69	0.00	1.51	0.00
4	270	0.03	0.00	0.61	0.00	0.95	0.00	1.39	2.00	1.73	4.00	2.00	30.00	2.11	0.00	1.90	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
5	260	0.03	0.00	0.62	37.00	0.94	0.00	1.39	42.00	1.73	0.00	2.01	0.00	2.10	0.00	1.90	0.00	1.62	0.00	0.00	0.00
6	250	0.02	27.00	0.69	71.00	0.95	21.00	1.39	0,3	1.73	0.00	2.02	9.00	2.10	4.00	1.89	0.00	1.60	0.00	1.15	0.00
7	240	0.02	4.00	0.68	7.00	0.95	5.00	1.38	0.00	1.74	5.00	2.01	0.00	2.09	4.00	1.89	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00
8	230	0.02	0.00	0.69	0.00	0.96	35.00	1.39	0.00	1.74	0.00	2.03	56.00	2.08	0.00	1.88	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00
9	220	0.05	0.00	0.66	0.00	0.95	2.00	1.40	4.00	1.76	6.00	2.05	0.00	2.09	4.00	1.90	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00
10	210	0.06	0.00	0.66	0.00	0.96	11.00	1.39	41.00	1.75	6.00	2.06	4.00	2.08	0,3	1.91	0.00	1.54	0.00	1.11	0.00
11	200	0.09	31.00	0.68	42.00	0.98	3.00	1.40	49.00	1.76	7.00	2.08	0.00	2.07	0.00	1.86	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00
12	190	0.10	0.00	0.69	0.00	1.00	33.00	1.42	0.00	1.78	0.00	2.08	0,3	2.06	0.00	1.85	1.00	1.52	0.00	0.00	0.00
13	180	0.10	8.00	0.70	2.00	0.96	0.00	1.42	1.00	1.78	5.00	2.09	24.00	2.03	0.00	1.84	0.00	1.50	0.00	1.07	0.00
14	170	0.25	16.00	0.71	0.00	0.98	8.00	1.47	159.00	1.80	2.00	2.08	73.00	2.04	0.00	1.85	0.00	1.48	0.00	0.00	0.00
15	160	0.27	10.00	0.70	1.00	1.15	0.00	1.50	10.00	1.82	1.00	2.09	17.00	2.03	0.00	1.86	0.00	1.46	0.00	0.00	2.00
16	150	0.29	0.00	0.66	2.00	1.17	22.00	1.51	33.00	1.84	8.00	2.11	10.00	2.03	0.00	1.88	0.00	1.47	0.00	0.00	9.00
17	140	0.30	0.00	0.66	0.00	1.20	0.00	1.54	0.00	1.83	0.00	2.12	0.00	2.01	0,3	1.88	0.00	1.50	0.00	1.01	0.00
18	130	0.32	0.00	0.70	0.00	1.22	9.00	1.55	5.00	1.85	0,3	2.11	0.00	2.00	28.00	1.85	0.00	1.48	0.00	0.00	0.00
19	120	0.33	41.00	0.70	57.00	1.22	0.00	1.55	15.00	1.87	0.00	2.11	1.00	2.01	0.00	1.84	0.00	1.46	0.00	0.00	6.00
20	110	0.35	7.00	0.79	0.00	1.31	33.00	1.57	6.00	1.89	26.00	2.10	0.00	2.00	57.00	1.83	0.00	1.40	0.00	0.98	26.00
21	100	0.38	4.00	0.80	4.00	1.30	31.00	1.57	7.00	1.90	1.00	2.11	0.00	1.98	0.00	1.82	0.00	1.39	0.00	0.00	31.00
22	90	0.40	2.00	0.81	3.00	1.28	3.00	1.59	0.00	1.90	0.00	2.10	8.00	1.98	0.00	1.82	0.00	1.41	0.00	0.00	0.00
23	80	0.42	0.00	0.88	16.00	1.29	27.00	1.61	45.00	1.91	0.00	2.10	17.00	1.97	0.00	1.81	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00
24	70	0.45	13.00	0.88	7.00	1.31	0.00	1.65	21.00	1.90	0.00	2.10	0.00	1.96	0.00	1.80	0.00	1.33	0.00	0.94	0.00
25	60	0.47	0.00	0.84	22.00	1.33	0.00	1.64	23.00	1.91	29.00	2.12	47.00	1.97	0.00	1.79	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00
26	50	0.47	0.00	0.85	50.00	1.33	0.00	1.68	0,3	1.93	0.00	2.13	11.00	1.97	0.00	1.78	0.00	1.31	0.00	0.00	6.00
27	40	0.50	0.00	0.86	32.00	1.32	0.00	1.69	0,3	1.94	1.00	2.13	0.00	1.97	0.00	1.77	0.00	1.29	0.00	0.89	0.00
28	30	0.52	0.30	0.92	1.00	1.30	0.00	1.69	0.00	1.96	0.00	2.12	0.00	1.95	0.00	1.75	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00
29	20	0.59	41.00	0.94	0.00	1.35	29.00	0.00	0.00	1.96	0.00	2.13	9.00	1.94	0.00	1.74	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00
30	10	0.60	2.00	0.88	4.00	1.35	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00	2.15	0.00	1.93	2.00	1.70	0.00	1.23	0.00	0.00	41.00
31	0	0.00	0.00	0.90	4.00	1.36	4.00	0.00	0.00	1.97	0.00	0.00	0.00	1.93	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	0.84	0.00

Fonte: Informações organizadas pelo autor.

5.6 DADOS ANALÍTICOS: CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DISPONÍVEL (CRAD).

A necessidade de determinar a quantidade de água contida no solo surge frequentemente em muitas investigações agronômicas, ecológicas e hidrológicas para compreensão das dinâmicas químicas, mecânicas e biológicas do solo.

Os resultados analíticos e gráficos das simulações para a capacidade de retenção da água no solo (CRAD) na vertente urbana do B. Vila Nova foi elaborada a partir do uso do *software Soil Calculator*.

Em gabinete, após a inserção dos teores fracionados de areia, silte e argila no referido software, obtiveram-se os principais dados e informações que compuseram a base empírica que proporcionou a identificação pontual da capacidade de armazenamento volumétrica da água.

Para as simulações na vertente se considerou as profundidades admitidas anteriormente para cada ponto amostral desde o P1 até P9.

O método de obtenção da capacidade de armazenamento da água (CRAD) em subsuperfície foi preterido em razão de não se ter realizado na área testes para determinação da infiltração.

A simulação da capacidade e retenção da água no solo é um procedimento empírico, que demonstra graficamente em perfil o armazenamento da água até determinada profundidade, verificados em Klar *et al.*, (1966); Costa *et al.*, (1997); Libardi (2005).

Os inúmeros métodos aplicados e discutidos em publicações se voltam à determinação do teor de água efetivamente entre a capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e densidade do solo (Ds) (TAB. 15). Mesmo diante de algumas dificuldades para se validar o modelo aplicado, onde, nesse caso, tem-se dentro da característica textural dos solos (areia, silte e argila) como limitantes a infiltração e percolação da água, considerando o material de origem sedimentar da área de estudo.

Tabela 15 - Resultados: Capacidade de Retenção de Água Disponível no Solo (CRAD cm) – Vertente B. Vila Nova.

Textura	P1-VN				P1-VN				P1-VN				CRAD P1 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.20296	0.226	0.441	1.145	0.06517	0.281	0.515	1.097	0.012932	0.200	0.435	1.127	4.924	20.530
Argila	0.46684				0.55738				0.415237				52.960	
Silte	0.33020				0.37744				0.571831				78.41	
Textura	P2-VN				P2-VN				P2-VN				CRAD P2 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.03982	0.294	0.529	1.087	0.01959	0.283	0.520	1.088	0.016567	0.246	0.482	1.104	5.109	20.628
Argila	0.57934				0.56090				0.495254				52.109	
Silte	0.38084				0.41952				0.488179				77.85	
Textura	P3-VN				P3-VN				P3-VN				CRAD P3 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.08347	0.278	0.510	1.101	0.05619	0.225	0.459	1.122	0.075103	0.198	0.430	1.140	5.109	21.003
Argila	0.55308				0.45848				0.411065				52.896	
Silte	0.36345				0.48532				0.513832				79.01	
Textura	P4-VN				P4-VN				P4-VN				CRAD P4 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.03201	0.218	0.454	1.121	0.05071	0.142	0.371	1.177	0.099619	0.284	0.515	1.101	5.291	21.562
Argila	0.44715				0.30286				0.565624				50.866	
Silte	0.52083				0.64643				0.334757				77.72	
Textura	P5-VN				P5-VN				P5-VN				CRAD P5 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.08163	0.222	0.454	1.127	0.02022	0.217	0.453	1.119	0.045220	0.207	0.441	1.129	5.229	21.126
Argila	0.45457				0.44469				0.427012				52.837	
Silte	0.46380				0.53509				0.527768				79.19	
Textura	P6-VN				P6-VN				P6-VN				CRAD P6 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.11244	0.241	0.471	1.123	0.09446	0.236	0.468	1.122	0.044832	0.164	0.396	1.157	5.166	20.824
Argila	0.48977				0.48035				0.348824				53.684	
Silte	0.39779				0.42519				0.606344				79.67	
Textura	P7-VN				P7-VN				P7-VN				CRAD P7 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.11001	0.209	0.438	1.139	0.12404	0.230	0.458	1.130	0.020909	0.238	0.474	1.109	5.217	20.611
Argila	0.43260				0.47003				0.481740				52.344	
Silte	0.45739				0.40593				0.497352				78.17	
Textura	P8-VN				P8-VN				P8-VN				CRAD P8 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.04696	0.205	0.440	1.130	0.10433	0.238	0.469	1.123	0.024834	0.086	0.362	1.570	5.311	20.753
Argila	0.42460				0.48433				0.015912				86.664	
Silte	0.52844				0.41135				0.959254				112.72	
Textura	P9-VN				P9-VN				P9-VN				CRAD P9 (cm)	
	0-20	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	20-100	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	100-300	Pt. Murcha	Cap. campo	Densidade	P1	P2
Areia	0.05462	0.087	0.369	1.744	0.02847	0.294	0.530	1.604	0.106456	0.085	0.360	1.647	9.836	30.284
Argila	0.00456				0.58066				0.010000				90.585	
Silte	0.94083				0.39087				0.884000				130.71	

Fonte: Informações organizadas pelo autor. (Pt. Murcha=g/100g⁻¹); (Cap.Campo=g/100g⁻¹);

Em regiões de clima tropical, com alta temperatura e precipitação elevada, desenvolvem-se extensos depósitos de solos a partir de diferentes unidades geológicas, geralmente no estado não saturado e com o grau de saturação condicionado às variações sazonais do clima (FREIRE, 1995, p.29).

Hillel (1998, 2004) argumenta que a retenção de água no solo é influenciada pela textura (areia, silte e argila). Logo, quanto maior o teor de silte e argila ocorrerá à retenção de um volume maior de água em subsuperfície. Em solos arenosos devido ao tamanho dos poros a água tem maior facilidade em fluir, ficando apenas uma pequena quantidade, com isso, diminui a umidade nas primeiras camadas.

A retenção ou armazenamento da água no solo pode ser obtido através do método experimental, a partir da aplicação da fórmula da capacidade de retenção de água disponível (CRAD) (FIG. 42) com base nos dados extraídos do software.

Figura 42 - Fórmula – CRAD (Capacidade de Retenção de Água Disponível)

$$\text{Profundidade (cm)} \times \text{Ds} \times \{ \text{CC} - \text{PMP} \} = \text{Armazenamento (cm)}$$

Legenda: Profundidade do Solo (cm); Ds Densidade do Solo; CC Capacidade de Campo; PMP Ponto de Murcha Permanente.

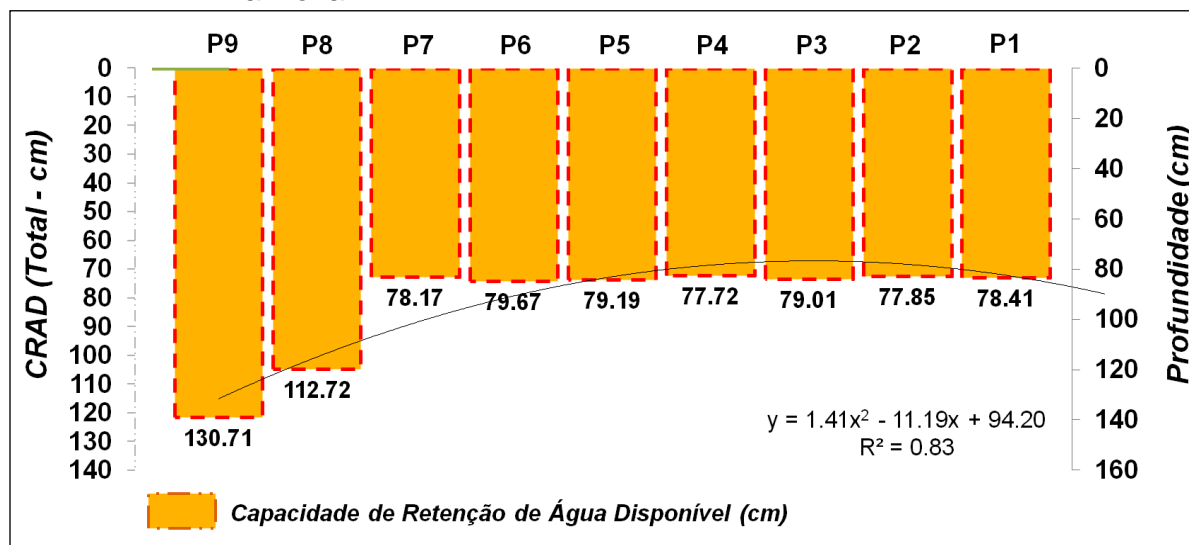
Fonte: Adaptado de Costa et. al., (1997); Cooper e Otto (2017).

Nota: Informações organizadas pelo autor.

A aplicação da fórmula se deu com o produto entre a profundidade do solo (cm) e a densidade do solo em conjunto da capacidade de campo e ponto de murcha permanente, que resultou no valor expresso em centímetros do armazenamento.

Com base no procedimento (CRAD), foram realizados todos os cálculos para assim ocorrer à simulação em condições teoricamente de equilíbrio da relação quase que constante do armazenamento e da flutuação do nível freático entre os pontos amostrais na vertente e seus limites de profundidades, identificando assim, em subsuperfície a retenção da água para cada ponto amostral (P1 ao P9) (vide FIG. 43).

Figura 43 - Capacidade de Retenção de Água Disponível (CRAD) - Vertente B. Vila Nova.



Fonte: Informações organizadas pelo autor.

A simulação aplicada mostrou-se prática para obtenção dos resultados. Nesse caso, podemos verificar no gráfico anterior na relação direta entre o CRAD (cm) e profundidade (camada superior 0-20 e intermediária 20-100 cm) onde, verifica-se a retenção da água a aproximadamente 78.41 cm no P1, situado no segmento côncavo que apresentou textura argilosa.

O mesmo entendimento é definido para o ponto subsequente. No P2 a água está retida entre a camada superior e intermediária (0.80 cm), em um segmento côncavo, com textura argilossiltosa a franco-argilossiltosa. A partir desse ponto amostral os teores de silte e argila aumentam em profundidade conforme os dados apresentados no item 5.3 na tabela 15 correspondentes entre o P1 até o P9.

A variabilidade textural se destaca na capacidade de determinado solo em reter a água após o período de chuvas e, essa retenção alimenta o nível freático, que em algumas regiões se mantém próximo à superfície.

Nesse caso, para a simulação proposta verifica-se desde o P2 até o P7 o armazenamento médio de 78.57 cm. Porém, nos pontos amostrais P8 e P9 observa-se um aumento gradativo do armazenamento que chegou a 112.72 e 130.71 cm respectivamente.

Nesses pontos, a textura identificada com características argilossiltosa e franco-siltosa devido à alta concentração (silte e argila) entre a camada superior que apresentou na tradagem do solo material acinzentado e pegajoso que no termo regional pode ser tipificado como “tabatinga”.

No entanto, na camada intermediária a coloração muda para vermelha em uma faixa aproximadamente de 30 cm, enquanto que na camada inferior, segmento côncavo e limite final de 3 metros notou-se apenas a camada de tabatinga cinza.

Bortolini (2016 p.200) identificou em uma pesquisa sobre retenção de água “que os solos com elevado teor de argila e silte foram o que apresentaram maior retenção quanto ao fluxo e disponibilidade de água”. Nesse sentido, outros fatores atuam na retenção e confinamento da água, por exemplo, a textura e estrutura dos solos, que tem influência direta na retenção, saturação e elevação do nível freático, onde nesse caso a água fica armazenada em profundidades nas camadas impermeáveis nos pontos amostrais na vertente urbana.

6. CONCLUSÕES

Procurou-se inicialmente neste trabalho de tese investigar, a partir da ocorrência de eventos pontuais dos movimentos de massa na cidade de Rio Branco onde, teve-se como objeto de estudo uma vertente urbana situada no B. Vila Nova.

Destacamos que, dentro da proposta para pesquisas relacionadas à temática, movimento de massa na área urbana da cidade, que a presente investigação não tem o caráter terminativo, e sim a ampliação para novas investigações nas áreas de médio a elevado grau de declividade, onde há muito ocorrem eventos gravitacionais.

A vertente estudada no bairro Vila Nova tem área delimitada de 1,5 hectares, situa-se na zona norte da cidade e tem declividade estimada em 10° (17.5%), e apresenta classes de relevo ondulado e forte ondulado, e ocupação parcialmente consolidada nos seus limites.

A pesquisa foi motivada diante do movimento gravitacional tipificado como deslizamento ocorrido no mês de março de 2014 após intensos volumes de chuvas na capital, onde na área definida para estudo mais de 15 residências foram danificadas e outras destruídas totalmente. Atualmente a vertente se mantém estável não havendo registros de outros episódios.

Inicialmente atribuiu-se aos volumes de chuvas como causa do fenômeno, porém, outros fatores condicionantes foram identificados ao longo da pesquisa. Dentre os fatores temos a litologia que é de origem sedimentar (Formação Solimões), os níveis topográficos (declividade), bem como, as características texturais do material encontrado no perfil da vertente, classificados como argilossiltoso a franco-siltoso, a presença de flutuação do nível freático, e a histórica ocupação do local, que produziram impactos e modificações no relevo com abertura de ruas, desmatamento, retirada e movimentação de material, planificação do terreno para demarcações de lotes, e as intervenções de infraestrutura realizada pela PMRB com a produção de galerias pluviais, redes de esgoto e de energia.

Dentre os resultados da pesquisa em âmbito geral iniciou-se com a produção e criação de mapas e modelos com uso de ferramentas do geoprocessamento, por exemplo, curvas de nível, que a partir desta outros produtos foram elaborados, obtendo assim, a estratificação e a quantificação das áreas, entre outros indicadores, como a elaboração do indicador do risco (IR) em 4 níveis, com

destaque para o alto 43,33% e muito alto com 46,67% que ambos, representam a totalidade na área de estudo destacando de forma direta quais os locais de maior indicativo ao risco para eventos de movimentos de massa na vertente do Vila Nova.

Ainda com base no atributo declividade, foram identificados os pontos relevantes à movimentação de massa, quais para esse indicativo os níveis não aplicam as áreas do entorno, uma vez que, têm diferentes especificidades quanto à declividade, textura do solo e diferenças na elevação do nível freático, que nesse caso, não podem ser consideradas ou qualificadas como áreas homogêneas.

Nesse sentido, os procedimentos operacionais realizados em gabinete não teriam resultados qualificados, no tocante a identificação na área estudada e a devida integração ao modelo para o indicador do risco (IR) na vertente como proposta para futuras orientações no campo da geomorfologia urbana, visando a real mitigação dos danos e perdas materiais, e assim, indicar novas áreas que estão expostas aos suscetíveis episódios de movimentos gravitacionais, o que foi imprescindível na investigação.

Com base nos trabalhos voltados ao reconhecimento topográfico da área da vertente, pelo método da poligonal aberta, foram obtidos os resultados para a apresentação dos segmentos com formas côncavas, convexas e retilíneas, com destaque para o conjunto côncavo-convexo.

Assim, a análise da relação entre o segmento (formas), a variação textural (areia, silte e argila) obtidas em laboratório para os pontos amostrais (P1 ao P9) foram integradas e correlacionadas aos resultados do monitoramento do nível freático e capacidade de retenção da água disponível no solo (CRAD).

As informações texturais foram importantes para que houvesse a real dimensão da relação com o nível freático. Dentre os dados quantificados observamos que existem teores elevados de silte e argila nas camadas intermediárias e inferiores nos pontos amostrais, onde a literatura devotada ao assunto indica para esses casos, que a infiltração e percolação da água ficam restritas e em outros casos confinados em lençóis suspensos, conforme estudos e análises estabelecidos para áreas sedimentares observados na cidade de Rio Branco e na área da vertente estudada.

Nesse caso, podemos concluir que a textura identificada é determinante para o armazenamento da água, devido a sua baixa permeabilidade que mantém o nível freático próximo à superfície em aproximadamente 8 (oito) meses.

Esse período de confinamento da água perpassa a fase de transição das chuvas regionais no verão amazônico e, dado às características físicas do solo, permanecem por um longo período onde a flutuação do lençol fica entre 2 a 5 metros da superfície, o que implica na capacidade de retenção da água no solo.

A simulação produzida para a estimativa e mensuração da capacidade de retenção da água disponível (CRAD) entre as camadas no perfil da vertente, veio de certa forma, demonstrar que o armazenamento da água entre os segmentos, desde o ponto inicial P1 ao final P9, considerando a classe textural existente e às condições de efetiva precipitação pluvial para o período de monitoramento, que ocorreu entre o mês de novembro de 2017 e agosto de 2018, nos forneceu elementos para concluir a existência de correlação direta entre os fatores condicionantes, o que refuta a hipótese de que apenas um fator é causa dos eventos de deslizamentos na vertente do bairro Vila Nova, na cidade de Rio Branco.

A pesquisa aplicada a Geomorfologia Urbana envolve inúmeros estudos e ampla análise da gama de informações obtidas nos trabalhos de campo e laboratório. Essa amplitude de dados se volta às questões inerentes ao uso e ocupação do solo quanto à compatibilidade entre as ações de planejamento físico territorial e do ordenamento urbano em cidades dos mais variados portes na região Amazônica e no Brasil.

7. RECOMENDAÇÕES

Os processos de ocupação em várias cidades amazônicas se deram inicialmente às margens dos rios e igarapés. Em Rio Branco, capital do estado do Acre não foi diferente, ocorrendo também em fundos de vales e áreas de média e alta vertente.

A partir dos resultados apresentados e diante a verificação quanto às condições de ocupação e seus desdobramentos, no tocante a movimentação de massa, a presente pesquisa visa contribuir com sugestões diretas a partir do olhar do profissional em Geografia, principalmente para questões inerentes à aplicabilidade do planejamento e do ordenamento territorial.

Nesse sentido, reiteramos a importância desse trabalho de tese, no tocante, a contribuição direta para as pesquisas no âmbito da Geomorfologia Urbana, que está dedicada aos estudos das modificações impostas ao relevo pelos mais variados agentes, seja de origem físico-naturais ou antrópicos.

Portanto, com base no estudo aplicado na área da vertente, e diante da constatação que os fatores condicionantes inter-relacionados podem atuar como deflagradores de eventos de movimento de massa. Assim, face ao exposto, recomendamos algumas medidas que podem ser apropriadas e utilizadas pelos gestores municipais:

- Realizar o monitoramento sistemático nas áreas de movimentação de massa na área urbana da cidade principalmente na zona norte, palco dos mais recentes episódios de deslizamentos e rastejos;
- Instalação de instrumentos que viabilizem a verificação e monitoramento da flutuação do nível freático, principalmente nos bairros limítrofes ao B. Vila Nova, por exemplo, Placas, São Francisco e Raimundo Melo e, na área central da cidade os bairros, Base, Cadeia Velha, Centro, Cidade Nova, Dom Giocondo, Preventório, Quinze, 6 de Agosto, Taquari, Triângulo Novo, Triângulo Velho, onde se registram atualmente inúmeros processos erosivos e movimentos gravitacionais.

- Aplicar o uso de geotecnologias, visando em primeiro plano o mapeamento geomorfológico de detalhe, com identificação de novas áreas em escala municipal aliada a uma robusta validação exploratória de campo;
- No campo da prevenção, que o poder público (PMRB) possa ampliar medidas proativas, bem como, atuar na fiscalização objetivando reduzir o incentivo à ocupação de áreas suscetíveis ao movimento de massa;

Reforçamos a necessidade do melhor gerenciamento e planejamento urbano-ambiental no interior da cidade quanto a problemas recorrentes a ocupação do solo.

Outra questão é para finalizar, que a metodologia e instrumentos utilizados nesta tese viabilizem novos estudos na cidade de Rio Branco, bem como, em outras cidades no Estado visando contribuir para identificação de eventos de movimento de massa e produzir efeitos na organização e no planejamento físico territorial urbano.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15492. **Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimento**. Rio de Janeiro, 2007. 31p.
- ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico: aspectos socioeconômicos e ocupação territorial**. Primeira Fase. Rio Branco: SECTMA, 2000.
- ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre. **Diagnóstico dos Tipos de Solos de Parte da Bacia do Rio Acre do Município de Rio Branco**. 2006. (Contrato BID 1399/OC-BR).
- ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Recursos naturais: geologia, geomorfologia e solos do Acre**. ZEE/AC, fase II, escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA Acre, 2010. 100 p. (Coleção Temática do ZEE, v. 2).
- ALTIN, T. B; GÖKKAYA, E. Assessment of landslide-triggering factors and occurrence using morphometric parameters in Geyraz Basin, Tokat, Northern Turkey. **Environmental Earth Sciences**. v. 77. n. 126, p. 1-20. 2018.
- AMARAL, E. F; SILVA, J. R. T. da; ARAÚJO, E. A. **Aptidão agroflorestal das terras do Acre: Uma proposta de interpretação dos solos acreanos**. Relatório Técnico. Rio Branco: SEMA/IMAC, 1999. 34 p.
- AMARAL, E. F. do; LANI, J. L; BARDALES, N. G; ARAÚJO, E. A. de. Caracterização da Matéria Orgânica e Mineralogia e os Solos das Bacias dos Rios Acre e Iaco, Estado do Acre. **Anais**. SBCS, 2011, Uberlândia. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115632/1/25391.pdf>. Acesso em: 10. Mai. 2020.
- AMARAL, E. F. do. **Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento, no estado do Acre, Amazônia Ocidental**. 2007. 185 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.
- ANJOS, D. S. dos; MENEGUETTE JUNIOR, M; NUNES, J. O. R.. Classificação da curvatura de vertentes em perfil via Modelo Numérico de Terreno. **Anais**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2286-2293. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266037280>. Acesso em: 02 jan. 2020.
- ARAÚJO, E. A. de; AMARAL, E. F; WADT, P. G. S; LANI, J. L. Aspectos Gerais dos Solos do Acre com Ênfase ao Manejo Sustentável. In: WADT, P. G. S. (Ed) **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA/Acre, 2005, p.27-62.

ARAÚJO, P. C de. **Análise da suscetibilidade a escorregamentos: uma abordagem probabilística**. 2004, 172f. Tese (Doutorado Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, SP, 2004.

ARCOS, F. O; SANTOS, W. L. dos; LIMA, K. D. de J. V. Processos erosivos às margens do rio acre: o caso área central do município de Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 622-633. 2012.

ARCOS, F. O. **Estudo de risco geomorfológico em área urbana: o caso do bairro São Francisco, Rio Branco – Acre**. - Rio Branco: UFAC, 2013, 105f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE – UFAC, Rio Branco, 2013.

AUGUSTO FILHO, O; VIRGILI, J. C. Estabilidade de Taludes. In. OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (Ed.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 243-269. 1998.

AYALEW, L; YAMAGISHI, H. The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. **Geomorphology**, v. 65. p. 15–31. 2005.

BAI, S-B. GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. **Geomorphology**, v. 115 p.23–31. 2010.

BASE. **Fotografias aéreas de Rio Branco (AC)**: aerofoto 431. Escala 1:8.000. PMRB: Rio Branco, 2019.

BARBOSA, V. H. R.; MARQUES, M. E. S.; GUIMARÃES, A. C. R. Caracterização mineralógica de um solo do Acre visando à produção de agregados artificiais artificiais de Argila Calcinada para uso em pavimentos. **Revista Matéria**, v.23, n.3, 2018.

BARDALES, N. G. **Gênese, morfologia e classificação de solos do Baixo Vale do rio Iaco, Acre, Brasil**. Viçosa: UFV, 2005 148f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa/UFV - Viçosa, 2005.

BERNINI, T. de A. **Caracterização mineralógica, identificação das substâncias húmicas e quantificação do alumínio em solos da formação Solimões – Acre**. Rio de Janeiro – UFRJ, 2010, 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

BERNINI, T. de A; PEREIRA, M. G; FONTANA, A; ANJOS, L. H. C. dos; CALDERANO, S. B; WADT, P. G. S; MORAES, A. G. de L; SANTOS, L. L. Taxonomia de solos desenvolvidos sobre depósitos sedimentares da formação Solimões no estado do Acre. **Bragantia**. v. 72, n.1, p.71-80, 2013.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BETIO, M. M; SANTOS, M. M. dos. **Monitoramento das oscilações do nível freático na área do antigo lixão de Rolândia – PR**. ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 2016. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28793>. Acesso em: 6 nov.2019.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda, v.2.1992. 232p.

BORGES, J. de A. Os Enfoques e os Olhares do Geógrafo: Uma abordagem metodológica sobre método, metodologia e técnicas de pesquisa. OBSERVATORIUM: **Revista Eletrônica de Geografia**, v.7, n.19, p.02-21, jun. 2016.2.

BORGES, M. de V. **Contribuição de um Sistema de Dados Georeferenciados Baseado em Geomorfologia e Pedologia para o Estudo de Fundações na Cidade de Rio Branco, Acre**. Rio de Janeiro – UFRJ/COPPE, 2007, 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ- COPPE. Rio de Janeiro, 2007.

BORTOLINI, D. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água em solos de santa Catarina**. Lages, SC, 2016. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, 2016.

BRADY, N. C; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades do Solo**. 3ed. BOOKMAN, 2013. 665 p.

BRANDÃO, V. dos S; SILVA, D. D. da; RUIZ, H. A; PRUSKI, F. F; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A; MENEZES, S. J. M. da C. de. Resistência Hidráulica da Crosta Formada em Solos Submetidos a Chuvas Simuladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30. p. 13-21. 2006.

BRASIL. DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Banco de Dados Geográficos do Exército. Versão 3.0. 2013**. Mapa. Escala de 1:100.000. Folha SC.19-X-C-VI/RIO BRANCO Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador>. Acesso em: 28 Ago. 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC. 19**. Rio Branco; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1976. 458 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 12).

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de risco em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 2007. 176p.

BRATT, S.; BOOTH, B. **ArcGIS 9: Using ArcGIS, 3D Analyst**. ESRI, 2004. 382 p.

BRIDEAU, M-A; ROBERTS, N. J. Mass Movement in Bedrock. In.: DAVIES, T. and SHRODER, J. F. **Landslide Hazards, Risks, and Disasters**. Chapter 3. Elsevier. 1 Ed. 2014. pp.43-90.

BRILHANTE, N. A; MENDES, A. F; SILVA, J. A. da; FROTA, N. J. R. da; FERREIRA, E. J. L. Degradação ambiental e erosão na margem do rio Acre na região central da cidade de Rio Branco, Acre. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: 2016. 6p.

CALDERANO S. B; DUARTE, M. N; GREGORIS, G. **Análise mineralógica das frações finas do solo por difratometria de raios-X**. EMBRAPA (COMUNICADO TÉCNICO 53), 2009, 9p.

CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2003. p.7-36. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2017.

CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V; MEDEIROS, J. S. de. Representações Computacionais do Espaço: Um Diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 83-96. 2003

CARMO, A. M. do; SOUTO, M. V. S; DUARTE, C. R. Análise Qualitativa e Comparativa das Variáveis Morfométricas da Região Serrana da Porção Sul do Maciço Central do Ceará Geradas Através dos MDE: SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 3, p. 603-620, 7 jul. 2015.

CARMO, L. F. Z. **Agricultura urbana da cidade de Rio Branco, Acre: caracterização, espacialização e subsídios ao planejamento urbano**. 2006, 133f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

CAMPOS, M. C. C; MARQUES JÚNIOR, J; PEREIRA, G. T; MONTANARI, R; SIQUEIRA, D. S. Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.149-157, 2007.

CARRARA, A; CARDINALI, M; GUZZETTI, F; REICHENBACH, P. GIS technology in mapping landslide hazard. In: CARRARA, A.; GUZZETTI, F. (Ed.). **Geographical Information Systems in assessing Natural Hazards**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Pub., 1995. p. 135–175.

CARRARA, A; CARDINALI, M; GUZZETTI, F; REICHENBACH, P. Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard. **Natural Hazards** v. 20, p. 117–135. 1999.

CARVALHO, R. C; FRANCISCO, C. N; SALGADO, C. M. Condicionantes geomorfológicos e da cobertura da terra na ocorrência de movimentos de massa na região serrana do Rio de Janeiro. **Caderno de Geografia**, v.29, n.56, 2019, p.27-44.

CATÃO, G. A; SARTOR, C. E. O Uso Da Tecnologia SIG na Análise das Desigualdades Socioespaciais na Metrópole do Rio De Janeiro. **Anais. GIS BRASIL**, 2001. Curitiba. Disponível em: http://www.observatoriodasmetrolopes.ufrrj.br/download/catao_sartor_gisbr.pdf.

Acesso em: 24 Mar. 2019.

CAVALCANTE, L. M. **Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem**. Acre: Embrapa, 2006. 25p.

CAVALLO, A; NORESE M. F. GIS and Multicriteria Analysis to Evaluate and Map Erosion and Landslide Hazards. **Informática**. v.12, n. 1, p. 25–44. 2001,

CHENEY, J. E. '25 years' heave of a building constructed on clay, after tree removal. **Ground Engineering**. p.13-27. July. 1988.

CHUNG, C-Jo F; FABBRI, A. G. Probabilistic Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 65, n. 12. p.1389-1399, December. 1999.

CLINTON, T. **Electrokinetic Stabilisation as a Subsidence Remediation Technique**. Thesis (School of Civil Engineering) University of Birmingham, 2015. Disponível em: <<https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/7852/>>. Acesso em: 05 out. 2019.

COBRAPE. Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antonio e Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia**. Relatório Parte 'A' rev. 1. Dez/2006, 816p.

COHEN, K. M; FINNEY, S.C; GIBBARD, P.L; FAN, J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart. **Episodes**, vol. 36, n. 3, p.199-204. 2013.

COPPOLA, L; NARDONE, R; RESCIO, P; BROMHEAD, E. Reconstruction of the conditions that initiate landslide movement in weathered silty clay terrain: effects on the historic and architectural heritage of Pietrapertosa, Basilicata, Italy. **Landslides**. v. 3. p. 349–359. 2006.

COSTA, A. C. S. da; NANNI, M. R; JESKE, E. Determinação da Umidade na Capacidade de Campo e Ponto de Murchamento Permanente por diferentes Metodologias. **Revista UNIMAR**. v. 19. n. 3, p. 827-844, 1997.

COSTA, É. L. da; SILVA, A. M. da; COLOMBO, A; ABREU, A. R de. Infiltração de Água em Solo, determinada por Simulador de Chuvas e Pelo Método dos Anéis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.131-134, 1999.

COSTA, J. A; MEXIAS, A. S; GOMES, M. E. B. Caracterização dos argilominerais usados em matéria-prima cerâmica, da formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, no município de Turvo, SC. **Cerâmica**. v. 56. p. 360-367. 2010.

COSTA, A; ALBUQUERQUE, J. A; COSTA, A. da; PÉRTILE, P; SILVA, F. R. da. Water retention and availability in soils of the State of Santa Catarina-Brazil: effect of textural classes, soil classes and lithology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, n. 6, p. 1535-1548, dez. 2013.

CROZIER, M. J. **Landslides: Causes, Consequences and Environment**. Croom Helm Australia Pty. Ltd., London, 1986, 252 p.

CRUDEN, D, M; VARNES, D. J. Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL (eds) **Landslides investigation and mitigation. Transportation research board**, US National Research Council. Special Report 247, Washington, DC, Chapter 3, p. 36–75, 1996.

DAS, I; SAHOO, S; WESTEN, C. V; STEIN, A; HACK, R. Landslide susceptibility assessment using logistic regression and its comparison with a rock mass classification system, along a road section in the northern Himalayas (India). **Geomorphology**, v. 114, p. 627-637. 2010.

DAVIS, C. CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G; C; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE: São José dos Campos, 2001. p. 3-35.

DEMO, P. **Introdução à metodologia da ciência**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

RIO DE JANEIRO. Departamento de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. Correlação de chuvas x escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro no mês de novembro de 2012. **Relatório técnico**. Rio de Janeiro: DRM-RJ, nov. 2012 p. 1-13.

DIAS, F. P.; HERRMANN. M. L. P. Análise da Susceptibilidade a Deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências Exatas e da Terra, v. 21. n. 1, p. 91-104, 2002.

DONAGEMMA, G. K; VIANA, J. H. M; ALMEIDA, B. G. de; RUIZ, H. A; KLEIN, V. A; DECHEN, S. C. F; FERNANDES, R. B. A. Análise Granulométrica. In: **Manual de métodos de análise de solo**. TEIXEIRA, P. C. *et al.* editores técnicos. – 3. ed. revisada e ampliada – Brasília, DF : Embrapa, 2017. p. 95-116.

DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 – 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 308-317. 2006.

DUARTE, A. F.; MARCARENHAS, D. M. Manifestações do bioclima do Acre sobre a saúde humana no contexto socioeconômico da Amazônia. Amazônia: **Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 3, n. 5, p. 149-162, jul/dez. 2007.

DUDLEY, J. H., Review of Collapsing Soils. **Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division**, 1970, v. 96, Issue 3, p. 925-947. Disponível em: <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockey=0017161>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ĐURIĆ, U; ABOLMASOV, B; PAVLOVIĆ, R; TRIVIĆ, B. Using ArcGIS for Landslide 'Umka' 3D Visualization. **Anais... THE GEOLOGY IN DIGITAL AGE**. 17th Meeting of the Association of European Geological Societies. BELGRADE, 14-18, Sept. p.21-25. 2011.

EHRlich, M; SILVA, R. C. COSTA, D. P. da. Comportamento de um Colúvio em Zona de Falhamento. **Anais... COBRAMSEG (2016)**. Disponível em: <http://www.cobramseg2016.com.br/index.php/anais>. Acesso em: 11 Abr. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO I. Belém/PA, 1984. **Anais**. Vol I – Clima e Solo. Belém/PA, 12 a 17 de novembro de 1984. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos 1).

FARAH, F. **Habitação e encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. 312p.

FERES, R. **Caracterização geotécnica de uma bacia hidrográfica urbana (Rio Branco-AC) com ênfase nos processos de ocupação dos fundos de vale**. 1998. 210p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos-SP, 1997.

FERNANDES, N. F; AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa: uma abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-186.

FERNANDES, N. F; GUIMARÃES, R. F; GOMES, R. A. T; VIEIRA, B. C., MONTGOMERY, D. R; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71. 2001.

FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. **Espaço Aberto, PPGG - UFRJ**, v. 6, n.1, p. 209-247, 2016.

FORBES, K; BROADHEAD, J. **FORESTS AND LANDSLIDES: The role of trees and forests in the prevention of landslides and rehabilitation of landslide-affected areas in Asia**. FAO/Food and Agriculture Organization of the United Nations. Bangkok, 2011. 49p.

FRANCA, S. F; RANZI A; ROMERO, M. A. B; RIBEIRO, R. J. C. Estruturas da paisagem amazônica: construção e desconstrução. **PLURIS 2010**. The Challenges of Planning in a Web Wide World. Disponível em: <http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper82.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2019.

FREIRE, E. P. **Estabilidade de Taludes em Solo nos Morros da Cidade de Santos**. Brasília/DF – UNB, 1995, 108p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília-DF, 1995.

FRIGERIO, S; SCHENATO, L; BOSSI, G; CAVALLI, M; CREMA, S; MANTOVANI, M; MARCATO, G; PASUTO, A. Landslide monitoring with an integrated platform: methodology, design and case study. **Società Geologica Italiana**. v. 30, p. 24-27. 2014.

GABELINI, B. M. **Suscetibilidade a escorregamentos na região entre Caraguatatuba e São Sebastião (SP)**: Análise fisiográfica e quantitativa. 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2017.

GAMA, J. R. N. F. **Caracterização e Formação de Solos com Argila de Atividade Alta do Estado do Acre**. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1986, 165f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 1986.

GAMA, J. R. N. F; KUSUBA, T; OTA, T; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do Estado do Acre. **Revista Brasileira Ciência do Solo, Campinas**, v. 16, p. 103-106. 1992.

GERRITSE, R. Nutrients, Water quality and Algal Blooms in the Canning Catchment. **National Heritage Trust**, v. 2, n. 1, p. 1-22. 2000.

GIRÃO, O; CORRÊA, A. C. de B. A Contribuição da Geomorfologia para o Planejamento da Ocupação de Novas Áreas. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 21, n. 2, p. 36-58. jul/dez. 2004.

GIRÃO, O. **Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife – Pernambuco**. 2007. 305f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. UFRJ, 2007.

GLASTONBURY, J; FELL, R. Geotechnical characteristics of large slow, very slow, and extremely slow landslides. **Canadian Geotechnical Journal**. v. 45. n. 7, p. 984-1000. 2008.

GOERL, R. F; KOBIYAMA, M; CORREA, G. P; ROCHA, H. L; GIGLIO, J. E. Desastre hidrológico resultante das chuvas intensas em Rio dos Cedros – SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009. **Anais**. 2009. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/en/pub-conferences-more>. Acesso em: 13 fev. 2018.

GOMES, A. da S. Mineralogia da Fração Argila de Solos da Formação Solimões na Província Petrolífera de Urucu, Amazonas. **Anais**. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis-SC, 2013.

GOMES, F. de S. **Estudo da erodibilidade e parâmetros geotécnicos de um solo em processo erosivo**. 2001, 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) Centro de Tecnologia e Geociências, Recife/PE, 2001.

GOMES, R. A. T; GUIMARÃES, R. F; CARVALHO JR, O. A; FERNANDES, N. F; VARGAS JR, E. A; MARTINS, É. S. Identification of the affected areas by mass movement through a physically based model of landslide hazard combined with an empirical model of debris flow. **Natural Hazards**, n. 45, p.197–209. 2008.

GOURLEY, C. S; NEWILL, D; SCHREINER, H D. Expansive soils: TRL's research strategy. In: **Proceedings of the First International Symposium on Engineering Characteristics of Arid Soils**, City University, London, 1993. 16p.

GUERRA A. J. T. O Papel da Matéria Orgânica e dos Agregados Na Erodibilidade dos Solos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.13, p.43-52. 1990.

GUERRA, A. J. **Estudo Geográfico do Território do Acre**. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. Edição Integral. – Brasília - DF: Senado Federal, 2004. 379 p.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. Características e Propriedades dos Solos Relevantes para os Estudos Pedológicos e Análise dos Processos Erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**. v.19, 22p. 1996.

GUERRA, A. J. **Igarapé**. In. Novo dicionário geológico-geomorfológico. (Orgs). Antônio Teixeira Guerra e Antonio José Teixeira Guerra. 9ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 348.

GUIDICINI, G; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1976.

SAHA, A. K; GUPTA, R. P; ARORA, M. K. GIS-based Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas. **International Journal of Remote Sensing**. v. 23, n. 2, p.357–369. 2002.

GUTIERREZ, N. H. M; NÓBREGA, M. T. de; VILAR, O. M. Influence of the microstructure in the collapse of a residual clayey tropical soil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. v.68, p.107–116. 2009.

GUZZETTI, F; MONDINI, A. C; CARDINALI, M; FIORUCCI, F; SANTANGELO, M; CHANG, K-T. Landslide inventory maps: New tools for an old problem. **Earth-Science Reviews**. n.112, p.42–66. 2012.

GUZZETTI, F; STARK, C. P; SALVATI, P. Evaluation of Flood and Landslide Risk to the Population of Italy. **Environmental Management**. vol. 36, n. 1, p. 15–36. 2005.

HERITAGE, G.; HETHERINGTON, D. Towards a protocol for laser scanning in fluvial geomorphology. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 32, p. 66–74. 2007.

HID, A. R. **Monitoramento da Expansão Urbana e Ocupação Predial às Margens do Igarapé São Francisco em Rio Branco – Acre**. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. Section I. Basic Information About Landslides In: *The landslide handbook - A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, **U.S. Geological Survey**, Circ. 1325, 24 p. 2008.

HILLEL, D. *Environmental Soil Physics*. ACADEMIC PRESS. **Elsevier**, 1998. 800p.

HILLEL, D. *Introduction to Environmental Soil Physics*. ACADEMIC PRESS. **Elsevier**, 2004. 500p.

HOMMA, A. K. O. 500 Anos de Uso do Solo na Amazônia: um contexto histórico. In.: **500 anos de uso do solo no Brasil**. (org) ARAUJO, Q. R. de. Ilhéus/BA. EDITUS, Ilhéus, 2002. p. 257-288.

HUABIN, W; GANGJUN, L; WEIYA, X; GONGHUI, W. GIS-based landslide hazard assessment: an overview. **Progress in Physical Geography**. v. 29. n.4, p. 548–567. 2005.

HUTCHINSON, J. N. Morphological and geotechnical parameters of landslides in: relation to geology and hydrogeology. **General report. Proceedings of/V International Symposium on Landslides, Lausanne**, v.1, p.3-35, 1988.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal**. IBGE. Rio de Janeiro. 1997.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ed. Rio de Janeiro, 2007. (Manuais Técnicos em Geociências - número 4).

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico de pedologia: guia prático de campo*. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2015. 134 p.

IBGE. *Cidades. Rio Branco, estimativa da população*. 2019. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 out. 2019.

INFANTI JÚNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. (Ed.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 131-152.

INTRIERI, E; GIGLI, G. Landslide forecasting and factors influencing predictability. **Natural Hazards and Earth System Sciences**. v. 16, p.2501–2510. 2016.

IPPOLITI-RAMILO, G. A; COSTA, L; M. da; SCHAEFER, C. E. G. R; FERNANDES FILHO, E. I; GAGGERO, M. R. Análise Digital do Terreno: Ferramenta Na Identificação de Pedoformas em Microbacia na Região de "Mar De Morros" (MG) **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 29, n. 2, p. 269-276. 2005.

JEBUR, M. N; PRADHAN, B; TEHRANY, M. S. Detection of vertical slope movement in highly vegetated tropical area of Gunung pass landslide, Malaysia, using L-band InSAR technique. **Geosciences Journal**, 2013. p.1-8.

JONES, L. D; JEFFERSON, I. Expansive soils. In: BURLAND, J. (ed.) **ICE - manual of geotechnical engineering**. v1, geotechnical engineering principles, problematic soils and site investigation. London, UK, ICE Publishing, 2012 p.413-441.

JULIÃO, R. P; NERY, F; RIBEIRO, J. L; BRANCO, M. C; ZÊZERE, J. L. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistema de informação geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: ANPC, 2009. 91p.

KLAR, A. E; VILLA NOVA, N. A; MARCOS, Z.Z; CERVÉLLINI, A. Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. **Anais da E. S. A "Luiz de Queiroz"**. Vol. XXIII, 1966. p.15-30.

KRUG, T; OMETTO, J; ARAGÃO, L; VINHAS, L. (2019) **O Brasil e as Mudanças Climáticas**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/brasil-e-as-mudancas-climaticas.pdf>. Acesso em: 18 Ago. 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 250 p.

LANA, J. C; MONTANDON, L. F. Influência da Pluviosidade na Deflagração de Movimentos de Massa na Região Sul Fluminense. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Ed. Especial: Jun. 2018.

LANI, J. L; AMARAL, E. F. do; ARAÚJO, E. A. de; BARDALES, N. G; SCHAEFER, C. E. G. R; MENDONÇA, B. A. F. de. Geologia e relevo: alicerces da paisagem Acreana. In: ARAUJO, E. A.; LANI, J. L. (Org.). **Uso sustentável dos ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**: volume 1. Rio Branco: Secretaria Estado de Meio Ambiente – SEMA, 2012. p. 09-37.

LANI, J. L; GOMES, M. A; PEREIRA, N. W. V. **Tipologias Florestais do Município de Rio Branco - AC**. Rio Branco: PMRB, 2008. 54 p. (Boletim Técnico, 15).

LATO, M; BOBROWSKY, P; ROBERTS, N; BEAN, S; POWELL, S; MCDOUGALL, S; BRIDEAU, M-A; STEAD, D; VANDINE, D. Site Investigation, analysis, monitoring and treatment - Canadian technical guidelines and best practices related to landslides: a national initiative for loss reduction. **Geological Survey of Canada**, Open File 8114, 59 p. 2016.

LATRUBESSE, E. **El Neogeno de Amazônia Sudoccidental**. 1992. 214f. Tese (Doutorado em Ciências Geológicas). Universidade Nacional de San Luis, San Luis, 1992.

LEE, S. Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data. **International Journal of Remote Sensing**. vol. 26, n. 7, p.1477–1491. 2005.

LEE, S; PRADHAN, B. Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. **Landslides**. n.4, p.33–41. 2007.

LEITE, A. P. **A Evolução Urbana de Rio Branco (AC): de Seringal a Capital**. 2010, 83p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2010.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Editora: EDUSP, São Paulo, 2005. 335p.

LIMA, H. N; MELLO, J. W. V. de; SCHAEFER, C. E. G. R; KER, J. C; LIMA, A. M. N. Mineralogia e Química de Três Solos de Uma Toposequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 30, p.59-68, 2006.

LIMA, K. D. de J. V. ARCOS, F. O; SERRANO, R. O; LIMA, Y. M. S. de. Áreas de risco e ocupação urbana: o caso do bairro Raimundo Melo. Rio branco, ACRE/BRASIL. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, v. 2, n.4, p.197-206. 2012.

LIMA, G. M. de A; BASTOS, L. C; BELTRAME, A. da V. Correlação entre os Movimentos de Massa e a Cobertura Vegetal na Bacia do Braço do Baú, Município de Ilhota-SC. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3; Recife, 2010. **Anais...** Recife, 2010. Disponível em: https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_213.pdf Acesso em: 23 jul. 2016.

LIMA, M. do S. B. de. **Movimentos de Massa nos Barrancos do Rio Acre e suas Implicações Sócio-Econômicas na Área Urbana de Rio Branco/Acre**. Florianópolis, 1998. 235p. Dissertação (Mestrado em Geografia) UFSC/SC.

LIMA, W. de P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. USP/ESALQ, 2ed. Piracicaba, 2008, 237p.

LOLLO, J. A. de Revisão dos Métodos de Cartografia Geotécnica de Materiais Geológicos Colapsíveis. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. ABGE-SP. v. 2. n. 1, p.99-115. 2012.

LOPES, A. S. SILVA, M. de C; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3ª ed. São Paulo – ANDA, 1991. 22 p. (Boletim Técnico, 1).

LOPES, J. A. U. **Encostas – Evolução, Equilíbrio e Condições de Ocupação**. 1. Ed. – Porto Alegre: Alcance, 2017, 344p.

LÓRÁNT, D. Introduction to Anthropogenic Geomorphology. In. PIACENTINI, T. (Eds.) **Studies on Environmental and Applied Geomorphology**. 2012. p. 267-280.

LU, L.; LI, X.; CHENG, G. Landscape evolution in the middle Heihe River Basin of north-west China during the last decade. **Journal of Arid Environments**, v. 53, p. 395–408. 2003.

MAFRA, N. M. C. (1999) Erosão e planificação de uso do solo. In: **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. (Orgs). GUERRA, A. J. T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.301-320.

MAGALHÃES, R. C; OLIVEIRA, E. G. de; ALBUQUERQUE, A. R. da C; AQUINO, R. N. de A. Análise geográfica sobre erosão de margens e movimentos de massa na comunidade do Divino E. Santo/AM (Brasil). **Revista Geográfica de América Central**. Costa Rica, Número Especial – EGAL. v. 2, p. 1-17. julio-diciembre, 2011.

MAIA, M. S. O. **Zoneamento geotécnico do sítio urbano do município de Rio Branco/AC e seus arredores, para fins de planejamento com ênfase à expansão urbana – município de Rio Branco/Acre**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro. 2003.

MARÍN, R. J; GUZMÁN-MARTÍNEZ, J. C; CARVAJAL, H. E. M; GARCÍA-ARISTIZÁBAL, E. F; CADAVID-ARANGO, J. D; AGUDELO-VALLEJO, P. Evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales para proyectos de infraestructura: caso de análisis en vereda El Cabuyal. **Ingeniería y Ciencia**. v. 14, n. 27, p. 153-177. 2018.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, v. 17, n. 2, p. 67-87, jul./dez. 2008.

MARTÍNEZ, R; CAICEDO, J. D. P; GLORIA, L; JAIMES, E; QUINTERO, A; MASCARENHAS, A. Northern South America And Tropical Andes. **Bulletin of the American Meteorological Society**. 2009. pp.133-134.

MARTINI, L. C. P; UBERTI, A. A. A; SCHEIBE, L. F; COMIN, J. J; OLIVEIRA, M. A. T. de. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas. **Revista do Instituto de Geociências**, v. 6, n. 1, p. 41-52, jul. 2006.

MARTINS, M. da F; STRIEDER, G; SCHERER, V. S; SUZUKI, L. E. A. S; MILANI, I. C. B; DUART, M. A. Monitoramento do Nível Freático em uma Área de Construção Civil Utilizando Medidores de Nível D'Água. GEORS (2015) **VIII Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul**. Disponível em: http://wp.ufpel.edu.br/rhima/files/2010/09/EN_00725-M%C3%A1rcio.pdf. Acesso em: 28 ago.2017.

MAURI, J; RUIZ, H. A; FERNANDES, R. B. A; KER, J. C; REZENDE, L. R. M. Dispersantes Químicos na Análise Granulométrica de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 35, p.1277-1284. 2011.

MENDONÇA, R. R.; SILVA, J. A. da. Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: **Porto Acre, AC**. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil, 2015. 9 f. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18269>. Acesso em: 04 mai. 2018.

MENNECKE, B. E; CROSSLAND, M. D. Geographic Information Systems: Applications and Research Opportunities for Information Systems Researchers. **Hawaii International Conference on System Sciences**. (HICSS-29), p.537-546. 1996.

MELO JR, H. R. de; MARMOS, J. L. **Avaliação Hidrogeológica do Município de Rio Branco – Acre**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT (Relatório Final). Porto Velho, 2006. 53p.

MINEROPAR. Serviço Geológico do Paraná. **Acidentes Geológicos Urbanos**. Curitiba, 2010 (1ª Edição), 78p.

MOLINARI, D. C. Hidrologia, Processos Erosivos e Movimentos de Massa. In. REBELLO, A. (org). **Contribuições Teórico-metodológica da Geografia Física**. Editora: UFAM, 2010, p.67-103.

MONTALVO-ARRIETA, J. C; CHÁVEZ-CABELLO, G; VELASCO-TAPIA, F; LEÓN, I. N. de. Causes and Effects of Landslides In The Monterrey Metropolitan Area, NE Mexico. In: **Landslides: Causes, Types and Effects**. Ed: Ernest D. Werner *et al*. Chapter 2, p. 73-104. 2010.

MORAIS. M. de J. **Rio Branco-Ac, uma Cidade de Fronteira: o processo de urbanização e o mercado de trabalho, a partir dos planos governamentais dos militares aos dias atuais**. 2000, 181p. Dissertação (Mestrado em Geociências). UFSC. Florianópolis, 2000.

MORAIS, F. DE. Infiltração – uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, v.22, n.38, p. 73-87. 2012.

NAIME, J. de M; CONCIANI, W; SOARES, M. M; CRUVINEL, P. E; CRESTANA, S. **Tomografia Computadorizada Aplicada ao Estudo de Solos Colapsíveis**. Comunicado Técnico nº 17, CNPDIA, dez/1997, p.1-5.

NANDI, A; SHAKOOR, A. A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses. **Engineering Geology**. N. 110 p.11–20. 2009.

NASCIMENTO, F. R. do; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 6/7, n. 1, p. 167-179, 2004 / 2005.

NASCIMENTO, F. I. C; SANTOS, W. L. dos; LIRA, E. M. de; ARCOS, F. O. Caracterização Morfométrica como Base para o Manejo da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco/Acre. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 06, n .02, p.170-183. 2013.

NASCIMENTO, R. R. do. **Procedimento baseado em rotina de apoio à decisão aplicado à redução de risco de movimentos gravitacionais de massa em margens de cursos d'água: estudo de caso em Rio Branco / AC**. 2016. 159f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Escola de Engenharia. 2016.

NASCIMENTO, R. R.; SIMÕES, G. F. Avaliação da suscetibilidade a movimentos de massa gravitacionais em margens de cursos d'água da cidade de Rio Branco (AC). **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 233-249. 2017.

NATURAL RESOURCE ECOLOGY LABORATORY. **Soil Calculator**. Disponível em: www2.nrel.colostate.edu/projects/century/soilCalculator.htm. Acesso em: 23 dez. 2019.

NEVES, L. E. Estudo prático de argilas por difratometria de raios-X. **B. téc. PETROBRÁS**, Rio de Janeiro. v. 11. n. 1, p.123-135, jan/mar. 1968.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **PARCERIAS ESTRATÉGICAS**. n.12, p.238-258. set. 2001.

NUCCI, J. M; MOREIRA, M. A. A; LOPES, C. **Topografia e Cartografia**. UFSCAR, 2011. 147p.

OHLMACHER, G. C; DAVIS, J. C. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA. **Engineering Geology**. v. 69. p.331–343. 2003.

OLIVEIRA, A. U. de. **Integrar para não entregar: políticas públicas e Amazônia**. Papyrus Editora. Campinas, SP, Brasil, 1988. 107p.

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

OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. L. **Avaliação Geológico-Geotécnica da Cidade de Rio Branco-Acre**. Porto Velho: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, DHT - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 2006. 57p.

OLIVEIRA, R. C. de. **Estudo psicossocial e econômico das famílias atingidas por desastres naturais em áreas de risco na Cidade de Rio Branco – Acre: a expressão do desenvolvimento geográfico desigual**. 2011. 110p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Acre/UFAC. Rio Branco. 2011.

OLIVEIRA, V; CAETANO ALVES, M. I. Morfologia e Dinâmica Fluvial do Rio Neiva (NW DE PORTUGAL). **Estudos do Quaternário**, 7. APEQ, Braga, 2011, pp. 41-59.

PACHECO, A. A; LANI, J. L; BARDALES, N. G. Geoquímica dos Solos com Características Vérticas do Estado Do Acre. **Anais: UFV/XIX SIC/OUTUBRO/2009/SOLOS**. Disponível em:

www2.dti.ufv.br/simposio_integracao_academica/simposiosAnteriores/out2009/docs/sic/solos.doc. Acesso em: 01 Ago. 2018.

PALU JUNIOR, A.; LONGO, O. C. Análise dos movimentos de massa em área urbana: o caso do bairro Dom Giocondo. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável, 6., 2010, Niterói. **Anais**. Niterói, 2010. p. 1-19. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0240_1200.pdf. Acesso em: 01 mai. 2018.

PARSONS, A. J. A Technique for the Classification of Hill-Slope Forms. **Royal Geographical Society**. v. 3. n. 4, p. 432-443. 1978.

PELLEGRINA, G. J; ANTUNES DE OLIVEIRA, M. A; PALCHECO PEIXOTO, A. S. Elaboração de um banco de dados para eventos severos. **Territorium**, n. 16, p. 31-36. 2009.

PELLEGRINA, G. J. **PRECIPITAÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA: CONTRIBUIÇÃO À EMISSÃO DE ALERTA NOS MUNICÍPIOS DE COIMBRA – PORTUGAL E CAMPINAS (SP) – BRASIL**. 2015. 227f. Tese (Doutorado em Geografia) Univ. Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP, 2015.

PELLEGRINA, G. J; CUNHA, L. Banco de dados para gestão de riscos de movimentos em massa no município de Coimbra e análise da influência dos principais condicionantes atmosféricos. **Cadernos de Geografia**, n. 40. p.7-22. 2019.

PERERA, E.N.C; JAYAWARDANA, D. T; JAYASINGHE, P. A Rainfall Intensity-Duration Threshold for Mass Movement in Badulla, Sri Lanka. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, n. 5, 135-152. 2017.

PINOTTI A. M.; CARNEIRO, C. D. R. Geologia Estrutural para contenção de queda de blocos e análise de estabilidade de encostas: aplicação no granito Santos, SP. **Terræ Didática**, v. 9, n. 1, p.132-168. 2013.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª ed. Of. de Textos, 2006.

PINTO, R. C; PASSOS, E; CANEPARO, S. C. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. **Geoiंगा**, v. 5, n. 1, p. 102-124. 2013.

PRIETO, C. C. **Previsão de deslizamentos em encostas por meio de modelagem numérica: estudo de caso na bacia Piracuama, município de Campos do Jordão, SP**. 2018,187p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, S. J. dos Campos, SP. 2018.

QUATRO agências confirmam: **2018 foi o 4º ano mais quente da história**. Disponível em:[https:// http://www.observatoriodoclima.eco.br](https://http://www.observatoriodoclima.eco.br). Acesso em: 06 fev.2019.

RAMÍREZ, J. M; ARISTIZÁBAL, E. Metodología para la zonificación de La susceptibilidad por movimientos en masa en proyectos lineales. Estudio de caso en El acueducto del municipio de Fredonia, Antioquia. **Ingeniería y Ciencia.**, v. 13, n. 26, p. 173–206. 2017.

REICHENBACH, P; ROSSI, M; MALAMUD, B. D; MIHIR, M; GUZZETTI, F. A review of statistically-based landslide susceptibility models. **Earth-Science Reviews.** n. 180. p. 60–91. 2018.

REINERT, D. J; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo.** UFSM, Santa Maria (RS), 2006. 18 p.

REYES, S. G; PAULÍN, G. L; QUESADA, F. A. Susceptibilidad geomorfológica a procesos gravitacionales en arroyos secundarios del sur de la cuenca La Ciénega, volcán Nevado de Toluca. **Investigaciones Geográficas.** ARTÍCULOS. n. 96. Ago/2018.

REZENDE, F. da C; SCALOPPI, E. J. Avaliação de Métodos para Determinação das Características de Infiltração em Sulcos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília. n. 20. v.2, p. 227-233, fev. 1985.

RIBEIRO, A. G. **O Clima do Estado do Acre.** Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, v. 35, p. 112-141, out/dez. 1971.

RINALDI, V. A; SANTAMARINA, J. C; REDOLFI, E. R. **Characterization of collapsible soils with combined geophysical and penetration testing.** 1998. 8p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228776490>. Acesso em: 11 Abr. 2019.

RIO BRANCO. Prefeitura Municipal. **Lei nº 1.611 de 27 de outubro de 2006** - Aprova e Institui o novo Plano Diretor do Município de Rio Branco e dá outras providências. Disponível em: <https://www.riobranco.ac.leg.br/leis/legislacao-municipal/2006/1611.PDF>. Acesso em: 18 jul.2019.

RIO BRANCO. Prefeitura Municipal. **Lei nº 1.727 de 18 de dezembro de 2008** - Modifica o Mapa do Perímetro Urbano e o Anexo XI da Lei municipal n.º 1.611, de 27/11/2006. Disponível em: <https://www.riobranco.ac.leg.br/leis/legislacao-municipal/2008/1727.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil.** São Paulo. HUCITEC/EDUSP: Ed. da Universidade de São Paulo-SP. v. 2, 1979, 374p.

ROGERS, C. D. F. Types and Distribution of Collapsible Soils. In: DERBYSHIRE, E. et al. (eds.). **Genesis and Properties of Collapsible Soils.** Kluwer Academic Publishers 1995, pp.1-17.

ROMARIZ, D. de A. **Aspectos da Vegetação do Brasil.** 2. ed. São Paulo: Edição da autora, 1996. 60 p.

SAADI, A. A geomorfologia como ciência de apoio ao Planejamento Urbano em Minas Gerais. **Revista Geonomos**. v. 5. n. 2, p.1-4. 1997.

SAFAEI, M; OMAR, H; YOUSOF, Z. B. M; GHIASI, V. Applying Geospatial Technology to Landslide Susceptibility Assessment. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**. v. 15, p.677-696. 2010.

SANTOS, C. L. dos. Análise metodológica de estudos referentes a eventos de movimentos de massa e erosão ocorridos na região Nordeste do Brasil. **Caderno de Geografia**, v.28, n.55, p. 959-979. 2018.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. De; LUMBREAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2014. 376 p.

SANTOS, J. G. Instabilidade de vertentes e riscos de movimentos de terreno. O exemplo da área Vila Seca-Lamas (Sul de Coimbra). **Territorium** v. 4, p. 79-98. 1997.

SANTOS, W. L. dos. **Dinâmica hidrogeomorfológica em bacia de drenagem: efeitos do uso e ocupação da terra no sudeste amazônico – Acre – Brasil**. 2013. 289 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências (IGC), Belo Horizonte/MG.

SARGES, R. R; NOGUEIRA, A. C. R; FROTA, C. A; SILVA, C. L. da. Depósitos argilosos Cenozoicos do estado do Amazonas: utilização como agregados de argilas calcinadas para pavimentações na região Amazônica. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. n. 1, p. 33-49. 2010.

SARKAR, S; KANUNG, D. P. An Integrated Approach for Landslide Susceptibility Mapping Using Remote Sensing and GIS. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 70. n. 5, p. 617–625. May. 2004.

SERVIÇO AÉREO CRUZEIRO DO SUL. **Fotografias aéreas de Rio Branco (AC): aerofoto SACS0-189**. Escala 1:40.000. PMRB: Rio Branco. 2019.

SCHEIDT, F. S. S; SILVA, P. R. da; SILVA, S. M. C. P. da; HIROTA, E. H. Consideração de requisitos ambientais em empreendimentos habitacionais de interesse social: um estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 91-106, jan./mar. 2010.

SCHEIDEGGER, A. E. A review of recent work on mass movements on slopes and on rock falls. **Earth-Science Reviews**, n. 21. p.225-249, 1984.

SCHMINK, M.; CORDEIRO, M. L. **Rio Branco: A cidade da Florestania**. Belém: EDUFPA, 2008.

SCHOENEBERGER, P. J; WYSOCKI, D. A. Hydrology of soils and deep regolith: A nexus between soil geography, ecosystems and land management. **Geoderma**. n. 126, p. 117–128. 2005.

SELBY, M J. **Hillslope Materials and Processes**. 2 ed. Oxford University Press, Oxford, 1993. 451pp.

SHRODER JR, F. J; CVERCKOVÁ, L; MULHERN, K. L. Slope-failure Analysis and Classification: Review of a Century of Effort, **Physical Geography**, v. 26. n. 3, p. 216-247. 2010.

SILVA, C. L. da; KATO, E. Avaliação de Modelos para Previsão da Infiltração de Água em Solos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n,7, p.1149-1158. jul. 1998.

SILVA, F. R. da. **Trinta e Um Anos de Sistemas de Manejo em Latossolo Bruno: Atributos Físicos, Químicos e Rendimento de Culturas**. 2013. 135 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

SILVA, A. S. Solos urbanos. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 43-69.

SILVA, J. X. da Geoprocessamento e Análise Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**. IBGE: Rio de Janeiro. v. 54. n. 3, p. 47-61, jul./set. 1992.

SILVA, J. R. da. **Análise Socioambiental dos Moradores em Área de Risco às Margens do rio Acre - Rio Branco - Acre**. Monografia (Graduação em Geografia - Bacharelado) – CFCH: Universidade Federal do Acre, Rio Branco - Acre, 2014.

SILVA, P. J. da. (2015) **Rio Acre, o Rio das Ferraduras, um Rio bandido que Serpenteia no Limite entre duas Nações**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280721953>. Acesso em: 02 out. 2018.

SILVEIRA, R. M. P; SILVEIRA, C. T. da. Classificação hierárquica automatizada de formas do relevo no estado do Paraná apoiada na modelagem digital do terreno. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 08. n.05, p. 1509-1523. 2015.

SMYTH, C. G.; ROYLE, S. A. Urban landslide hazards: incidence and causative factors in Niterói, Rio de Janeiro, State, Brazil. **Applied Geography** n. 20, p.95–117. 2000.

SOARES, E. P. **Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas**. Rio de Janeiro: 2006. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio e Janeiro, COPPE/UFRJ, 2006.

SOARES, L.; BATEIRA, C. Movimentos de massa em vertentes no norte de Portugal. Retrospectiva e actualização. **Repositório Aberto da Universidade do Porto**, p. 367-383. 2013. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/78029>. Acesso em: 05 jun. 2018.

SOUZA, A. J. G; ARCOS, F. O. Processos Erosivos na Cidade de Rio Branco, Acre: O Caso Do Bairro Vila Nova. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.230-235, 2014.

STÄHLI, M; SÄTTELE, M; HUGGEL, C; MCARDELL, B. W; LEHMANN, P; HERWIJNEN, A. VAN; BERNE, A; SCHLEISS, M; FERRARI, A; KOS, A; OR, D; SPRINGMAN, S. M. Monitoring and prediction in early warning systems for rapid mass movements. **Natural Hazards and Earth System Sciences**. v.15, p.905–917. 2015.

TABALIPA, N. L; FIORI, A. P. Influência da Vegetação na Estabilidade de Taludes na Bacia do Rio Ligeiro (PR). **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008.

TAKAHASHI, T. **Debris Flow**: Mechanics, Prediction and Countermeasures. CRC Press Taylor, Francis Group, 2. ed. 2014.

TAY, L. T; ALKHASAWNEH, M. Sh; LATEH, H; HOSSAIN, Md. K; KAMIL, A. A. Landslide Hazard Mapping of Penang Island Using Poisson Distribution with Dominant Factors. **Journal of Civil Engineering Research**. v.4, n.3A, p.72-77. 2014.

TENORIO, J.A.P; HERRERA, R. G; RAMIREZ, M. G; HERRERA, J. A. V. Caracterización de Procesos Gravitacionales en Diferentes Ambientes Geológicos de Chiapas, MÉXICO. **ESPACIO I+D, Innovación más Desarrollo**. v. v, n.12 especial. p.117-131. 2016.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 574 p

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP**. 2007. 242 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

UHDE, L. T. **Sistema pedológico em um ambiente antropizado da Depressão Central do RS**. 2009. 226 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade de Santa Maria (UFSM) – RS. 2009.

Universidade Estadual de Ponta Grossa. Biblioteca Central Prof. Faris Michael. **Manual de normalização bibliográfica para trabalhos científicos**. 4. ed. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2019. 169p.

United States Geological Survey (USGS). **Landslide Types and Processes**. Fact Sheet, 2004-3072. July 2004. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20043072>. Acesso em: 9 set. 2019.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOLÓGICOS LOCAIS**. (Serviço de Informação e Documentação SID). INPE. São José dos Campos, 2008. 75p.

VAN WESTEN, C. J. The modelling of landslide hazards using gis. **Surveys in Geophysics**, v. 21, p. 241–255. 2000.

VARNES, D. J. **Landslides Types and Processes**. In *Landslides and Engineering Practice*. E. B. Eckel (ed). S. Report n29, Highway Research Board, p.20-47, 1978.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. UFPR, 2012. 288p.

VELOSO, A. J. G. Importância do Estudo das Vertentes. **Revista GEOgraphia** v. 4, n. 8; 2002,5p.

WADT, P. G. S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 79).

WANG, L-J; SAWADA, K; MORIGUCHI, S. Landslide susceptibility analysis with logistic regression model based on FCM sampling strategy. **Computers & Geosciences**, v. 57, p.81–92. 2013.

WOODS, W. I. Os solos e as Ciências Humanas: interpretação do passado. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C; MADARI, B. E.; LIMA, H. N. WOODS, William I. (ed.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de Novas Áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 62-71.

YOUNG, A. Slope Profile Survey. **British Geomorphology Research Group**. Technical Bulletin, n. 11, 1974.

YOUNG, F. J; HAMMER, R. D. Defining Geographic Soil Bodies by Landscape Position, Soil Taxonomy, and Cluster Analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 989-998. 2000.

ZÊZERE, J. L. Dinâmica de vertentes e risco geomorfológico. **Centro de Estudos Geográficos**, Lisboa, Relatório n. 41, 128p. 2005. Disponível em: <http://edicoes-ceg.vitraldigital.com/publicacao.asp?id=381>. Acesso em: 30 jan. 2017.

ZÊZERE, J. L; PEREIRA, S; MELO, R; OLIVEIRA, S.C; GARCIA, R.A.C. Mapping landslide susceptibility using data-driven methods. **Science of the Total Environment**. v. 589, p. 250–267. 2017.

ZHOU, S; HUANG, Y; YU, B; WANG, G. Effects of human activities on the eco-environment in the middle Heihe River Basin based on an extended environmental Kuznets curve model. **Ecological Engineering**, v. 76, p. 14–26. 2005.

**APÊNDICE A - ANÁLISE QUÍMICA DO MATERIAL COLETADO DA VERTENTE
DO BAIRRO VILA NOVA**

Apêndice A - Análise Química da Vertente do Bairro Vila Nova





□	PTVN	PROF (cm)	pH em CaCl ₂	Ca (Cmol _e /dm ³)	Mg	Al	H+Al	C.org (g/dm ³)	MO	K (Cmol _e /dm ³)	P (mg/dm ³)	SB	CTC pH7	V (%)
1	P1	0-20	6.34	3.65	1.86	0.00	3.25	10.25	17.63	0.18	7.07	5.69	8.94	63.64
2		20-100	4.00	2.62	1.36	3.16	25.63	1.99	3.42	0.26	2.94	4.24	29.87	14.20
3		100-300	4.24	2.77	4.90	3.18	25.40	0.04	0.07	0.39	24.02	8.06	33.46	24.09
4	P2	0-20	5.84	16.48	17.76	0.00	2.39	2.77	4.76	0.29	51.10	34.53	36.92	93.53
5		20-100	6.04	19.72	18.60	0.00	1.62	0.04	0.07	0.32	362.30	38.64	40.26	95.98
6		100-300	7.77	31.72	19.08	0.00	1.06	0.04	0.07	0.21	460.50	51.01	52.07	97.96
7	P3	0-20	3.92	2.17	1.82	3.17	25.63	3.55	6.11	0.22	4.72	4.21	29.84	14.11
8		20-100	3.98	2.21	4.16	3.21	27.50	0.43	0.74	0.24	15.96	6.61	34.11	19.38
9		100-300	7.19	23.34	18.00	0.00	1.25	0.04	0.07	0.29	359.40	41.63	42.88	97.08
10	P4	0-20	6.89	25.18	15.44	0.00	1.33	1.99	3.42	0.33	319.50	40.95	42.28	96.85
11		20-100	7.54	30.48	13.92	0.00	1.16	0.04	0.07	0.23	647.40	44.63	45.79	97.47
12		100-300	7.67	23.64	19.84	0.00	1.15	0.04	0.07	0.27	364.90	43.75	44.90	97.44
13	P5	0-20	5.95	17.30	13.20	0.00	0.15	3.55	6.11	0.24	34.45	30.74	30.89	99.51
14		20-100	6.55	20.94	19.04	0.00	1.66	0.04	0.07	0.27	37.45	40.25	41.91	96.03
15		100-300	6.90	20.06	19.92	0.00	1.43	0.04	0.07	0.20	103.88	40.18	41.61	96.56
16	P6	0-20	6.4	12.90	8.14	0.00	2.09	2.42	4.16	0.24	11.29	21.28	23.37	91.05
17		20-100	4.21	6.12	15.8	3.17	22.85	4.32	7.43	0.24	11.11	22.16	45.01	49.23
18		100-300	7.60	24.30	15	0.00	1.09	0.04	0.07	0.27	264.44	39.57	40.66	97.32
19	P7	0-20	6.58	16.40	13.24	0.00	2.33	0.04	0.07	0.23	13.02	29.87	32.20	92.78
20		20-100	4.50	10.31	26.88	1.55	12.11	2.38	4.09	0.23	28.25	37.42	49.53	75.56
21		100-300	7.83	27.72	17.48	0.00	1.01	0.04	0.07	0.24	805.6	45.44	46.45	97.84
22	P8	0-20	5.83	18.82	15	0.00	2.24	3.97	6.83	0.29	44.50	34.11	36.35	93.83
23		20-100	7.52	38.92	6.78	0.00	1.08	0.04	0.07	0.15	35.82	45.85	46.93	97.70
24		100-300	6.74	81.92	22	0.00	1.20	0.04	0.07	0.27	104.19	104.19	105.39	98.86
25	P9	0-20	7.18	35.20	5.5	0.00	1.31	0.82	1.41	0.22	234.10	40.92	42.23	96.90
26		20-100	7.30	54.08	8.78	0.00	1.18	0.43	0.74	0.20	46.45	63.06	64.24	98.17
27		100-300	7.42	49.24	6	0.00	1.12	0.04	0.07	0.20	43.31	55.44	56.56	98.02

Fonte: Trabalho de Laboratório (Interpartner Ltda).




Nota: Fonte: Informações organizadas pelo autor.

ANEXOS

Anexo 1. Laudo nº 47




Laudo Nº 47/20				LABORATORIO INTERPARTNER															
Rua Barão Brasílio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84038-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uol.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																			
Solicitante: Frank Oliveira Arcos					Número de Amostras: 27														
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição					Data de Recebimento: 02/03/2020														
Município: Ponta Grossa - PR					Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57														
Controle Interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al		
nº.	nº.	cm		===== mmol/dm ³ =====										mg/dm ³			g/dm ³		%
76	1	P1 280-300	4,24	254,02	31,82	27,70	49,00	3,90	80,60	334,62	24,02	--	--	0,04	0,07	24,09	28,30		
77	2	P1 80-100	4,00	256,27	31,60	26,20	13,60	2,60	42,40	298,67	2,94	--	--	1,99	3,43	14,20	42,70		
78	3	P1 0-20	6,34	32,51	0,00	36,50	18,60	1,80	56,90	89,41	7,07	--	--	10,25	17,67	63,64	0,00		
79	4	P2 020	5,84	23,87	0,00	164,80	177,60	2,90	345,30	369,17	51,10	--	--	2,77	4,78	93,53	0,00		
80	5	P2 20-100	6,04	16,19	0,00	197,20	186,00	3,20	386,40	402,59	362,30	--	--	0,04	0,07	95,98	0,00		
<p>pH - CaCl2 0,01M H + Al - Acidez Total ou Potencial Ca, Mg, Al - KCl 1N K, Na - Mehlich CTC - Capacidade de Troca de Cátions P - Mehlich ou Resina C - Walkley e Black MO - Matéria Orgânica V - Índice de Saturação de Bases SB - Soma de Bases m Al - Índice de Sat. de Alumínio B - Água Quente Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA S - Cloreto de Bário FÍSICA - Pipeta</p>																			
Controle Interno	MICRO / OUTROS									FÍSICA									
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia								
nº.	mg/dm ³								mg/dm ³	uS/cm	%								
76	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
77	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
78	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
79	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
Detalhes: Am. 76: Am. 77: Am. 78: Am. 79: Am. 80:																			
Obs.: Este laudo tem signifição restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.																			
																			

Anexo 2. Laudo nº 48

Laudo Nº 48/20				LABORATORIO INTERPARTNER													
Rua Barão Brasílio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84038-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uol.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																	
Solicitante: Frank Oliveira Arcos					Número de Amostras: 27												
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição					Data de Recebimento: 02/03/2020												
Município: Ponta Grossa - PR					Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57												
Controle interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al
nº.	nº.	cm		===== mmol/dm ³ =====							mg/dm ³			g/dm ³		%	
81	6	P2 100-300	7,77	10,60	0,00	317,20	190,80	2,10	510,10	520,70	460,50	--	--	0,04	0,07	97,96	0,00
82	7	P3 100-300	7,19	12,53	0,00	233,40	180,00	2,90	416,30	428,83	359,40	--	--	0,04	0,07	97,08	0,00
83	8	P3 20-100	3,98	275,01	32,06	22,10	41,60	2,40	66,10	341,11	15,96	--	--	0,43	0,74	19,38	32,66
84	9	P3 0-20	3,92	256,27	31,70	21,70	18,20	2,20	42,10	298,37	4,72	--	--	3,55	6,12	14,11	42,95
85	10	P4 20-100	7,54	11,58	0,00	304,80	139,20	2,30	446,30	457,88	647,40	--	--	0,04	0,07	97,47	0,00
pH - CaCl2 0,01M		H + Al - Acidez Total ou Potencial		Ca, Mg, Al - KCl 1N		K, Na - Mehlich		SB - Soma de Bases		CTC - Capacidade de Troca de Cátions							
P - Mehlich ou Resina		C - Walkley e Black		MO - Matéria Orgânica		V - Índice de Saturação de Bases		m Al - Índice de Sat. de Alumínio									
B - Água Quente		Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA		S - Cloreto de Bário		FISICA - Pipeta											
Controle interno	MICRO / OUTROS								FÍSICA								
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia						
nº.	mg/dm ³							mg/dm ³	uS/cm	%							
81	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
83	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
84	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
85	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Detalhes: Am. 81: Am. 82: Am. 83: Am. 84: Am. 85:																	
Obs.: Este laudo tem significação restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.																	



Anexo 3. Laudo nº 49


Laudo Nº 49/20				LABORATORIO INTERPARTNER													
Rua Barão Brasílio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84036-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uol.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																	
Solicitante: Frank Oliveira Arcos					Número de Amostras: 27												
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição					Data de Recebimento: 02/03/2020												
Município: Ponta Grossa - PR					Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57												
Controle interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al
nº.	nº.	cm	===== mmol/dm ³ =====														
86	11	P4 100-300	7,67	11,48	0,00	236,40	198,40	2,70	437,50	448,98	364,90	--	--	0,04	0,07	97,44	0,00
87	12	P4 0-20	6,89	13,33	0,00	251,80	154,40	3,30	409,50	422,83	319,50	--	--	1,99	3,43	96,85	0,00
88	13	P5 0-20	5,95	1,52	0,00	173,00	132,00	2,40	307,40	308,92	34,45	--	--	3,55	6,12	99,51	0,00
89	14	P5 100-30	6,90	14,31	0,00	200,60	199,20	2,00	401,80	416,11	103,88	--	--	0,04	0,07	96,56	0,00
90	15	P5 20-100	6,55	16,62	0,00	209,40	190,40	2,70	402,50	419,12	37,45	--	--	0,04	0,07	96,03	0,00

pH - CaCl2 0,01M H + Al - Acidez Total ou Potencial Ca, Mg, Al - KCl 1N K, Na - Mehlich
P - Mehlich ou Resina C - Walkley e Black MO - Matéria Orgânica V - Índice de Saturação de Bases SB - Soma de Bases CTC - Capacidade de Troca de Cátions
B - Água Quente Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA S - Cloreto de Bário FISICA - Pipeta m Al - Índice de Sat. de Alumínio




Controle interno	MICRO / OUTROS								FÍSICA		
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia
nº.	mg/dm ³							mg/dm ³	%		
86	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
87	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
88	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Detalhes: Am. 86: Am. 87: Am. 88: Am. 89: Am. 90:

Obs.: Este laudo tem significação restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.






Anexo 4. Laudo nº 50

Laudo Nº 50/20				LABORATORIO INTERPARTNER													
Rua Barão Brasilio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84038-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uol.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																	
Solicitante: Frank Oliveira Arcos						Número de Amostras: 27											
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição						Data de Recebimento: 02/03/2020											
Município: Ponta Grossa - PR						Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57											
Controle interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al
nº.	nº.	cm	===== mmol/dm ³ =====														
			mg/dm ³											g/dm ³		%	
91	16	P6 0-20	6,38	20,91	0,00	129,00	81,40	2,40	212,80	233,71	11,29	--	--	2,42	4,17	91,05	0,00
92	17	P6 20-100	4,21	228,49	31,70	61,20	158,00	2,40	221,60	450,09	11,11	--	--	4,32	7,45	49,23	12,51
93	18	P6 100-300	7,60	10,88	0,00	243,00	150,00	2,70	395,70	406,58	2644,40	--	--	0,04	0,07	97,32	0,00
94	19	P7 100-300	7,83	10,05	0,00	277,20	174,80	2,40	454,40	464,45	805,60	--	--	0,04	0,07	97,84	0,00
95	20	P7 20-100	4,50	121,05	15,47	103,10	268,80	2,30	374,20	495,25	28,25	--	--	2,38	4,10	75,56	3,97
pH - CaCl2 0,01M		H + Al - Acidez Total ou Potencial			Ca, Mg, Al - KCl 1N			K, Na - Mehlich			SB - Soma de Bases			CTC - Capacidade de Troca de Cátions			
P - Mehlich ou Resina		C - Walkley e Black			MO - Matéria Orgânica			V - Índice de Saturação de Bases			m Al - Índice de Sat. de Alumínio						
B - Água Quente		Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA			S - Cloreto de Bário			FISICA - Pipeta									
Controle interno	MICRO / OUTROS								FÍSICA								
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia						
nº.	mg/dm ³							mg/dm ³	uS/cm	%							
91	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
92	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
93	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
94	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
95	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Detalhes: Am. 91: Am. 92: Am. 93: Am. 94: Am. 95:																	
Obs.: Este laudo tem significação restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.																	



Anexo 5. Laudo nº 51

Laudo Nº 51/20				LABORATORIO INTERPARTNER													
Rua Barão Brasílio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84036-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uol.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																	
Solicitante: Frank Oliveira Arcos					Número de Amostras: 27												
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição					Data de Recebimento: 02/03/2020												
Município: Ponta Grossa - PR					Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57												
Controle interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al
nº.	nº.	cm	===== mmol/dm ³ =====														
96	21	P7 0-20	6,58	23,25	0,00	164,00	132,40	2,30	298,70	321,95	13,02	--	--	0,04	0,07	92,78	0,00
97	22	P8 0-20	5,83	22,44	0,00	188,20	150,00	2,90	341,10	363,54	445,00	--	--	3,97	6,84	93,83	0,00
98	23	P8 100-300	6,74	11,99	0,00	819,20	220,00	2,70	1041,90	1053,89	13,77	--	--	0,04	0,07	98,86	0,00
99	24	P8 20-100	7,52	10,79	0,00	389,20	67,80	1,50	458,50	469,29	35,82	--	--	0,04	0,07	97,70	0,00
100	25	P9 100-300	7,42	11,18	0,00	492,40	60,00	2,00	554,40	565,58	43,31	--	--	0,04	0,07	98,02	0,00

pH - CaCl2 0,01M H + Al - Acidez Total ou Potencial Ca, Mg, Al - KCl 1N K, Na - Mehlich
P - Mehlich ou Resina C - Walkley e Black MO - Matéria Orgânica V - Índice de Saturação de Bases SB - Soma de Bases CTC - Capacidade de Troca de Cátions
B - Água Quente Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA S - Cloreto de Bário FISICA - Pipeta m Al - Índice de Sat. de Alumínio




Controle interno	MICRO / OUTROS								FÍSICA		
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia
	mg/dm ³							mg/dm ³	uS/cm	%	
96	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
97	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
98	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
99	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
100	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Detalhes: Am. 96: Am. 97: Am. 98: Am. 99: Am. 100:

Obs.: Este laudo tem significação restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.

Frank Oliveira Arcos

Anexo 6. Laudo nº 52

Laudo Nº 52/20				LABORATORIO INTERPARTNER															
Rua Barão Brasilio Machado, nº 25 - Oficinas CEP: 84038-570 - Ponta Grossa - PR Fone / Fax: (042) 3229-3111 E-mail: interpartner@uoi.com.br Site: http://www.interpartnerpg.com.br																			
Solicitante: Frank Oliveira Arcos					Número de Amostras: 27														
Endereço: Rua Ovelino Lopez Conceição					Data de Recebimento: 02/03/2020														
Município: Ponta Grossa - PR					Data de Análise: 10/03/2020 13:32:57														
Controle interno	talhão ou amostra	Profund. de coleta	pH	H + Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P Mehlich	P Rem	P Resina	C	MO	V	m Al		
nº.	nº.	cm			===== mmol/dm ³ =====										mg/dm ³		g/dm ³		%
101	26	P9 20-100	7,30	11,78	0,00	540,80	87,80	2,00	630,60	642,38	46,45	--	--	0,43	0,74	98,17	0,00		
102	27	P9 0-20	7,18	13,10	0,00	352,00	55,00	2,20	409,20	422,30	234,10	--	--	0,82	1,41	96,90	0,00		
<p>pH - CaCl2 0,01M H + Al - Acidez Total ou Potencial Ca, Mg, Al - KCl 1N K, Na - Mehlich V - Índice de Saturação de Bases SB - Soma de Bases CTC - Capacidade de Troca de Cátions</p> <p>P - Mehlich ou Resina C - Walkley e Black MO - Matéria Orgânica S - Cloreto de Bário FÍSICA - Pipeta m Al - Índice de Sat. de Alumínio</p> <p>B - Água Quente Zn, Cu, Mn, Fe - DTPA</p>																			
Controle interno	MICRO / OUTROS								FÍSICA										
	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Na	S	Condutividade	Argila	Silte	Areia								
nº.	mg/dm ³							mg/dm ³	uS/cm	%									
101	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
102	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
Detalhes: Am. 101: Am. 102:																			
Obs.: Este laudo tem significação restrita e refere-se exclusivamente a amostra recebida por este laboratório. Após 5 dias da entrega dos resultados as amostras serão inutilizadas.																			

