



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

RODRIGO MUNHOZ

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS LACUSTRES NO MUNICÍPIO DE BOA
VISTA, RORAIMA**

BOA VISTA

2020

RODRIGO MUNHOZ

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS LACUSTRES NO MUNICÍPIO DE BOA
VISTA, RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia, na linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler

BOA VISTA

2020

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

R696c Rodrigo Munhoz.
Caracterização de sistemas lacustres no Município de Boa Vista,
Roraima / Rodrigo Munhoz. – Boa Vista, 2020.

129 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.

1 – Lagos. 2 – Classificação por origem. 3 – Campos de paleo
dunas. 4 – Dunas. 5 – Serras Nova Olinda. I – Título. II – Sander,
Carlos (orientador). III – Wankler, Fábio Luiz (coorientador).

CDU – 556.55(811.4)

RODRIGO MUNHOZ

**CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS LACUSTRES NO MUNICÍPIO DE BOA
VISTA, RORAIMA**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima. Linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica. Defendida em 11 de agosto de 2020 e avaliada pela seguinte banca:



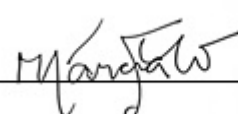
Prof. Dr. Carlos Sander – Orientador (UFRR)



Prof. Dr. Thiago Morato de Carvalho (UFRR)



Prof. Dr. Wellington Farias Araújo (UFRR)



Profa. Dra. Márcia Teixeira Falcão (UERR)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho somente foi concretizada pela garantia da alocação de recursos públicos para as políticas de ensino, pesquisa e extensão que as universidades públicas recebem por direito constitucional.

Assim sendo, agradeço à Universidade Federal de Roraima (UFRR) pela disponibilização de recursos e suporte para a realização da pesquisa.

Ao Laboratório de Informática do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG-GEO) pela disponibilização dos equipamentos e programas computacionais necessários aos trabalhos de geoprocessamento.

Ao Laboratório de Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos (LEHiS) e ao Núcleo de Pesquisa Energética (NUPENERG) pela cedência de suas estruturas e equipamentos para a realização das atividades laboratoriais.

Ao Prof. Dr. Carlos Sander, meu orientador, e ao Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler, coorientador, pelas orientações e por todo o suporte prestado à realização deste trabalho, inclusive os trabalhos de campo.

Ao Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior, do PPG-GEO, pela ajuda com os trabalhos de geoprocessamento.

Ao Prof. Dr. Jackson Douglas Silva da Paz do IGEO da UFRR pelo apoio nos trabalhos de campo.

À Prof.^a Dr.^a Márcia Teixeira Falcão da Universidade Estadual de Roraima (UERR) pela indicação de bibliografia.

À Professora Talita Suelen Carvalho Silva e ao colega Vítor Viriato Maia pela instrução e ajuda durante a realização das análises granulométricas.

Ao colega Juan Ramón Velásquez Serrano pela ajuda nos laboratórios.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Unidade Estadual de Roraima, na pessoa do gerente Rodrigo Porreca, e à Coordenação Geral do PARFOR/UERR (Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica da Universidade Estadual de Roraima), na pessoa da Prof.^a Dr.^a Sandra Kariny Saldanha de Oliveira, meus empregadores durante o período de realização desta pesquisa, pela compreensão, tolerância e apoio.

Finalmente aos meus pais Regina e Maurício pela ajuda direta prestada nos momentos de dificuldade durante a realização deste trabalho.

A todos meu muito obrigado!

RESUMO

Os campos do rio Branco, onde o município de Boa Vista está inserido, apresentam um vasto conjunto de lagos divididos em diferentes sistemas, fortemente influenciados pela sazonalidade do clima local e de grande beleza cênica. Este trabalho objetiva a caracterização dos diversos sistemas lacustres. Para tanto foram realizadas coletas de amostras de sedimentos do leito e a tomada de fotografias de quatro lagos localizados em diferentes sistemas, geoprocessamento e fotointerpretação de imagens Landsat 8, sendo uma do período úmido (que ocorre entre abril e setembro) e outra do período seco (que ocorre entre outubro e março), a construção de mapas, análises granulométricas dos sedimentos coletados e revisão bibliográfica de autores que analisaram diferentes sistemas dentro do município. Foram constatadas a presença de seis diferentes sistemas lacustres em Boa Vista e os lagos se apresentaram de quatro tipos segundo o critério de classificação por origem de suas depressões formadoras: tectônicos, eólicos, fluviais e orgânicos. Todos os sistemas estão assentados sobre a camada superior da Formação Boa Vista e apresentam sedimentos claros provenientes de rochas ácidas, condizentes com o material desta formação. Porém, os lagos do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri possuem também material laranja avermelhado, mal selecionado e concreções lateríticas, provenientes da alteração das rochas básicas do complexo. A maioria dos lagos está ainda orientado nos sentidos L-O ou NE-SO evidenciando controle estrutural e/ou influência dos ventos predominantes locais.

Palavras-chave: Lagos; Classificação por origem; campos de paleo dunas; Dunas; Serras Nova Olinda.

ABSTRACT

The fields of the Branco River, where the municipality of Boa Vista is located, have a vast set of lakes divided into different systems, strongly influenced by the seasonality of the local climate and of great scenic beauty. This work aims to characterize the different lake systems. For this purpose were realized sediment samples were collected from the bed and photographs were taken of four lakes located in different systems, geoprocessing and photo-interpretation of Landsat 8 images, one from the wet period (which occurs between April and September) and the other from the dry period (which occurs between October and March), the construction of maps, granulometric analyzes of the collected sediments and bibliographic review of authors who analyzed different systems within the municipality. The presence of six different lake systems in Boa Vista was found and the lakes were of four types according to the classification criterion by origin of their forming depressions: tectonic, wind, fluvial and organic. All systems are seated on the upper layer of the Boa Vista Formation and have clear sediments from acidic rocks, consistent with the material of this formation. However, the lakes of the Apoteri Volcanic Rock Complex also have reddish-orange material, poorly selected and lateritic concretions, resulting from the alteration of the basic rocks of the complex. Most lakes are still oriented in the L-O or NE-SO directions, showing structural control and / or influence of the prevailing local winds.

Keywords: Lakes; Classification by origin; Paleo-dune fields; Dunes; Nova Olinda mountain range.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica.....	22
Figura 2 - Fluxograma básico da dissertação.....	41
Figura 3 - Mapa com a espacialização das áreas amostradas.....	42
Figura 4 - Coleta de material com o trado manual no lago 4. Da esquerda para a direita em ... ambas as fotos estão os Professores Sander, Jackson Paz e Wankler do IGEO da UFRR.....	43
Figura 5 - Fluxograma básico do geoprocessamento.....	45
Figura 6 - Equipamentos utilizados na análise granulométrica: lavadora ultrassônica (A), centrífuga (B) e agitador mecânico (C).....	46
Figura 7 - Processo de lavagem e coação de amostra (etapa 1).....	47
Figura 8 - Versão do triângulo textural de Feret utilizado na análise granulométrica.....	48
Figura 9 - Fluxograma básico da análise granulométrica.....	49
Figura 10 - Mapa de Cobertura de Lagos e Unidades Geológicas no Município de Boa Vista - RR.....	52
Figura 11 - Escudo das Guianas e região rebaixada nos vales do rio Tacutu e alto rio Branco	53
Figura 12 - Direção e magnitude dos ventos na América do Sul no verão e no inverno do hemisfério norte.....	54
Figura 13 - Mapa de Cobertura de Lagos no Município de Boa Vista - RR - Estação úmida. .	56
Figura 14 - Mapa de Cobertura de Lagos no Município de Boa Vista - RR - Estação seca.....	57

Figura 15 - Baía seca com vegetação do leito queimada e acúmulo de cinzas junto ao sedimento no Lago 1 (Passarão). A: visão para leste; B: visão para norte-nordeste.	59
Figura 16 - Seção esquemática mostrando os principais elementos geológicos e geomorfológicos do terreno de Boa Vista e suas relações.....	61
Figura 17 - Mapa dos Sistemas Lacustres do Município de Boa Vista - RR.....	64
Figura 18 - Panorama de dois lagos do sistema I, mostrando o leito raso, as elevações suaves do entorno e a vegetação típica. Em A e B panoramas do lago 1 (Passarão) na estação seca. Em C panoramas de lago no Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul já no município de Alto Alegre, no período seco (esquerda) e no período úmido (direita).....	67
Figura 19 - Detalhes dos principais campos de paleo dunas existentes em Boa Vista, mostrando padrão ortogonal de orientação nos sentidos preferenciais NE-SO e NO-SE.....	68
Figura 20 - Ocupação e degradação de lagos no sistema lacustre do Campo de Paleo Dunas do Cauamé (Passarão). No retângulo amarelo represamento das cabeceiras do igarapé Água Boa do Bom Intento e conjunto de tanques em fazenda de piscicultura; no retângulo vermelho estradas em padrão quadriculado e plantações em área de ocupação recente avançando sobre lagos, que apresentam seus leitos dissecados em contraste com os demais (mais escuros).....	70
Figura 21 - Mapa do Lago 1 (Passarão) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o Campo de Paleo Dunas do Cauamé, a nordeste da cidade de Boa Vista.....	72
Figura 22 - Ficha técnica do Lago 1 (Passarão).....	73
Figura 23 - Formações características da geomorfologia do sistema II. Em A: dois exemplos de tesos (divisores de águas); em B: remanescentes erosionais; em C: formação geomorfológica cravejada de lateritos.....	75

Figura 24 - Lago na região noroeste de Boa Vista (sistema II) mostrando espelho d'água constante e vegetação mais desenvolvida no entorno. Da esquerda para a direita: dezembro de 2006; março de 2007; julho de 2007.....	77
Figura 25 - Perfil longitudinal do Campo de Dunas da Serra Grande, mostrando direcionamento concordante com os ventos predominantes e os lagos laminares longitudinais	78
Figura 26 - Aspecto da Serra Grande vista do topo do campo de dunas, a nordeste do mesmo. Entre os dois encontra-se o rio Branco, oculto na foto.....	79
Figura 27 - Panorama do Lago do Tuiuiú, na borda sul do Campo de Dunas da Serra Grande, com destaque para a elevação das dunas ao fundo.....	80
Figura 28 - Aspectos de lagos do campo de dunas ao final da estação seca. Em A: lago laminar no topo do campo de dunas; em B: Lago do Navio, próximo à borda sudeste. O lago central apresenta ainda uma reduzida lâmina d'água. O lago limítrofe apresenta um volume maior, talvez devido à sua altimetria.....	81
Figura 29 - Mapa do Lago 2 (Dunas) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o Campo de Dunas da Serra Grande, no extremo sul do município de Boa Vista.....	82
Figura 30 - Ficha técnica do Lago 2 (Dunas).....	83
Figura 31 - Aspectos do Lago 2 (Dunas) e entorno ao final da estação seca. Em A: a bacia oriental, maior e mais profunda; em B: a bacia ocidental mostrando um mínimo espelho d'água, com a bacia oriental oculta ao fundo.....	84
Figura 32 - Aspecto das Serras Nova Olinda, ao norte da cidade Boa Vista.....	86
Figura 33 - Panorama (visão para norte) do Lago 3 (Campus Cauamê) ao final da estação seca, mostrando a presença de espelho d'água permanente, grande povoamento de macrófitas, vegetação mais desenvolvida na margem oriental e margens mais elevadas a montante.....	89

Figura 34 - Mapa do Lago 3 (Campus Cauamé) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o conjunto das Serras Nova Olinda, ao norte da cidade de Boa Vista.....	90
Figura 35 - Ficha técnica do Lago 3 (Campus Cauamé).....	91
Figura 36 - Exemplos de lagos de inundação da planície de várzea em imagens do final da estação úmida (set. 2018). Em A: lago no rio Uraricoera na altura da rodovia RR-319 (Passarão); em B: lago em curva do rio Tacutu (São Marcos); em C: conjunto lacustre no rio Surumu (extremo nordeste do município).....	94
Figura 37 - Alguns tipos de lagos fluviais encontrados no município de Boa Vista. Em A: lago de canal abandonado no rio Uraricoera; em B: lago de meandro abandonado (meia-lua) no rio Surumu; em C: lagos de acreção longitudinal em ilha do rio Uraricoera; em D: lagos em depressões remanescentes da planície de várzea, apresentando formatos elipsoidais, no baixo rio Mucajaí.....	95
Figura 38 - Lago profundo de águas semitranslúcidas e com margens abruptas, mostrando solo e vegetação de mata ciliar bem desenvolvidos na várzea do rio Cauamé, em região atrás do Pátio Roraima Shopping, no limite norte do perímetro urbano. Em A: panorama do lago; em B: destaque da margem.....	96
Figura 39 - Aspectos da planície do baixo rio Cauamé. Em A: panorama do leito na estação vazante, mostrando os bancos de areia, o acúmulo de blocos e matacões ao pé do barranco erodido ao fundo e as areias brancas do terraço marginal; em B: blocos e matacões laterizados despencados e cascalho na margem do rio.....	96
Figura 40 - Panoramas do baixo rio Cauamé, no extremo leste da cidade, ao final da estação seca, mostrando os bancos de areia e as praias, paisagens muito apreciadas para lazer pela população de Boa Vista. Em A: visão a partir de banco no leito do rio; em B: vista de curva do rio a partir do terraço marginal.....	97
Figura 41 - Mapa do Lago 4 (Caçari II) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando parte da várzea do baixo rio Cauamé, no extremo leste da cidade de Boa Vista.....	98

Figura 42 - Ficha técnica do Lago 4 (Caçari II).....	99
Figura 43 - Panorama do lago 4 a partir da margem leste, mostrando o formato sub-retangular e a mata ciliar.....	100
Figura 44 - Afloramento do lençol freático no lago 4 mesmo no final da estação seca (mai. 2019), mantendo a lâmina d'água.....	101
Figura 45 - Remanescentes de canais existentes nas extremidades do lago. Em A: remanescente na margem NO (montante); em B: remanescente na margem SE (jusante).....	102
Figura 46 - Posição dos pontos de retirada de amostras de sedimentos no lago 4. O Professor Jackson Paz do IGEO da UFRR aparece na foto.....	103
Figura 47 - Exemplos de lagos artificiais em Boa Vista. Imagens do final da estação seca (mar. 2019) demonstrando a capacidade de retenção de água destes corpos. Em A: conjunto de tanques em foz de igarapé junto ao rio Uraricoera no norte do município; em B: represa próxima à foz de igarapé junto ao rio Cauamé, no Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul, divisa entre Boa Vista e Alto Alegre; em C: represa e conjunto de tanques em fazenda de piscicultura na cabeceira do igarapé Água Boa do Bom Intento, dentro do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, região do Passarão; em D e E: lagos de represamento na região vulcânica das Serras Nova Olinda, próximos ao Campus Cauamé da UFRR; em F: pequeno açude em braço de igarapé em fazenda no noroeste do município.....	105
Figura 48 - Comparativo dos sistemas lacustres de Boa Vista.....	110

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	APRESENTAÇÃO.....	21
1.2	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
1.3	OBJETIVOS.....	24
1.3.1	Objetivo geral	24
1.3.2	Objetivos específicos	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	GÊNESE E DINÂMICA DE AMBIENTES MAL DRENADOS.....	25
2.2	TIPOS DE AMBIENTES MAL DRENADOS.....	28
2.3	LAGOS: GÊNESE, CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS.....	29
2.4	TECTÔNICA E LAGOS.....	32
2.5	SAZONALIDADE E LAGOS.....	33
2.6	LOCAIS.....	35
2.7	PERFIS ESTRATIGRÁFICOS E CARACTERÍSTICAS FACIOLÓGICAS.....	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	TRABALHOS DE CAMPO.....	41
3.2	GEOPROCESSAMENTO.....	43
3.3	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	46
3.4	ELABORAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO.....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1	CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE BOA VISTA.....	51
4.2	LAGOS E SISTEMAS LACUSTRES DE BOA VISTA.....	55
4.2.1	Sistema I - Lagos coalescentes de paleo dunas (eólicos)	65
4.2.1.1	Lago 1 (Passarão).....	70
4.2.2	Sistema II - Lagos independentes (tectônicos)	74
4.2.3	Sistema III - Lagos do Campo de Dunas da Serra Grande (eólicos)	77
4.2.3.1	Lago 2 (Dunas).....	81
4.2.4	Sistema IV - Lagos das áreas abaciadas do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri (tectônicos)	85
4.2.4.1	Lago 3 (Campus Cauamé).....	88
4.2.5	Sistema V - Lagos fluviais das planícies aluvionares (fluviais)	93
4.2.5.1	Lago 4 (Caçari II).....	97

4.2.6	Sistema VI - Lagos artificiais (orgânicos)	104
4.3	ANÁLISE	105
5	CONCLUSÕES	111
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICES	121
	APÊNDICE A - Resultados das análises laboratoriais e respectivas curvas granulométricas.....	121
	APÊNDICE B - Imagens do município de Boa Vista nas estações úmida e seca....	128

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O tema deste trabalho é o estudo de alguns lagos e dos sistemas lacustres existentes no município de Boa Vista. Eles apresentam conjuntos e formas próprios, além de comportamentos sazonais característicos que importam na formação de diferentes regiões e relações humanas com estes corpos dentro do município.

Seu estudo é importante pela necessidade de ampliação do conhecimento científico da região de lavrado (denominação regional para a vegetação nativa local semelhante ao cerrado), um ecossistema único, que vem crescendo nas últimas décadas, desde a criação do Estado de Roraima e das universidades e institutos locais. Também através do entendimento de sua origem e comportamento podem-se embasar políticas de ocupação e uso do solo e/ou de conservação ambiental, preservação de fontes de água e desenvolvimento sustentável.

Objetiva-se determinar e caracterizar os diferentes sistemas lacustres existentes no município de Boa Vista. Isto é feito através da identificação dos diferentes sistemas, determinação de suas principais características, formas e comportamentos e, então, da criação de uma classificação. Observando-se imagens de sensoriamento remoto e revisando-se a bibliografia notam-se diferentes disposições de lagos assentados sobre diferentes tipos de solos, com variações geomorfológicas e de vegetação. A hipótese é que estas condições apontam a existência de diferentes sistemas lacustres, de acordo com a forma de aglomeração, os formatos, o material do leito e o tipo de vegetação do entorno dos lagos.

Esta dissertação se apresenta em uma estrutura formada por seções que contemplam as diversas informações sobre a origem da geomorfologia do território de Boa Vista, dos lagos e suas características principais, além de seções específicas sobre cada lago amostrado.

A pesquisa foi realizada através da amostragem de 4 lagos de diferentes sistemas lacustres via trabalhos de campo, tomada de fotografias de panorama dos lagos e seu entorno, fotointerpretação de imagens de sensoriamento remoto Landsat 8 e geoprocessamento, análise granulométrica em laboratório pelo método aquoso e revisão bibliográfica de pesquisadores que estudaram a região.

É feita uma caracterização da geologia/geomorfologia do território onde se localiza Boa Vista de modo a levar ao entendimento de como se formaram as condições que

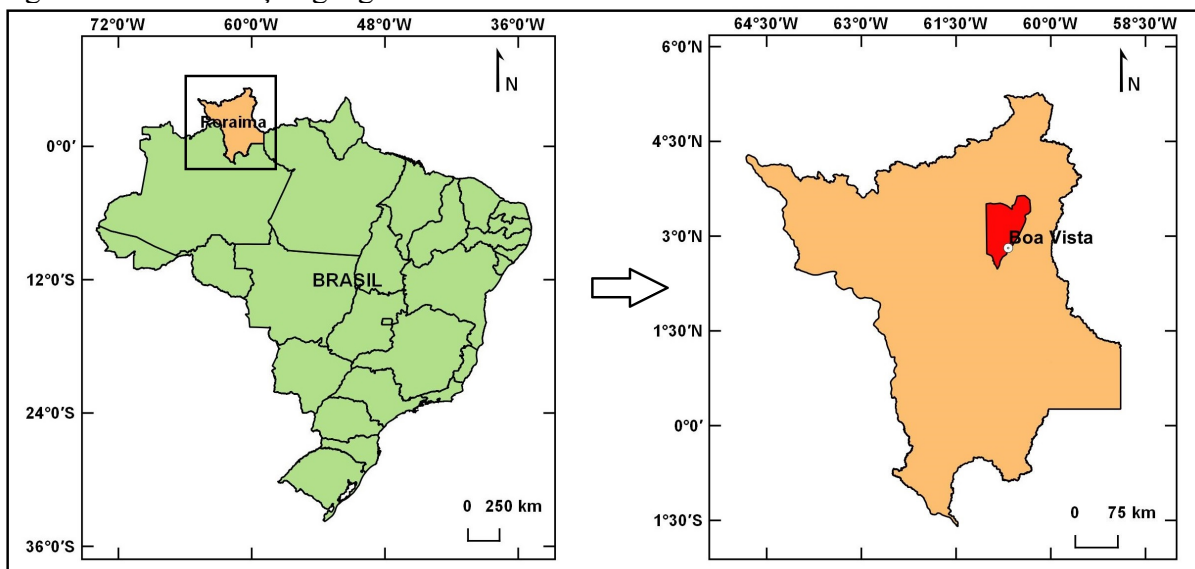
permitiram a criação das bacias que deram origem aos lagos. Em seguida são identificados e descritos de modo geral os diferentes sistemas lacustres existentes na área de estudo. Na sequência cada sistema é descrito e analisado separadamente, bem como cada lago amostrado em subseção incluída dentro de seu sistema.

Finalmente, apresenta-se as conclusões da pesquisa com a descrição sucinta da origem dos mesmos, sua classificação e observações e sugestões para a conservação e novos estudos destes belos elementos geográficos existentes na planície de Boa Vista.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Boa Vista situa-se nas Regiões Geográficas Intermediária e Imediata homólogas (IBGE, 2017), dentro da região de vegetação de lavrado, semelhante ao cerrado. O território municipal possui 5.687,037 Km² (IBGE, 2018) e encontra-se localizado integralmente no hemisfério norte (figura 1). A sede municipal está instalada na margem direita do rio Branco, o maior rio do estado de Roraima.

Figura 1 - Localização geográfica



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2018).

O território localiza-se sobre a camada geológica da Formação Boa Vista. Esta é constituída de sedimentos predominantemente arenosos, inconsolidados, mal selecionados, com argilas arenosas e níveis de cascalhos intercalados. Ela recobre discordantemente o

embasamento formado pelo Complexo Guianense, a Formação Surumu e intrusivas afins, o Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri e a Formação Tacutu, sendo considerada pleistocênica, possivelmente estendendo-se até o plioceno. A geologia local conta ainda com a presença de inselbergs de origem ígnea e metamórfica provenientes das camadas geológicas do embasamento da cobertura sedimentar (RORAIMA, 1994, 2002).

A capital está inserida na unidade geomorfológica Depressão Boa Vista. Apresenta relevos planos elaborados sobre a Formação Boa Vista e suavemente ondulados sobre as áreas afetadas pelo embasamento cristalino, formando pequenas elevações de topo suave e arredondado que recebem a denominação de “tesos”. No meio da paisagem plana se destacam os relevos residuais do tipo “inselberg” citados acima (AB’SABER, 1997; IBGE, 2005a; RORAIMA, 1994).

Os solos predominantes na área do município são o latossolo amarelo, concrecionários lateríticos e areias quartzosas nas áreas de relevo plano ou suavemente ondulado e as lateritas e areias quartzosas hidromórficas nas áreas de relevos planos com algumas depressões. Estes solos foram formados sob o clima tipicamente tropical e com alto nível de intemperismo químico característico da região (RORAIMA, 1994).

Boa Vista está inserida na bacia do alto rio Branco e sua hidrografia é composta por parte das bacias de drenagem dos baixos rios Uraricoera e Tacutu, formadores do rio Branco, nas regiões norte e leste, e pelas bacias dos rios Cauamé, Mucajá e Igarapés maiores no restante da área. O interior do município é marcado ainda por uma extensa rede de pequenos igarapés e lagos, muitas vezes interligados (SANDER, 2015).

O clima de Boa Vista é do tipo Aw – tropical com inverno seco de acordo com a classificação de Köppen. A normal de chuva no município situa-se em torno de 1800 milímetros mal distribuídos ao longo do ano. O inverno é acentuadamente seco, tendo pelo menos um mês com índice pluviométrico inferior à 50 milímetros. As temperaturas são elevadas o ano todo, com valores de máximas que oscilam entre 30° e 32°C e mínimas entre 20° à 22°C, e o tempo apresenta alto nível de insolação. Entretanto, a rede hidrográfica do município sofre influência também do clima do tipo Am – tropical de monções existente na porção ocidental da bacia do alto rio Branco que apresenta uma estação seca muito mais curta e maior índice pluviométrico (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

A vegetação local é constituída basicamente por lavrados (cerrados) cortados por

florestas de galeria ou por buritizais. Devido ao longo período de estiagem estabelece-se a vegetação de lavrado, que em seguida é mantida pelo fogo e pela compactação do solo. Além disso, o solo do lavrado apresenta uma camada endurecida e impermeável que impede a penetração de raízes durante o período do inverno chuvoso.

Os lavrados boa-vistenses distinguem-se em arbóreo nas áreas de transição, como por exemplo, próximo ao rio Mucajaí, arbóreo aberto, tipo parque (o mais comum no território municipal) e o graminoso. As duas principais espécies arbóreas locais são a vistosa Jacarandá (*Bowdichia virgiloides*) e a espécie típica e de folha áspera Caimbé (*Curatella americana*).

Dentro dos campos ocorre ainda a vegetação de galeria nos solos permanentemente úmidos ao longo dos cursos d'água. Nos cursos de água mais estreitos ocorrem os característicos buritizais compostos por filetes da palmeira Buriti (*Mauritia flexuosa*). A paisagem de campos e/ou parques cortados por buritizais é típica dessa região do estado de Roraima (IBGE, 2005b; RORAIMA, 1994; VELOSO et al., 1975).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Caracterizar os sistemas lacustres do município de Boa Vista – RR a partir da gênese geológica e geomorfológica.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os sistemas lacustres;
- b) Classificar a morfologia dos sistemas lacustres;
- c) Tipificar os sistemas lacustres conforme a gênese geológica, geomorfológica e observações meteorológicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GÊNESE E DINÂMICA DE AMBIENTES MAL DRENADOS

Ambientes mal drenados são os ambientes planos que, devido à sua pouca inclinação e/ou baixa altitude relativa, têm a tendência de acumular água e sedimentos em seu interior. O acúmulo se dá principalmente a partir do aporte de água pela precipitação e escoamento superficial e a dificuldade de escoamento dessa água para fora da região. No Brasil, o ambiente deste tipo mais importante é o pantanal mato-grossense. A região pediplanada de Roraima (área de lavrado) também é outro exemplo, além dos campos de dunas e mangues costeiros.

Os ambientes planos podem ter origem variada, porém, segundo Bigarella (2003) a tendência atual é relacioná-los a processos de degradação lateral da paisagem (peneplanos). A formação desses peneplanos se dá a partir da existência de um planalto anterior (fonte de detritos) e a abertura de uma fenda, a qual gradativamente se ampliará por erosão lateral com recuo das encostas e se tornará a bacia de acumulação.

Essa fenda ou conjunto de fendas originais podem se formar por erosão do material original (formando vales iniciais) ou por reativação tectônica. No caso de reativação tectônica, uma área pode sofrer elevação, enquanto a região adjacente pode sofrer o processo de subsidência por distensão crustal. Assim sendo, o escoamento superficial começa a drenar a região mais alta (fonte de detritos) e levar a água e os sedimentos para a região rebaixada, onde os mesmos se acumulam, formando a planície.

A acumulação dos sedimentos na região mais baixa gradativamente preenche a bacia e dificulta cada vez mais a drenagem. Esta, ao tentar vencer o acúmulo de sedimentos e percorrer seu caminho, acaba por migrar constantemente de canal ou meandrar, distribuindo os sedimentos por toda a bacia. Conforme Assine (2005) esse tipo de processo está em pleno andamento no mega leque do rio Taquari, no pantanal mato-grossense, considerado o maior leque aluvial do mundo. O rio Taquari drena uma área de platôs dissecados de arenitos da bacia do Paraná, a montante da cidade de Coxim, no Estado de Mato Grosso do Sul, e ao entrar na planície do Pantanal se espraia distribuindo os sedimentos por toda a região. Acaba por assorear seus próprios canais e ao tentar reequilibrar sua drenagem provoca rompimentos marginais (crevasses) nos diques sedimentares previamente depositados, gradativamente

desviando o fluxo para novos canais ou retomando canais abandonados e espalhando sedimentos por todo o seu leque.

Ainda sobre a origem do Pantanal mato-grossense Souza e Souza (2010) apresentam a teoria dos refúgios como a mais aceita para explicar sua gênese. Segundo ela, quando ainda não existia a bacia do alto rio Paraguai a região do entorno era uma área de acumulação de sedimentos. Em seguida esforços tensionais provocados por elevações de blocos da plataforma brasileira devido à orogênese dos Andes promoveram uma desestabilização tectônica, causando dobramentos e falhamentos. Na fase final houve um abatimento diferenciado dos blocos da região e posterior erosão do entorno para formar a atual bacia sedimentar.

Sobre a região pediplanada de Roraima, Schaefer e Vale Júnior (1997) informam que originalmente as partes mais altas do escudo das Guianas foram desde muito tempo terras emersas e tiveram um longo período livre de grandes eventos tectônicos, criando uma extensa área sujeita à erosão. Durante o período do supercontinente Gondwana (Juro-Cretáceo, entre 208 e 65 milhões de anos antes do presente aproximadamente) toda esta área, assim como a maior parte do supercontinente, esteve sujeita a climas áridos. Gerou-se assim uma extensa superfície aplainada e sedimentar – a camada geológica (arenitos) conhecida hoje como Grupo Roraima, do qual o Monte Roraima e seus montes irmãos são remanescentes.

Com a fragmentação do Gondwana e o início da abertura do novo oceano Atlântico houve um processo de distensão na parte norte da placa sul-americana. Essa distensão provocou o rebaixamento de um alto estrutural existente na localidade da bacia do rio Tacutu, criando uma fossa tectônica em sentido predominante de nordeste-sudoeste: o Gráben do Tacutu. Associados a esse dano causado à crosta ocorreram derrames basálticos na região que podem ser observados em alguns afloramentos (RORAIMA, 2002; SANDER, 2015; SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

Em consequência dessa abertura iniciou-se o acúmulo de sedimentos do Grupo Roraima, o maior fornecedor do material arenoso existente em toda a região do nordeste de Roraima e Guiana. Com o passar do tempo, o gráben foi preenchido pelos sedimentos erodidos e o desgaste das escarpas desse antigo planalto criou a extensa planície, com baixas altitudes (entre aproximadamente 80 e 200 metros) onde hoje todo o lavrado de Roraima e o município de Boa Vista estão localizados (AB'SABER, 2002; REIS, FARIA e MAIA, 2001; SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

Ao mesmo tempo, essa evolução geológica e morfológica do relevo da porção nordeste de Roraima interferiu no sistema de drenagem da bacia do alto rio Branco. Na porção central do estado existem cadeias de serras pertencentes aos Planaltos Residuais de Roraima que, formando uma linha próxima do sentido noroeste-sudeste, formam o paleo divisor do Amazonas/proto-Berbice (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

O divisor em questão isolava o alto rio Branco da bacia Amazônica e, a partir disso, pode se depreender que a drenagem da região corria no sentido dos rios da Guiana, notadamente o ancestral do rio Berbice atual, e desaguava no atual mar do Caribe. Com a retomada de climas úmidos, a umidade vinda da Amazônia erodia a face meridional das serras do paleo divisor até que houve a abertura da passagem e o alto rio Branco foi capturado pela drenagem mais eficiente da bacia do rio Negro (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

Ainda conforme Nascimento, Salgado e Gomes (2019), Sander et al. (2008), Scalabrin, Wankler e Menezes (2019) e Schaefer e Vale Júnior (1997) essa hipótese é suportada principalmente pelo fato de os tributários do alto rio Branco correrem inicialmente no sentido norte-nordeste e depois realizarem uma curva acentuada no sentido sul-sudoeste na direção do rio Branco, evidenciando a captura da drenagem.

O clima da Terra e o nível dos oceanos foram afetados pelos períodos glaciais e interglaciais do Quaternário, ocorridos entre os últimos 1,8 milhão e 10 mil anos antes do presente. Durante as glaciações o clima em geral se tornava mais seco e, principalmente no Gondwana e Escudo das Guianas, se tornava árido. Ao mesmo tempo, o nível do mar baixava devido ao acúmulo de gelo nas calotas polares e nas geleiras em geral. Durante os períodos interglaciais ocorria o inverso, retornando os climas úmidos na região onde hoje está Roraima e subindo o nível dos oceanos, que já estiveram em níveis mais altos do que os atuais (REIS, FARIA e MAIA, 2001; SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

Esses fatores combinados e aliados à enorme superfície plana do lavrado roraimense/guianense, somados à ligação da drenagem com o mar do Caribe, num trajeto muito mais curto do que o atual via bacia Amazônica, combinados ainda a uma soma de alta pluviosidade, dificuldade de drenagem da área plana, baixa altitude relativa da mesma e represamento na foz dos rios devido ao aumento do nível do mar, podem ter gerado um acúmulo de água em toda esta planície, formando uma região alagadiça semelhante ao Pantanal mato-grossense atual (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

As bacias de inundação por sua vez são depressões da planície de inundação,

algumas vezes preenchidas com água, outras vezes pantanosas (BIGARELLA, 2003; SANDER, 2015). Se formam entre meandros ou feixes de canais de rios que se encontram topograficamente um pouco mais altos e são áreas planas de drenagem pobre. São ambientes formados pela evolução do rio e dispõem-se paralelamente aos cursos de água, sendo mais longas do que largas e aumentando em número na direção da foz. Além de sistemas interiores podem se formar em regiões costeiras onde se juntam vários rios. As várzeas também são partes integrantes dos plainos aluviais. São formadas pela erosão lateral dos rios e com sua evolução passam a formar as planícies de inundação. Estão sujeitas à dinâmica fluvial dos cursos de água, como épocas de cheias e vazantes, transbordamentos, abandono de meandros, crevasses, entre outros.

Leques aluviais são depósitos de acumulação de sedimentos fluviais em uma planície no sopé de um relevo acidentado, com formato semelhante a um segmento de cone e com padrão de drenagem radial divergente (BIGARELLA, 2003; SANDER, 2015). Se formam a partir da erosão e acúmulo dos sedimentos trazidos pelo rio, que ao se espriar e perder força na entrada da planície permite a sedimentação do material, os mais pesados na base do leque e os mais leves nos lobos frontais. Dependendo do clima e da inclinação, podem dar origem a ambientes mal drenados, tais como o próprio mega leque do Taquari no Pantanal e o delta do Okavango em Botswana, na África.

2.2 TIPOS DE AMBIENTES MAL DRENADOS

Ambientes mal drenados são, de modo geral, bacias ou áreas baixas onde se acumulam sedimentos e ocorre dificuldade para o escoamento da água. As vezes pode ocorrer ainda um afloramento rochoso transversal (soleira) que ajude a retardar ainda mais o fluxo da água na direção da foz da bacia. Esse evento ocorre, por exemplo, na parte sul do Pantanal, nas localidades de Amolar, Fecho do Morro e Porto da Manga, segundo Souza e Souza (2010).

Os tipos de ambientes mal drenados mais comuns no Brasil são as planícies de inundação (bacias de inundação/várzeas), os mangues, os pântanos e as planícies de erosão/sedimentação.

As planícies de inundação já foram citadas no subcapítulo anterior e ocorrem em grande escala no rio Amazonas, por exemplo, com sua quantidade gigantesca de lagos

marginais.

Os mangues são terrenos baixos junto à costa, sujeitos à inundação provocada pelo represamento dos rios pela elevação das marés e pelas próprias marés. São grandes ambientes de acumulação de sedimentos (GUERRA, 1993).

Pântanos, por sua vez, são terrenos planos, constituindo baixadas inundadas também próximos aos rios. O maior complexo deste tipo no Brasil trata-se do próprio Pantanal mato-grossense e é formado por um complexo não só de pequenos pântanos, mas inclui também vastas áreas de várzeas e bacias de inundação, além de leques aluviais conforme citado acima.

Por fim as planícies de erosão/sedimentação são áreas planas formadas por subsidência de blocos da crosta e/ou erosão lateral das vertentes, preenchidas e planificadas pelo acúmulo de sedimentos em seu interior. Estes sedimentos podem ser alocados por transporte fluvial (Pantanal, por exemplo), por transporte eólico (exemplo: lençóis maranhenses) ou por ambos, conjuntamente ou alternadamente (como possivelmente ocorre nos lavrados de Roraima, por exemplo) (SANDER, 2015).

2.3 LAGOS: GÊNESE, CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS ENVOLVIDOS

Lagos são depressões do solo causadas por motivos diversos e preenchidas por águas confinadas, mais ou menos calmas dependendo da sua localização (GUERRA, 1993). Sua origem depende da causa da formação da depressão e do relevo do entorno. De acordo com sua origem eles podem ser classificados, segundo Tundisi e Tundisi (2008) nos seguintes tipos: tectônicos, vulcânicos, glaciais, solúveis, fluviais, eólicos, orgânicos (represamentos criados por seres vivos, inclusive o Homem), deslizamentos, costeiros, meteoríticos ou por uma combinação destes processos.

Ademais, ainda conforme Tundisi e Tundisi (2008), os lagos e os ambientes alagadiços apresentam um ciclo de vida curto do ponto de vista do tempo geológico e a sua evolução e desaparecimento podem ser alvo de prognóstico. A maioria dos lagos existentes no mundo foram formados nos últimos dez mil anos e muitos, senão a maioria, estão ligados aos processos de erosão glacial referentes à última glaciação. Por isso mesmo, o hemisfério norte do planeta apresenta a maior contagem destes corpos de águas interiores, pois possui a maior quantidade de terras continentais que foram afetadas pelo avanço das geleiras deste período.

De acordo com a classificação por origem os processos envolvidos na gênese e nas

características dos lagos são variados. Dentre os principais estão os movimentos tectônicos, tais como dobramentos, soerguimentos e subsidências formando bacias fechadas na região. Erosão por atrito (gelo, vento, água corrente) e por solução (carste) e sedimentação (rios, planícies e leques aluviais, deposição marinha e deposição orgânica) também são importantes processos envolvidos na geração de áreas favoráveis à formação de lagos e pântanos (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Além destes processos podemos destacar ainda os impactos ou explosões (meteoritos, bombas, vulcões) responsáveis por abrir depressões no solo. Os eventos de movimentos de massa capazes de bloquear vales e/ou abrir depressões na encosta atrás de si, geralmente associados a precipitações intensas ou outra forma de desestabilização das encostas também são processos importantes na formação de áreas inundadas. E os processos de represamento de vales e tributários. Esses represamentos podem ser naturais, com a deposição de sedimentos, ou artificiais, feitos por seres vivos (represas) (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A morfologia dos lagos relaciona-se com a sua origem e varia com o tempo. Desse modo, a forma dos mesmos pode ser utilizada como característica de classificação por origem. Conforme o tempo passa, as margens podem evoluir. Quanto mais próxima da forma circular, menor o índice de desenvolvimento da margem. Por outro lado, quanto maior o número de recortes e reentrâncias nas margens, maior o índice de desenvolvimento. Os lagos formados por represas em vales, por exemplo, podem apresentar um padrão dendrítico, com vários “braços”, reentrâncias, formadas nas antigas desembocaduras dos rios tributários do canal principal represado. São lagos com alto índice de desenvolvimento da margem (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Conforme Costa et al. (2007) os ambientes lacustres no Brasil são classificados em lagos de origem fluvial, eólica, desenvolvidos sobre crosta laterítica (crosta praticamente impermeável formada por intemperismo e lixiviação de alguns tipos de rochas sob clima úmido) e olhos d'água, além dos lagos costeiros. Convertendo estes tipos para a classificação apresentada por Tundisi e Tundisi (2008) temos os ambientes de origem tectônica (crosta laterítica e olhos d'água), eólicos, fluviais e costeiros, sendo que os fluviais são a ampla maioria dos lagos existentes no interior do Brasil.

Dessa forma, em âmbito geral temos principalmente os seguintes tipos de lagos no território nacional: tectônicos, solúveis (regiões com subsolo calcário), fluviais, eólicos,

orgânicos e costeiros.

No contexto de Roraima, mais precisamente no município de Boa Vista, os estudos sobre lagos apresentam a ligação destes com a evolução geológica da região. Segundo Latrubesse e Nelson (2001) os lagos do lavrado na região de Boa Vista foram formados por processo eólico. Este processo se desenvolveu durante a última glaciação (no Pleistoceno, entre 110 e 10 mil anos antes do presente), quando a região nordeste de Roraima esteve submetida a um clima mais seco e ventoso, de modo que o vento mais forte predominantemente de nordeste transportou a areia acumulada em bancos de rios na região das Guianas para essa área, formando um campo de dunas.

Este campo de dunas apresentava as cristas e depressões características deste tipo de ambiente. Com o fim da glaciação há 10 mil anos antes do presente, houve o retorno de um clima mais úmido. A umidade e a vegetação associada fixaram as dunas e a erosão dos últimos milênios desgastou suas antigas cristas, formando um relevo mais plano e de elevações modestas entre diversas depressões do terreno. Essas depressões capturam a água das chuvas e também atingem o lençol freático, aflorando a água e formando os inúmeros lagos típicos da região. Esta hipótese é reforçada pelo trabalho de Schaefer e Vale Júnior (1997) que trata da evolução climática e geomorfológica do estado de Roraima.

Por outro lado Meneses, Costa e Costa (2007) fizeram um estudo em alguns lagos da região oeste da cidade de Boa Vista e, realizando análises granulométricas e morfológicas nos sedimentos amostrados, concluíram se tratar do mesmo material do entorno e não haver evidências de transporte eólico, discordando da afirmação de Latrubesse e Nelson. Identifica também estes lagos como “lagos de olhos d’água” devido à interceptação sazonal do lençol freático pelas depressões existentes e pelo preenchimento de algumas delas por nascentes próximas ou em seu leito (olhos d’água).

Por sua vez Reis Neto e Costa (2010) fizeram um trabalho de mapeamento das unidades geomorfológicas presentes na bacia do rio Cauamé, a qual tem parte considerável dentro do município de Boa Vista. Eles detectaram a presença dos inúmeros lagos e avaliaram que a existência dos mesmos deve estar ligada a dificuldades de escoamento devido à baixa declividade da região. Ainda observaram a presença de crostas lateríticas que impermeabilizaram o terreno e funcionam como camada mantenedora. Esse processo dificulta a percolação da água no solo e o encaixamento da drenagem, justificando sua conservação na superfície.

Pinheiro (2007), em seu trabalho realizado em duas áreas de estudo na região de Boa Vista, constatou que os lagos locais apresentam formato circular, subcircular e sub-retangular. Essas formas variam conforme a proximidade dos corpos lacustres com a drenagem, sendo circulares os lagos isolados da rede. Averiguou também que nas duas áreas estudadas os sistemas lacustres pareciam ter uma distribuição direcionada no sentido aproximado de falhas geológicas existentes na região.

Além deste tipo principal de lagos observa-se no município a existência de lagos fluviais nas várzeas dos principais rios e também pequenos lagos e/ou tanques artificiais, criados pelo Homem para a reservação de água a ser aproveitada no período de estiagem.

2.4 TECTÔNICA E LAGOS

A tectônica está fortemente ligada à formação de lagos e ambientes alagadiços pois ela altera a superfície da Terra, criando rugosidades e imperfeições. Estas imperfeições geradas podem ser tanto a criação de áreas elevadas, como a criação de áreas rebaixadas. Frequentemente gera dobramentos com ambas as situações. Além disso, cria fraturamentos e soerguimentos capazes de abrir caminho para os processos erosivos formadores de superfícies de pediplanação conforme já explicado acima (TEIXEIRA et al., 2009; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A tectônica é responsável pela criação de relevo e os demais processos de moldagem da superfície passam a agir após a formação desse relevo jovem. Grandes lagos podem ser formados diretamente sobre uma fenda tectônica como, por exemplo, o lago Baikal na Rússia, que se formou a partir do preenchimento pela água e sedimentos de uma grande fossa tectônica, esta formada a partir de processos relacionados à colisão das placas tectônicas Eurasiática e Indo-Australiana e ao soerguimento dos Himalaias. Também os grandes lagos africanos de forma alongada foram formados em fendas abertas pelo processo de distensão da placa Africana naquela porção leste do continente (TEIXEIRA et al., 2009).

Outros lagos podem se formar sobre dobramentos e soerguimentos que acabam gerando uma bacia fechada onde a água pode se acumular. É o caso do lago Titicaca na Bolívia, por exemplo, formado sobre os Andes.

Outrossim os movimentos tectônicos atuam favorecendo o fraturamento de alguns blocos ou o soerguimento/subsidência de outros blocos da crosta, gerando as condições

necessárias para o aprofundamento dos processos erosivos e a abertura de planícies de acumulação, onde os rios acumulam os sedimentos e podem meandrar, transbordar ou criar crevasses que acabam por espalhar a água por extensas áreas planas, gerando pântanos e lagos, como no exemplo do Pantanal ou áreas pediplanadas como o lavrado de Roraima (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997; SOUZA e SOUZA, 2010).

Os movimentos das placas tectônicas também atuam na formação de áreas alagadiças através do rompimento das massas continentais, quebrando as camadas geológicas subjacentes e permitindo a erosão regressiva de suas encostas. Isso forma as planícies costeiras, onde pode-se observar a formação de lagoas costeiras, mangues e outras formas de ambientes alagadiços/lacustres. Durante o rompimento do supercontinente do Gondwana ocorreu esse processo nos litorais brasileiro e africano, nos quais se pode verificar uma semelhança entre as camadas geológicas e uma simetria entre as encostas erodidas nos dois continentes (HORN FILHO et al., 2015).

As zonas de contato entre as placas e os “pontos quentes” do manto são regiões favoráveis a formação de vulcões, caldeiras e derrames (TEIXEIRA et al., 2009). Estes itens são potenciais agentes formadores de lagos e ambientes alagadiços através dos processos de formação de cones vulcânicos onde podem se formar lagos de cratera. Também podem causar a formação de lagos de caldeira nas depressões criadas após o desabamento do teto de caldeiras esvaziadas e inativas. Por fim, os derrames magmáticos também podem bloquear vales e formar lagos por represamento (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Na região pediplanada de Roraima os processos tectônicos estão diretamente ligados à formação da planície que contém os ambientes alagadiços/lacustres atuais. Dobramentos e derrames causados por reativação tectônica nessa região criaram elementos importantes como o Gráben do Tacutu e o divisor do Amazonas/proto-Berbice. Esses elementos aliados ao processo erosivo das camadas do antigo planalto, às variações climáticas e às transgressões marinhas trabalharam na formação dessa superfície, conforme já explicado acima (AB'SABER, 2002; REIS, FARIA e MAIA, 2001; RORAIMA, 2002; SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

2.5 SAZONALIDADE E LAGOS

Os ambientes alagadiços e lacustres são influenciados pelo clima regional. O seu

balanço hídrico é dependente da precipitação e do nível de radiação solar incidente na região. São abastecidos pelo escoamento superficial e pela elevação do lençol freático. Por outro lado perdem água também pelo escoamento e pela evaporação. Quanto maior a precipitação, maior a entrada. Quanto maior a radiação solar e o período de seca, maior a perda por evaporação, escoamento e rebaixamento do lençol freático (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Nas regiões subglaciais, os lagos passam parte do ano com a superfície congelada. Isso os protege da variação de temperatura do ar e da entrada de sedimentos. Nas regiões tropicais, devido ao alto nível de insolação, as águas tendem a ser estratificadas, tanto mais quanto maior a profundidade. Em regiões áridas e semiáridas os lagos podem secar completamente no período de estiagem, tornando a se encherem novamente no período das chuvas anuais (HORN FILHO et al., 2015; SUGUIO, 2003).

A principal influência do clima e das estações é sobre o nível de água presente nos ambientes lacustres. No período úmido os mesmos tendem a subir de nível e podem ocorrer transbordamentos. No período seco o nível baixa e pode ocorrer o secamento em alguns locais. Da mesma forma, o clima regional interfere nos tipos de lagos existentes no local. Em regiões úmidas ocorrem grandes lagos de inundação, frequentemente transbordantes e interligantes, como por exemplo ao longo do rio Amazonas ou no Pantanal. Em regiões áridas geralmente ocorrem grandes lagos salgados e sazonais, decorrentes do acúmulo dos sais abandonados pela evaporação das águas nos períodos secos. Como exemplos temos os grandes lagos salgados e sazonais da Austrália e do sudoeste dos Estados Unidos (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Os sedimentos depositados nos lagos e ambientes alagadiços também são influenciados pelo clima e pelas estações. O tipo de sedimento transportado e a frequência de deposição são dependentes da erosão, transporte e acesso ao lago promovidos pela precipitação, escoamento, congelamento e pelos ventos. Conforme descrito acima, em lagos onde há congelamento sazonal de sua superfície a deposição ocorre em camadas temporalmente espaçadas. O mesmo pode ocorrer em regiões onde existem ventos sazonais que transportam sedimentos finos sobre o lago. Por sua vez, lagos fluviais sujeitos a transbordamentos recebem influxos de sedimentos das águas do rio invasor e do rompimento dos próprios diques deposicionais marginais (SUGUIO, 2003).

O município de Boa Vista está localizado totalmente dentro da região de lavrado (cerrado) de Roraima e apresenta o mesmo tipo de relevo e clima em toda a sua extensão. O

relevo é majoritariamente plano e com suaves elevações do terreno circundando depressões circulares e/ou elipsoidais (os lagos e veredas) e os pequenos igarapés que as drenam (RORAIMA, 1994).

O clima atual da região pediplanada onde se encontra o município de Boa Vista é caracterizado em dois tipos. Um clima tipo Am (tropical úmido ou subúmido) que apresenta uma pequena estação seca, na porção ocidental da bacia do alto rio Branco e que pode influir na área de estudo devido ao volume de água que fornece para a região através das drenagens superficial e subterrânea. O outro tipo de clima, que abrange todo o município, é do tipo Aw (tropical com inverno seco) e que apresenta uma longa estação seca (EMBRAPA, 2018; EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; SANDER, WANKLER e CARVALHO, 2018).

A atuação desses climas sobre o sistema hídrico da área pediplanada tem forte influência nos ambientes alagadiços/lacustres localizados na área de estudo. Os lagos dependem tanto da drenagem superficial quanto do escoamento subsuperficial. O escoamento na superfície diminui consideravelmente durante a estação de estiagem. Já o abastecimento pelo lençol freático tem grande importância durante o ano, tanto pelo afloramento nos leitos lacustres quanto pelo abastecimento de lagos e igarapés através das nascentes (olhos d'água) (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008; MENESES, COSTA e COSTA, 2007; PINHEIRO, 2007).

2.6 LOCAIS

Os lagos no mundo e no Brasil distribuem-se de acordo com os relevos e climas (atuais e pretéritos) regionais. Como já citado, os ambientes alagadiços/lacustres têm um ciclo de vida curto do ponto de vista geológico. Desse modo a maioria dos ambientes deste tipo existentes atualmente surgiram na/ou desde a última glaciação. Os lagos tectônicos podem apresentar um período de vida bem mais longo (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Segundo levantamento feito por Meybeck (1995, apud TUNDISI e TUNDISI, 2008), os lagos documentados no mundo distribuem-se por origem da seguinte forma: tectônica 35,6%, glacial 49,7%, fluvial 8,7%, de cratera 0,1%, lagoas costeiras 2,4% e mistos 3,5%. Dentre os lagos fluviais 91,6% são lagos de várzeas, enquanto 8,4% são lagos formados em deltas. Além disso eles se distribuem conforme as condições climáticas e geológicas globais.

Os lagos glaciais estão concentrados quase totalmente no hemisfério norte, pois este foi o hemisfério onde as terras emersas foram afetadas pela última glaciação. Encontram-se em grande quantidade na América do Norte (arco de grandes lagos) e na Escandinávia.

Eles se formaram devido às diversas ações promovidas pelas antigas geleiras. O alargamento de antigos vales pelo avanço do gelo ou mesmo a erosão do embasamento devido ao atrito provocado pelo avanço e recuo das geleiras gerou depressões que se transformaram em lagos atuais como, por exemplo, os lagos Superior e Michigan-Huron, na fronteira Canadá-Estados Unidos ou os lagos Finger, no estado de Nova Iorque, Estados Unidos.

Outro tipo de lagos glaciais são os lagos de ésker, formados a montante de paredes arenosas criadas por fluxos de rios subglaciais que se formam devido ao degelo por debaixo das geleiras, assoreando os túneis e deixando “muros” arenosos no terreno (éskeres) quando a geleira desaparece. Como exemplo de lago de ésker temos o lago Cat no Canadá.

Podem também ser formados por blocos de gelo enterrados que se quebram e separam do corpo principal da geleira quando a mesma recua. O bloco que fica para trás, geralmente bem enterrado devido a séculos de sedimentação no entorno da geleira, começa a derreter lentamente por causa do isolamento térmico da parte enterrada do gelo e forma ao final um lago geralmente arredondado e muitas vezes bem profundo. Um exemplo é o lago Deep Pond, no estado de Nova Iorque, Estados Unidos.

Represas de gelo também formam grandes lagos devido ao barramento de vales ou planícies por braços da geleira. Quando a quantidade de água no interior da represa atinge níveis críticos e/ou a geleira enfraquece, a pressão da água força o gelo para cima (pois este é menos denso do que a água líquida) e quebra a barragem, provocando inundações catastróficas a jusante por causa do esvaziamento repentino do lago. Exemplos de antigos lagos de represa glacial que se romperam e causaram profundos impactos na geomorfologia regional são os lagos ancestrais Missoula, em Montana, Estados Unidos, e Agassiz, um megalago ancestral que existiu sobre a região central da América do Norte durante a última glaciação.

Os antigos lagos provavelmente formados nas glaciações anteriores já não existem mais graças ao ciclo de vida efêmero desses ambientes. Devido a estes fatores os lagos glaciais são a maioria dos lagos existentes atualmente, considerando os ciclos de vida de alguns milênios (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Lagos tectônicos se localizam majoritariamente em regiões onde existem

movimentos tectônicos como as áreas de encontro de placas tectônicas e as áreas sob efeito de dobramentos ou distensões intra placa. Encontram-se em grande quantidade nas regiões da Ásia central (lagos residuais) provenientes do fechamento do antigo mar de Tétis, no entorno ou no topo de cordilheiras como os Andes, os Himalaias ou as Rochosas e em vales de subsidência, como o grande vale da Fenda na África oriental (SUGUIO, 2003; TEIXEIRA et al., 2009; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Podem se formar também sobre regiões de embasamento muito antigo e intemperizado ao longo do tempo, como a Austrália, que concentra uma grande quantidade de lagos endorreicos e a região alagadiça do delta do Okavango, em Botswana, na parte sul da África. Os lagos tectônicos são os lagos mais antigos que se tem registro, atingindo a marca de dezenas de milhões de anos. O lago Eyre na Austrália tem idade estimada entre 20 e 50 milhões de anos antes do presente. Já o lago Baikal na Rússia e o Tanganica na África têm idade estimada em 20 milhões de anos antes do presente (MEYBECK, 1995 apud TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Lagos de deslizamento geralmente se localizam em vales onde um terremoto ou outro evento de deslizamento catastrófico obstruiu o leito de um rio, formando uma represa natural. Sua distribuição depende do tipo de relevo, da atividade tectônica e do nível de precipitação da região. As represas formadas podem não ser estáveis e se romper no próximo evento que vier a ocorrer. Geralmente são lagos muito jovens, com a idade de décadas ou séculos (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Lagos vulcânicos dependem da existência dos vulcões, que por sua vez estão ligados aos limites de placas e aos pontos quentes existentes no manto. Logo sua distribuição ao redor do globo está atrelada aos complexos vulcânicos. O lago Crater, no Óregon, Estados Unidos e o lago de Fogo, em Açores, Portugal, são exemplos de lagos vulcânicos, de cratera e de caldeira respectivamente. Não existem no Brasil na atualidade e têm idade média estimada em alguns milênios (SUGUIO, 2003; TEIXEIRA et al., 2009; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Crateras de impacto ou de explosões também podem formar lagos. Porém, sua localização e idade é aleatória, dependendo do local e da época onde ocorreu o evento formador. Bosumtwi, em Gana, e Chagan, no Cazaquistão, são exemplos de lagos de cratera de impacto e de explosão de arma nuclear respectivamente.

Os lagos de impacto tem idade média acima de 1 milhão de anos. Esse dado provavelmente tem relação com algum período do sistema solar que favorecia a presença de

objetos próximos a Terra e à própria evolução da atmosfera terrestre, que ainda não apresentava as condições atuais e a capacidade de “defender” a superfície de colisões (SUGUIO, 2003; TEIXEIRA et al., 2009; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Bacias lacustres de solução são depressões formadas por dissolução de rochas calcárias em regiões cujo embasamento apresenta este tipo de rocha (carste). Um exemplo é o lago dos Irerês, no centro da cidade de João Pessoa, Paraíba.

Um tipo de lago típico das terras baixas e repletas de turfeiras dos Países Baixos são os lagos formados e ampliados descontroladamente por erosão das margens extremamente frágeis em eventos de enchentes ou tempestades. Na cultura popular daquele país este tipo de fenômeno é chamado de “Lobo das Águas”, ou seja, é a erosão voraz das margens de um lago pelas águas agitadas, havendo registro inclusive de vilas inteiras que desapareceram engolidas pela expansão dos lagos.

Durante as fortes tempestades provenientes do Mar do Norte, os vendavais agitam as águas que, ao bater com força contra as margens formadas por turfeiras frágeis, erode repentinamente o terreno circundante ampliando os lagos. Exemplos de lagos desse tipo são o antigo lago Flevo, mapeado pelos romanos em 34 a.C., porém, que se transformou no golfo de Zuiderzee e atualmente é o lago IJssel, isolado do mar por um dique. Outro exemplo era o antigo lago-mar de Haarlem, cujo “Lobo das Águas” chegou a ameaçar até os arredores das cidades de Leiden e Amsterdã no início do século XIX. Atualmente foi dissecado artificialmente e se tornou uma imensa planície agricultável (TONGE, 1982).

Os lagos fluviais concentram-se nas regiões de grandes rios ou complexos de rios e preferencialmente em regiões de climas úmidos. Eles se concentram nas várzeas ou deltas dos rios e estão ligados às avulsões dos canais ou aos transbordamentos nas épocas de cheias. Se formam nas regiões de bacias planas e geralmente no baixo curso dos rios, onde a inclinação já é mínima e há grande concentração de sedimentos. A idade média estimada desses ambientes é de poucos milênios. Grandes exemplos de complexos de lagos fluviais são os lagos da bacia Amazônica, do Pantanal mato-grossense e os lagos do rio Mississípi nos Estados Unidos (SUGUIO, 2003; TEIXEIRA et al., 2009; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Lagos eólicos se formam por processos de deflação provocada pelos ventos a barlavento de dunas eólicas ou por ação de ventos helicoidais ascendentes que transportam sedimentos leves, criando depressões por deflação. Um exemplo clássico são os lagos interdunas dos Lençóis Maranhenses (TEIXEIRA et al., 2009).

Em Roraima encontram-se majoritariamente os complexos de lagos do lavrado, que apresentam o formato circular ou elipsoidal característico na região e os lagos fluviais de várzeas (PINHEIRO, 2007). Logo os ambientes alagadiços/lacustres do estado e da área de estudo têm possivelmente idades inferiores à última glaciação. E o complexo de lagos do lavrado pode ser de origem eólica, conforme Latrubesse e Nelson (2001), ou de origem tectônica, conforme Meneses, Costa e Costa (2007).

2.7 PERFIS ESTRATIGRÁFICOS E CARACTERÍSTICAS FACIOLÓGICAS

Os lagos são receptores de material transportado pela água da drenagem superficial e de material transportado pelo vento por sobre o mesmo. Além da matéria orgânica acumulada pelos organismos vivos do próprio lago ou vinda do exterior. Esses materiais sedimentam-se no fundo do lago, formando perfis estratigráficos (fácies). As características desses perfis ajudam a entender a formação e a história vital do lago em si (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A formação dos perfis está condicionada à entrada de sedimentos no leito e à acumulação ou não de matéria orgânica. As condições dessa entrada podem variar conforme o clima e o tipo de geologia da região. Além disso, a mudança de tipos de sedimentos orgânicos pode contar a história da evolução do clima naquela região, pois os diferentes tipos de seres vivos estão adaptados a cada tipo de clima (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Em regiões de clima subglacial, o congelamento da superfície interrompe a entrada de sedimentos no leito, formando uma sucessão de camadas indicativas das deposições sazonais. O aumento da irradiação solar e o aquecimento permitem a conversão do carbono acumulado nos sedimentos e a liberação de gás carbônico e metano. Já em regiões de climas quentes, a estratificação contínua e o aquecimento, principalmente se associados a processos de eutrofização, favorecem a explosão de algas e bactérias tóxicas (HORN FILHO et al., 2015; KINTISCH, 2015).

Nas áreas desérticas e semidesérticas ocorre o acúmulo de sais e a formação de crostas, devido ao constante processo de entrada de água trazendo sedimentos e a evaporação característica dessas regiões. Ao evaporar a água quebra a ligação química que tinha com essas substâncias e as deixa para trás, provocando a salinização do leito. Uma vez seco, esse leito se torna terreno estéril (SUGUIO, 2003).

O tipo de material encontrado no perfil varia conforme o tipo de rocha originária e o tamanho de grão. Dependendo do tipo de rocha que foi erodida e está representada na fácies pode se verificar a história da geologia e da geomorfologia regional. Pelo tipo e tamanho dos grãos pode-se averiguar os tipos de forças empregadas no transporte dos mesmos. Se foi uma drenagem fraca, uma típica de enchentes ou se foi transporte eólico (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A sucessão das diversas fácies mostra a evolução daquele ambiente no passar do tempo, sendo as mais antigas no embasamento e as mais recentes no topo (superfície do leito). Camadas intermediárias de espessura mínima podem representar um evento importante e rápido no tempo. Fragmentos grandes caídos no meio das camadas podem indicar a ocorrência de eventos climáticos importantes na história do lago (SUGUIO, 2003; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

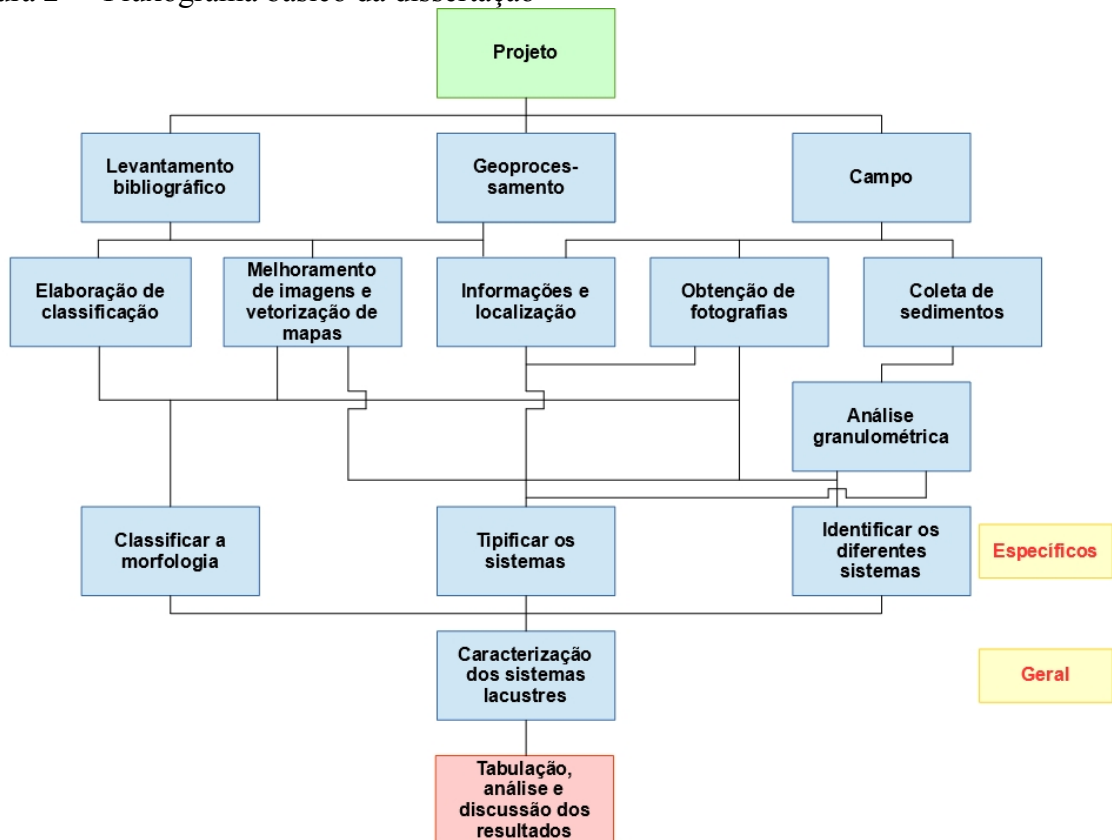
Camadas de sedimentos muito finos do tipo silte e argila são característicos de ambientes sujeitos a ao menos um período de águas calmas, onde é possível esse material leve decantar até o fundo. Sedimentos mais grossos do tipo areia podem ser transportados por drenagem forte ou já estarem presentes no leito, sendo submersos pela entrada da água ou elevação do lençol freático – hipótese sugerida por Meneses, Costa e Costa (2007) para os lagos do entorno de Boa Vista.

Seixos pingados longe das margens podem indicar transporte por gelo que um dia possa ter existido sobre o lago ou queda a partir de terrenos altos circundantes. Material fino também pode indicar transporte pelo vento, que lança material dentro da água ao passar sobre o corpo lacustre. Após o final do ciclo de vida do lago e o seu eventual soterramento, essas camadas podem vir a formar rochas sedimentares, como é o caso de varvitos e ardósias, muito usadas atualmente como pavimentos e rochas decorativas (HORN FILHO et al., 2015).

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa consistiram na realização de trabalhos de campo, geoprocessamento de imagens de sensoriamento remoto, análise granulométrica e revisão bibliográfica. Abaixo o fluxograma básico da dissertação (figura 2).

Figura 2 - Fluxograma básico da dissertação

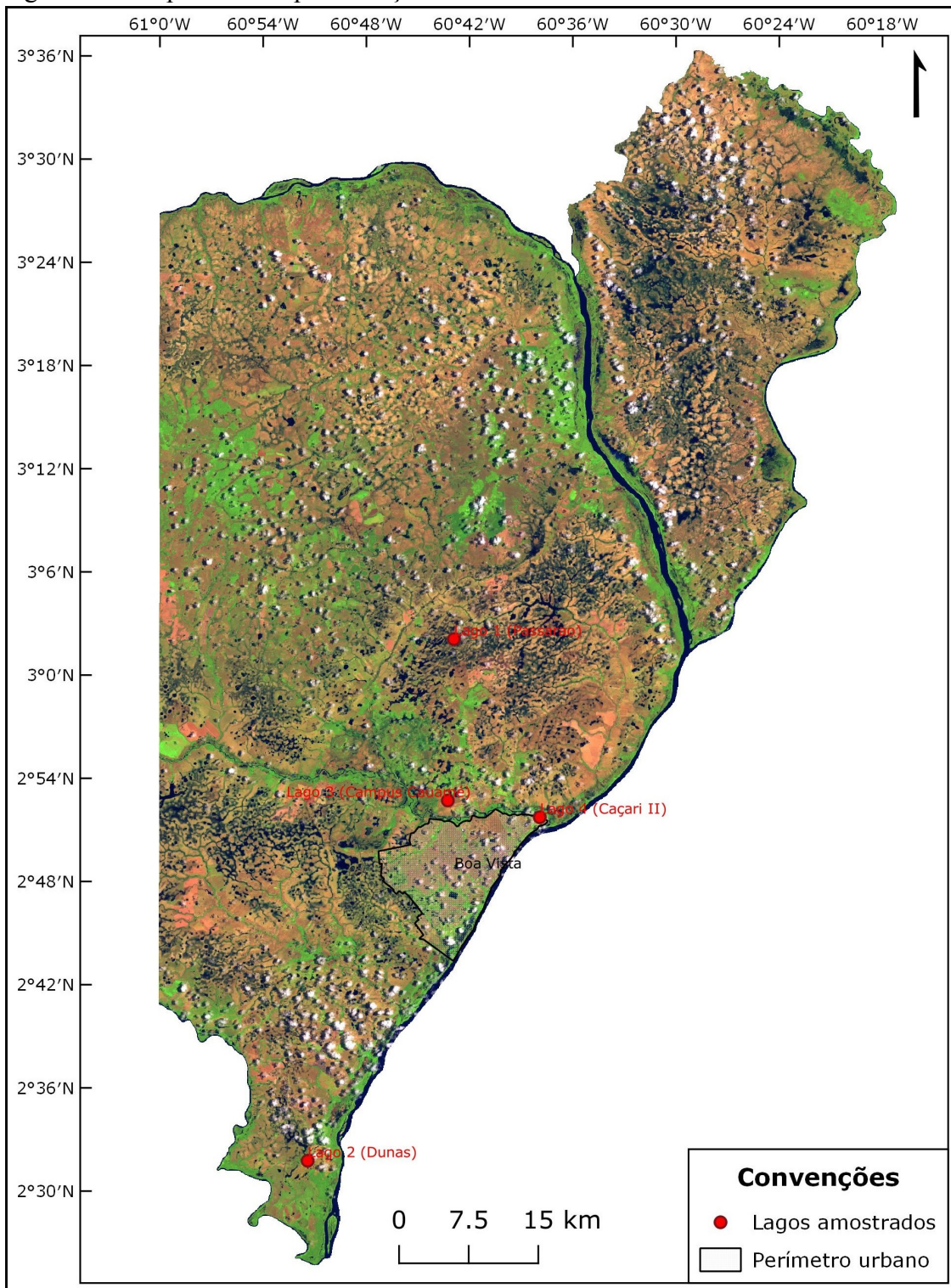


Elaboração: Rodrigo Munhoz (2018-2020).

3.1 TRABALHOS DE CAMPO

Foram realizadas visitas à quatro lagos previamente selecionados de acordo com o critério de distribuição pelos diferentes sistemas lacustres existentes em Boa Vista (figura 3). Essas visitas aconteceram no final da estação seca para aproveitar a oportunidade de coletar material de parte do leito seco dos lagos para a realização de posterior análise granulométrica.

Figura 3 - Mapa com a espacialização das áreas amostradas



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Os trabalhos consistiram na retirada de amostras de material sedimentar do leito dos lagos com trado manual, em intervalos médios entre 10 à 20 cm, até a profundidade onde foi

possível a retirada do material com esse equipamento (figura 4). O limite foi sempre o alcance do nível freático, pois, uma vez atingido esse nível, o material se tornava liquefeito e não permitia mais a sua retirada com o trado simples.

Figura 4 - Coleta de material com o trado manual no lago 4. Da esquerda para a direita em ambas as fotos estão os Professores Sander, Jackson Paz e Wankler do IGEO da UFRR



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

No lago 1 foi possível fazer a retirada de material de apenas um ponto. Já nos lagos 2, 3 e 4 foi necessária a retirada de material de dois pontos, devido ao fato de o ponto inicial escolhido, mais próximo à linha d'água remanescente, se tornar saturado pelo lençol freático em profundidade muito pequena e impossibilitar a retirada de material. Assim, em cada um foi escolhido outro ponto alguns metros mais próximo da margem para a continuação da coleta. No lago 2, localizado no Campo de Dunas da Serra Grande, foi retirada também uma amostra extra de superfície num terceiro ponto, acima da margem do lago, para observação direta da areia das dunas.

No campo foi realizada ainda a tomada de fotografias com câmera digital dos lagos e seus arredores para apoio nas análises da paisagem e descrição da geomorfologia do entorno.

3.2 GEOPROCESSAMENTO

A partir de imagens de sensoriamento remoto obtidas pelo satélite Landsat 8, do Serviço Geológico dos Estados Unidos, foi realizado o geoprocessamento e a

fotointerpretação das imagens referentes ao território do município de Boa Vista.

Para a realização deste trabalho foram obtidas duas imagens: uma do dia 10/09/2018 referente ao final da estação úmida; outra do dia 21/03/2019 referente ao final da estação seca. Foram obtidas ambas para efeito de comparação da cobertura de espelhos d'água e melhor observação dos sistemas lacustres nas diferentes estações do ano em Boa Vista. Os pacotes de imagens foram baixados na página Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos, onde os produtos Landsat são disponibilizados gratuitamente.

Em seguida as bandas 2 à 8 do pacote foram processadas no Laboratório de Informática do PPG-GEO utilizando-se o programa SPRING versão 5.4.3 para melhoria da qualidade de visualização e realçamento dos alvos de observação.

O primeiro processo foi a realização da correção atmosférica das bandas selecionadas através de processo baseado no método de subtração de objeto escuro desenvolvido por Chavez (1988), para minimizar a difração da radiação eletromagnética provocada por partículas atmosféricas. Em seguida foi realizado o procedimento de obtenção das imagens de reflectância de cada banda, para reduzir o efeito da reflectância estratosférica no topo da atmosfera (albedo planetário) e remover o efeito cosseno do ângulo solar zenital provocado pela diferença de tempo entre a aquisição dos dados. Para tanto foi utilizado um algoritmo específico que foi carregado na ferramenta “LEGAL” do menu “Análise” do SPRING.

Finalmente no SPRING foi criado o mosaico com a junção das sete bandas selecionadas, a composição colorida RGB na ordem 6R5G2B – a qual se mostrou mais adequada para a visualização de espelhos d'água e áreas úmidas – e a exportação da imagem final em formato .tif para uso no Sistema de Informações Geográficas Quantum GIS.

Na sequência foi utilizado o programa Quantum GIS Desktop versão 3.10.2 – A Coruña para o corte da área de estudo, classificação, vetorização de objetos geográficos e composição dos mapas para impressão.

As imagens Landsat tratam-se de um quadrilátero com grande resolução, portanto, é necessário o recorte da área de estudo. O município de Boa Vista encontra-se dentro de um único quadrilátero Landsat, sendo assim não foi necessário fazer o mosaico com a junção de diversos quadrantes.

Com base na bibliografia foram determinados os limites municipais de Boa Vista, em sua maioria baseados na rede de drenagem, e em seguida vetorizado um polígono sobre a imagem que foi usado como camada máscara para o programa realizar o recorte na imagem

base. A partir de então foram vetorizados os objetos geográficos necessários.

Foi realizada a classificação semiautomática através do Semi-Automatic Classification Plug-In (SCP) que foi baixado e instalado na aplicação utilizada. O processo consistiu na criação de uma camada de treinamento denominada “classes” na qual foram selecionados manualmente grupos de pixels nas imagens que representassem espelhos d'água, áreas úmidas e vegetação e o restante das coberturas.

Infelizmente a maioria dos igarapés da região de lavrado, com seus filetes de água pequenos, rasos e muitas vezes cobertos de vegetação, não apresentam espelhos d'água consideráveis o suficiente para serem distinguidos na imagem pelo programa. Portanto, foram indicadas ao aplicativo as áreas de vegetação com a mesma classificação de áreas úmidas. Dessa forma, considerando que a região apresenta vegetação aberta de lavrado e uma estação seca prolongada, propiciando a manutenção de uma vegetação mais verde e densa justamente ao longo dos cursos de água e áreas úmidas, foi possível criar na imagem classificada uma visualização razoável da maioria dos ramos de drenagem do território (figuras 13 e 14).

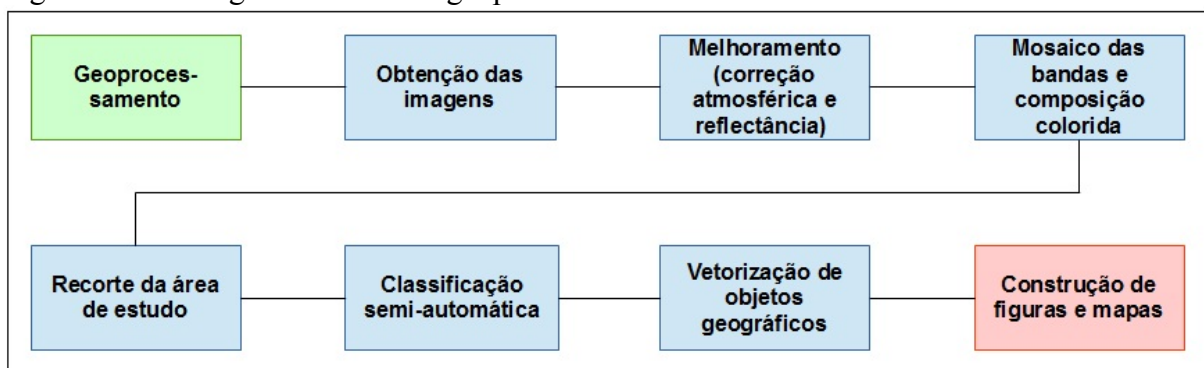
Assim, utilizando o compositor de impressão do Quantum GIS, foram criados os mapas ilustrativos desta pesquisa. As fichas técnicas dos lagos amostrados também foram produzidas utilizando-se essa ferramenta disponível do programa de geoprocessamento.

Os perfis topográficos foram criados no programa Google Earth Pro, em Windows 7.

As adaptações, alterações, montagens e demais complementações simples nas figuras foram feitas utilizando Paint, o editor de imagens padrão do Windows.

A seguir o fluxograma básico dos procedimentos de geoprocessamento (figura 5).

Figura 5 - Fluxograma básico do geoprocessamento



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

3.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Após os trabalhos de campo foram realizadas as análises granulométricas no Laboratório de Sedimentologia do Núcleo de Pesquisa Energética da Universidade Federal de Roraima. O procedimento realizado foi a separação de grãos pelo método aquoso para análise da porcentagem de tipos de material por amostra com o uso de três equipamentos básicos: a lavadora ultrassônica, a centrífuga e o agitador mecânico (figura 6). A escala de classificação granulométrica utilizada foi a de Wentworth, encontrada no Glossário Geológico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, doravante denominada CPRM.

Figura 6 - Equipamentos utilizados na análise granulométrica: lavadora ultrassônica (A), centrífuga (B) e agitador mecânico (C)



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

As amostras foram completamente secas e destorroadas até que passassem completamente pela peneira de 4 milímetros. A exceção ficou por conta de algumas amostras do lago 3 (Campus Cauamé), localizado dentro do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri, que apresentaram alguns grânulos de quartzo e de concreções lateríticas com diâmetro acima de 4 milímetros. Então, de cada uma foi separada uma amostra de 100 gramas, pesada com a balança de precisão, colocada num béquer de vidro e adicionado 300 mililitros de água para lavagem na lavadora ultrassônica em ciclos de 10 minutos.

Após cada ciclo o béquer foi esgotado sobre a peneira granulométrica de 63 micrômetros, reservando-se a água com material em suspensão passada pela peneira num recipiente separado e retornando o béquer com o material remanescente à lavadora com nova carga de água para outro ciclo de lavagem. A quantidade de ciclos por amostra não foi definido pois eles foram realizados até que a água do béquer estivesse praticamente limpa após a lavagem, denotando que os grãos de areia já estavam completamente limpos. O

material restante no béquer e o retido na peneira de 63 micrômetros foi considerado areia de acordo com a escala utilizada e colocado para secagem (figura 7).

Figura 7 - Processo de lavagem e coação de amostra (etapa 1)



Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

A segunda etapa consistiu na centrifugação da solução aquosa com material em suspensão para a separação dos materiais silte e argila. Para tanto foi utilizada a centrífuga do laboratório. Os ciclos realizados foram de 2 mil rotações por minuto por dois minutos e meio. Após cada ciclo a água com material em suspensão dentro das provetas foi descartada e o material remanescente no fundo das mesmas foi retirado e colocado em lâminas para secagem. O material escoado com a água foi considerado a argila e o decantado e retirado para secagem foi considerado como silte.

Por fim, após a secagem das areias provenientes do processo de lavação foi feita a peneiração das mesmas utilizando-se o agitador mecânico. Foi montada a coluna de peneiração conforme a escala utilizada com seis peneiras, a saber: 2 milímetros, 1 milímetro, 500 micrômetros, 250 micrômetros, 125 micrômetros e 63 micrômetros. Cada amostra foi peneirada em um ciclo de 2 mil vibrações por minuto por um período de 10 minutos.

Os materiais retidos em cada peneira, da de maior abertura para a de menor abertura,

foram classificados sucessivamente em grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina. O material restante que sobrou na bandeja inferior foi adicionado ao silte retirado da amostra por ser inferior à 63 micrômetros.

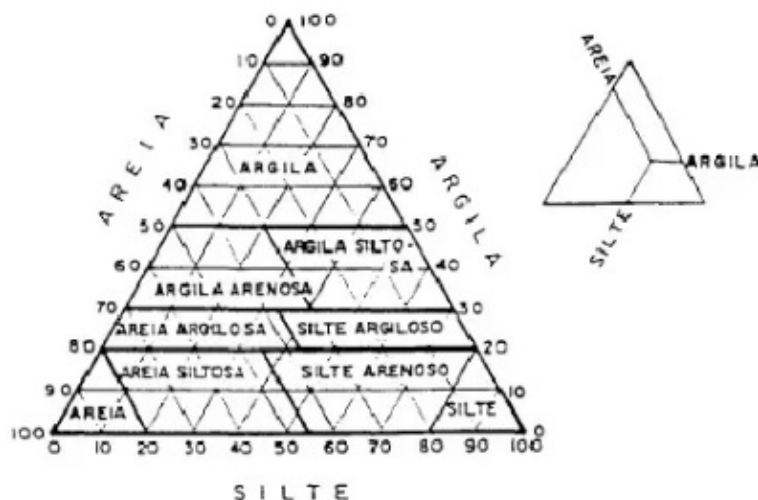
O material de cada peneira foi pesado com a balança de precisão, anotado a coloração e ensacado. Assim foi feito também com o silte proveniente da etapa de centrifugação. Após seco ele foi destorroado, pesado, anotada a coloração e ensacado. O peso restante que faltou para completar o volume inicial de 100 gramas da amostra foi classificado como a porcentagem de argila de cada uma.

Finalmente todos os dados obtidos através da análise e da observação das amostras no laboratório foram registrados em planilhas e nestas foram construídas as curvas granulométricas de cada amostra (apêndice A) e um gráfico geral para cada lago.

Com base na porcentagem de cada tipo de material – areia, silte e argila – por amostra foi determinado o tipo de textura predominante em cada uma através da utilização do triângulo textural de Feret (figura 8) e com ela foi construída a coluna de cada lago.

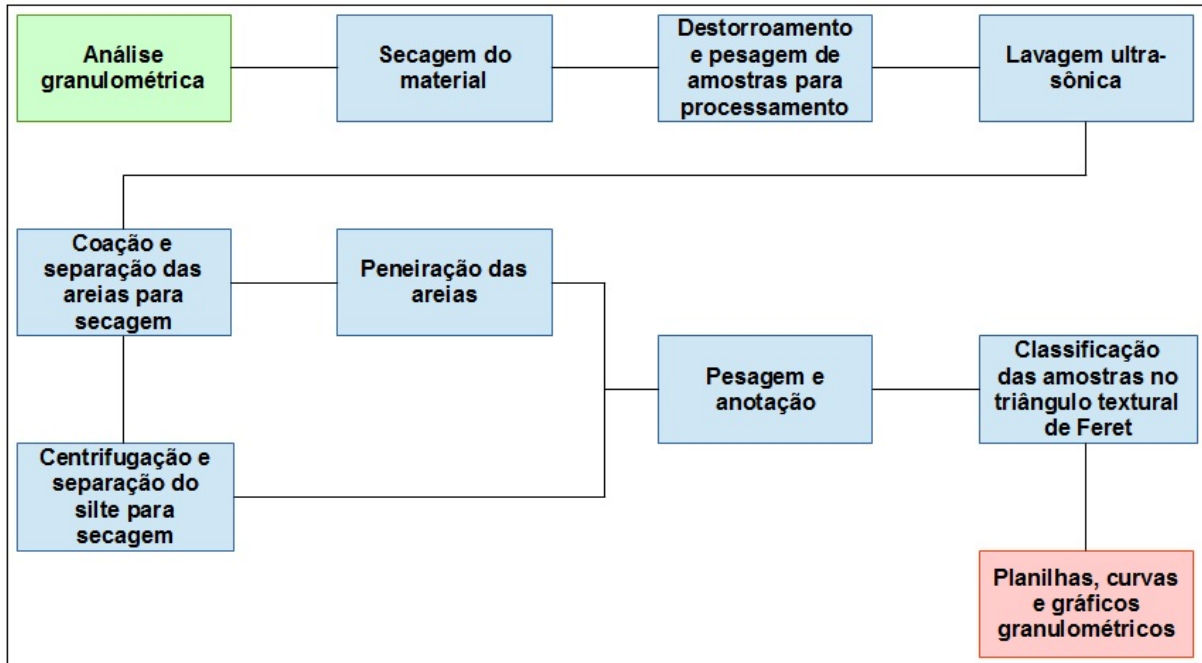
No triângulo textural, o solo é dividido em três classes: areia, silte e argila. Cada lado do triângulo se refere à porcentagem de uma determinada fração, a soma destas três porcentagens leva aos 100% da amostra e conduz a um ponto no interior do triângulo. Este por sua vez fica posicionado em quadrantes classificados do triângulo, fornecendo a classificação textural da amostra.

Figura 8 - Versão do triângulo textural de Feret utilizado na análise granulométrica



Em seguida, o fluxograma básico da análise granulométrica (figura 9).

Figura 9 - Fluxograma básico da análise granulométrica



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

3.4 ELABORAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO

A revisão bibliográfica consistiu numa pesquisa de trabalhos voltados à geomorfologia do território de Boa Vista, o que é de importância vital no entendimento de bacias lacustres, por estes se tratarem de ambientes superficiais e ainda mais por esta região se tratar de uma área de acumulação sedimentar.

Também foi importante a revisão de materiais a respeito da geologia estrutural local e da paleo geologia, pois Boa Vista encontra-se parcialmente assentada sobre o Gráben do Tacutu e totalmente localizada na grande região rebaixada, com altimetria média entre 50 e 200, com sentido NE-SO, formada no processo de reativação do Cinturão Guiana Central que dividiu o Planalto das Guianas em dois grandes escudos: o escudo noroeste e o escudo sudeste. O escudo noroeste engloba principalmente a cadeia de montanhas que forma o divisor de águas entre os rios Negro-Branco e o rio Orinoco, com altitudes que chegam a mais de 2 mil metros. O escudo sudeste forma os planaltos do centro-sul da Guiana e do Suriname e a Serra do Tumucumaque no norte do Pará e noroeste do Amapá, formando o divisor de águas entre a Bacia Amazônica e os rios das “Guianas”.

É óbvio que um processo de distensão continental dessa envergadura tenha influenciado de alguma forma a geomorfologia da superfície e dos sistemas lacustres do município de Boa Vista.

Outro tema revisto nesta etapa foi com relação aos ventos predominantes na região e o paleoclima que predominou em Boa Vista no passado. Por se tratar de uma área com muito material sedimentar a ocorrência de climas áridos e ventos fortes teria forte influência sobre as formas da superfície. Além disso, estando em uma região de baixa latitude logo ao norte do equador, Boa Vista já está naturalmente sujeita aos ventos alísios de L-NE que podem ter sido ainda mais condicionados pelo corredor rebaixado de sentido NE-SO encaixado entre dois planaltos com altitudes muito superiores.

Os lagos e sistemas lacustres existentes no território municipal apresentam orientação predominantemente L-O ou NE-SO, o que é provavelmente provocado por todos estes conjuntos de fatores – geológicos e climatológicos – que atuaram e atuam sobre a geomorfologia desta região desde a última glaciação. Potencializados ainda mais se atuaram sob climas áridos, diante do amplo estoque de material sedimentar disponível.

Finalmente uma sequência importante de três trabalhos sobre os lagos do entorno de Boa Vista ajudam a nortear esta pesquisa. São eles o trabalho de Latrubesse e Nelson (2001) que determinaram a origem eólica dos lagos do município, principalmente os do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, ao norte de Boa Vista, através de fotointerpretação. O segundo é o trabalho de Meneses, Costa e Costa (2007) em que os autores determinaram a origem tectônica dos lagos localizados na franja oeste da cidade de Boa Vista, ao longo do trecho sul da alça de contorno (BR-174), através de análises mineralógicas do sedimento daqueles lagos.

Por fim, o trabalho de Pinheiro (2007) faz um levantamento morfométrico dos lagos em dois sistemas lacustres distintos do município e constata a orientação predominante dos eixos principais das bacias nos sentidos L-O e NE-SO bem como de parte da rede de drenagem.

Foi determinada então a classificação utilizada, optando-se por adotar o critério de classificação por origem de acordo com o que é encontrado comumente na bibliografia geral sobre limnologia, adaptando-se para as características locais de Boa Vista, conforme os autores que pesquisaram os lagos locais. Foram encontrados no município lagos de origem tectônica, eólica, fluvial e orgânica e eles variam de acordo com algumas características próprias, como origem da depressão formadora, embasamento e sazonalidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE BOA VISTA

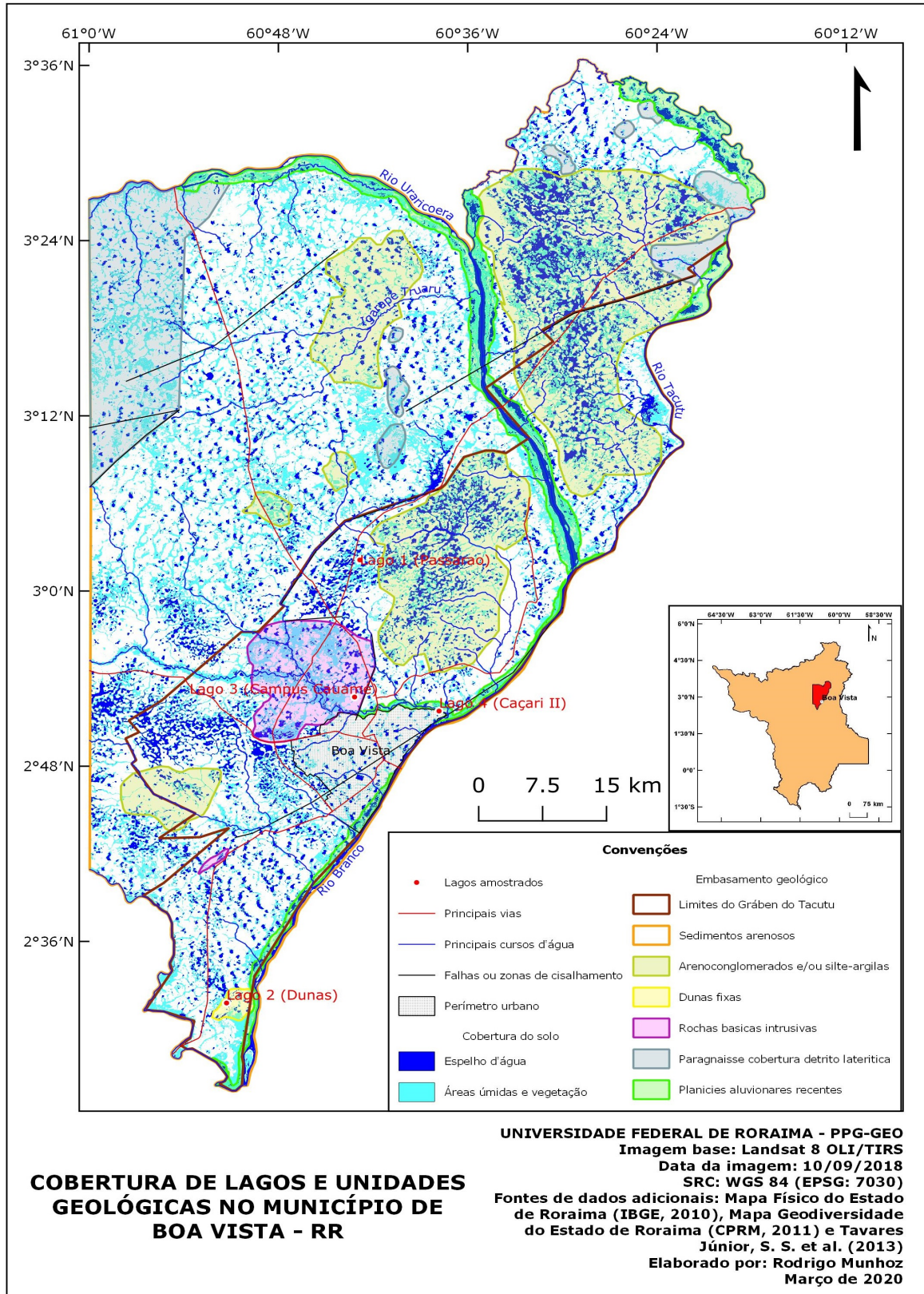
Boa Vista está inserida na região do lavrado, a qual é crivada de pequenos lagos e sistemas lacustres. Carvalho (2014) contabiliza, em uma primeira análise, aproximadamente 18000 lagos, entre perenes e sazonais, em toda a planície do lavrado. Isso sem contar os lagos fluviais existentes nas planícies aluviais dos rios, que são encontrados em bom número no território da capital, devido à presença de baixos cursos e aos encontros de importantes rios nesta região. Não há uma contabilização específica para o município.

Segundo Freitas (2017) o município de Boa Vista encontra-se na região dos Campos do Rio Branco, a porção norte do Pediplano Rio Branco – Rio Negro. Este se trata do nível mais baixo do relevo roraimense, com altitudes médias entre 70 e 160 metros e fraca declividade em direção à calha do rio Negro ao sul. O pediplano em Boa Vista é marcado pelas intrusões de formações dos Planaltos Residuais de Roraima que aparecem na forma de maciços isolados com altitudes médias variando entre 400 e 800 metros.

Conforme a CPRM (2011) o território da capital é recoberto por superfícies aplainadas conservadas compostas principalmente por sedimentos arenosos e por áreas com sedimentos retrabalhados de outras rochas (coberturas arenoconglomeráticas e/ou siltico-argilosas). Essa região é cravejada pela presença de ponto com dunas fixas (Campo de Dunas da Serra Grande), pontos com predomínio de rochas básicas intrusivas (Serras Nova Olinda) e pontos com predomínio de paragneisses com elevada incidência de coberturas detrítico-lateríticas (Complexo Serra da Moça e elevações do médio rio Uraricoera e da foz do rio Surumu). Além disso, a porção L-SE do município está assentada sobre parte do Gráben do Tacutu (figura 10).

A porção noroeste do município, na altura dos médios rios Uraricoera e Cauamé, conforme confirmado por Pinheiro (2007), apresenta ondulações de relevo com altitude média de até 150 metros, conhecidas localmente como tesos. Nestes, segundo Reis Neto e Costa (2010), ocorrem blocos concrecionários lateríticos. A presença destes blocos dificulta o processo de arrasamento dessas ondulações e os tesos fazem, assim, o papel de divisores de águas entre os igarapés, veredas e lagos da região.

Figura 10 - Mapa de Cobertura de Lagos e Unidades Geológicas no Município de Boa Vista - RR

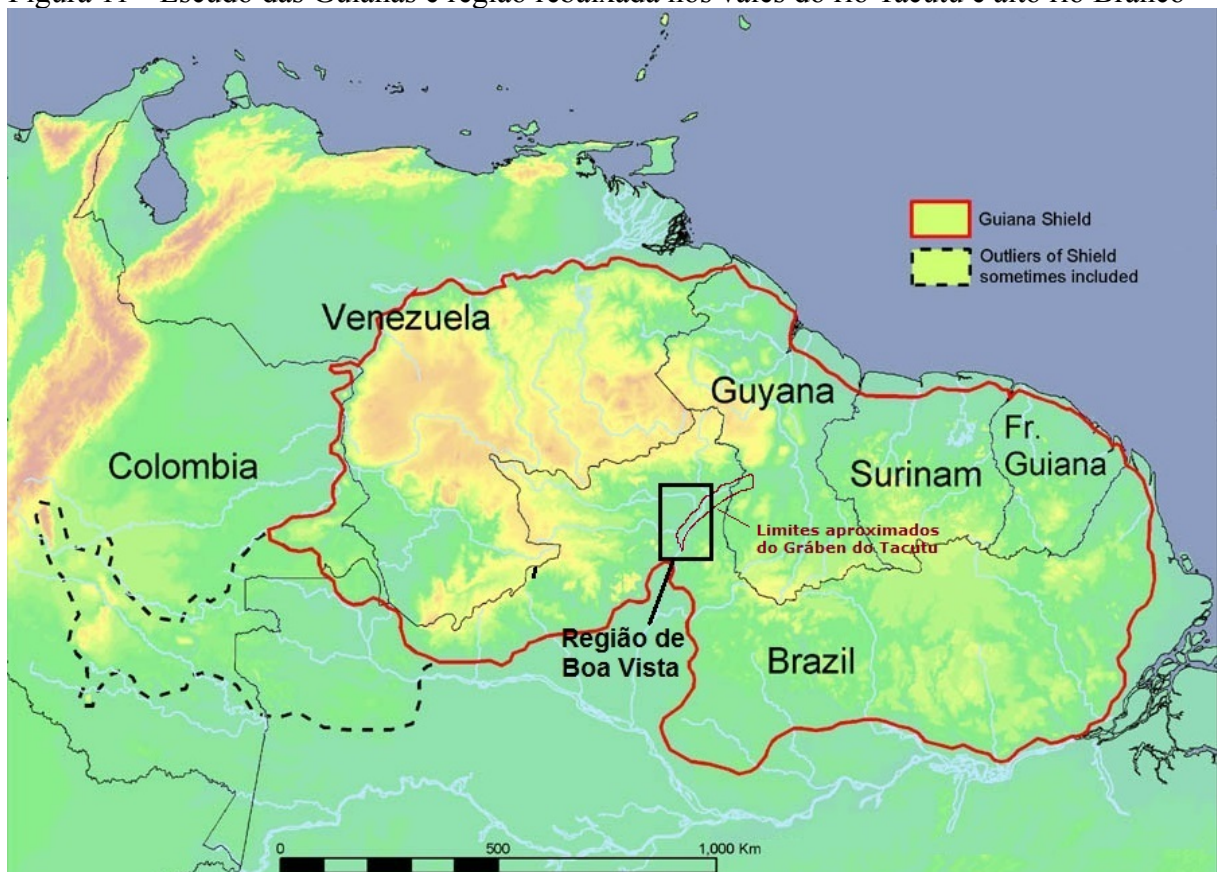


Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Estão presentes também grandes planícies aluvionares recentes ao longo dos cursos dos rios da região. Boa Vista detém o baixo curso dos principais rios da área do alto rio Branco, além do próprio, o que propicia a presença de grandes áreas de várzeas e planícies aluvionares bem desenvolvidas (figura 10).

A área da capital localiza-se dentro de uma região rebaixada e pediplanada com altitude média entre 50 e 200 metros, de orientação NE-SO, formada sobre o Gráben do Tacutu (figura 11). De acordo com RORAIMA (2002) uma importante reativação do Cinturão Guiana Central ao longo dos períodos Jurássico e Cretáceo levaram à formação da fenda que deu origem ao rebaixamento do embasamento geológico, formando o Gráben do Tacutu. Esse processo atuou também para a divisão e/ou ampliação da abertura do Planalto das Guianas.

Figura 11 - Escudo das Guianas e região rebaixada nos vales do rio Tacutu e alto rio Branco



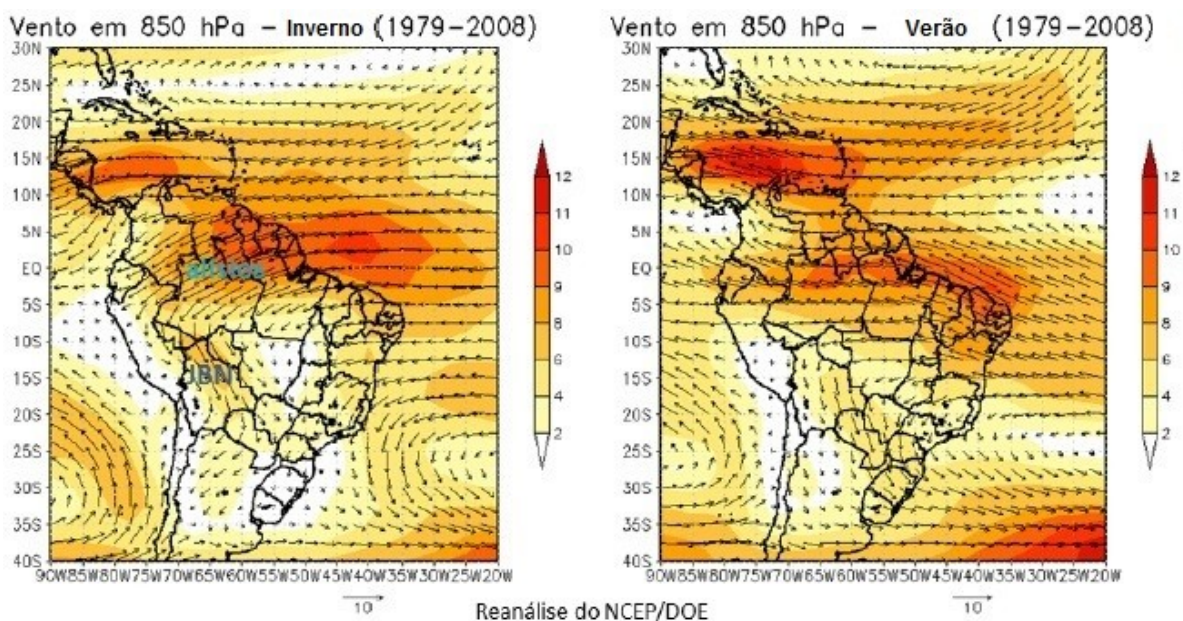
Fonte: HOLLOWELL (2011). Adaptação: Rodrigo Munhoz (2020).

Com essa divisão o planalto formou dois escudos. O escudo noroeste constitui atualmente o conjunto de serras e montanhas que forma o divisor de águas entre as bacias Amazônica e do Orinoco, na fronteira Brasil – Venezuela, com altitudes que podem

ultrapassar os 2000 metros. O escudo sudeste, forma os planaltos centro-sul da Guiana e do Suriname e o conjunto de Serras do Tumucumaque, no norte do Pará e oeste do Amapá, formando o divisor de águas entre as bacias Amazônica e dos rios das Guianas, com altitudes que podem ultrapassar 1200 metros (figura 11).

Por se localizar em baixa latitude e no hemisfério norte, Boa Vista está sujeita naturalmente aos ventos alísios de leste-nordeste (figura 12). A depressão existente na região do Gráben do Tacutu, encaixada entre os dois escudos com altitudes médias muito mais elevadas, justamente no sentido NE-SO, contribui para condicionar ainda mais os ventos nordeste e potencializar sua força devido à canalização (figura 11).

Figura 12 - Direção e magnitude dos ventos na América do Sul no verão e no inverno do hemisfério norte



Fonte: Adaptadas de NCEP/DOE apud Reboita et al. (2012). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

O clima de Boa Vista é o Aw - tropical com inverno seco - segundo a classificação de Köppen, apresentando uma longa estação seca (quase 6 meses), alto índice de insolação e raramente registrando temperaturas abaixo de 20°C.

Schaefer e Vale Júnior (1997) informam que houve um período de clima ainda mais seco atuando nos Campos do Rio Branco durante a última glaciação, ocorrida entre 1,8 milhão e 10 mil anos antes do presente. Esse clima promoveu um regime de ventos mais potentes, que, condicionados na direção predominante de NE-SO, aliados à presença de mais material sedimentar seco e disposto na superfície pelo rebaixamento do nível de base da

drenagem e dos oceanos, podem ter contribuído para a movimentação de grandes quantidades de areia e a formação de campos de dunas nesta região.

4.2 LAGOS E SISTEMAS LACUSTRES DE BOA VISTA

Boa Vista apresenta em seu território uma ampla quantidade de corpos lacustres que não raro se coagulam durante a estação úmida, uma vasta rede de igarapés entre eles e grandes rios. O solo é majoritariamente composto pela Formação Boa Vista, que se trata de camadas horizontais de material sedimentar predominantemente arenoso ou silto-arenoso (LATRUBESSE e NELSON, 2001), sobre a qual estão instalados alguns pontos com delgados depósitos de areias inconsolidadas, com alto grau de selecionamento e livres de impurezas (FALCÃO e COSTA, 2008). Esse embasamento favorece a infiltração, a movimentação do fluxo subsuperficial e a oscilação do lençol freático.

O sistema de drenagem em Boa Vista apresenta padrão predominantemente dendrítico, principalmente nas regiões de cabeceiras dos igarapés e de complexos lacustres. O padrão dendrítico é característico de locais com embasamento formado por camadas geológicas horizontais como é o caso da Formação Boa Vista.

Em alguns trechos, no entanto, tanto os igarapés como os grandes rios apresentam padrão retilíneo, indicando forte controle estrutural. Alguns igarapés maiores apresentam trechos inteiros retilíneos e coincidentes as falhas ou zonas de cisalhamento (CPRM, 2011) (figuras 13 e 14).

A maioria dos sistemas de falha que provocam controle na drenagem, são relacionadas ao processo distensivo que formou o Gráben do Tacutu e estão orientadas nas direções L-O ou NE-SO. O próprio rio Uraricoera, após seguir trecho retilíneo no sentido N-S, realiza uma conversão a sudeste ao atingir a borda do gráben, na região do Passarão. Também a desembocadura do rio Mucajaí no rio Branco, que faz o limite sul do município de Boa Vista, apresenta feição morfogênica em Y, denotando forte controle estrutural (RORAIMA, 2002), coincidente com a borda do extremo sul do Gráben do Tacutu, conforme pode ser observado na figura 10.

Figura 13 - Mapa de Cobertura de Lagos no Município de Boa Vista - RR - Estação úmida

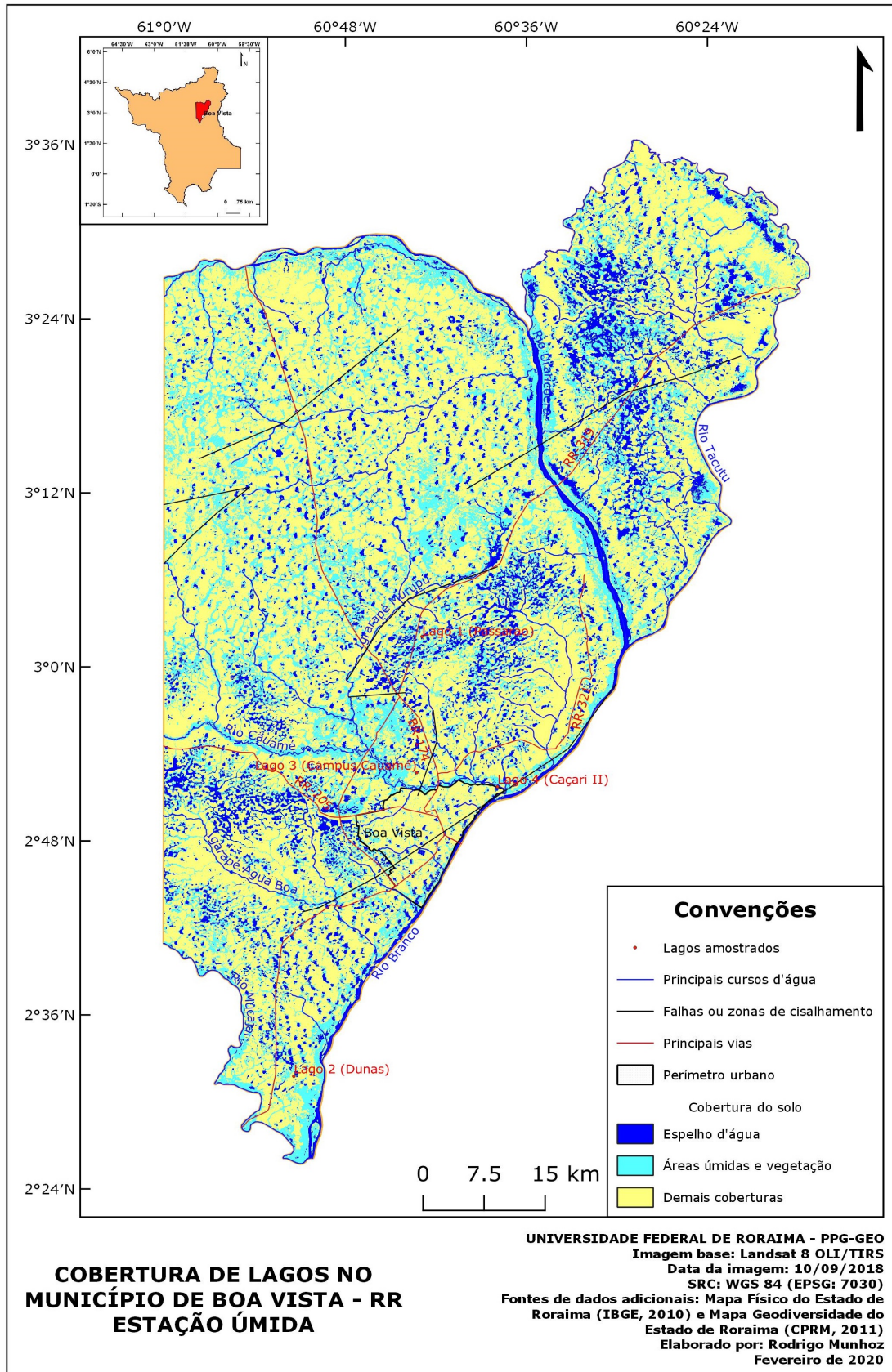
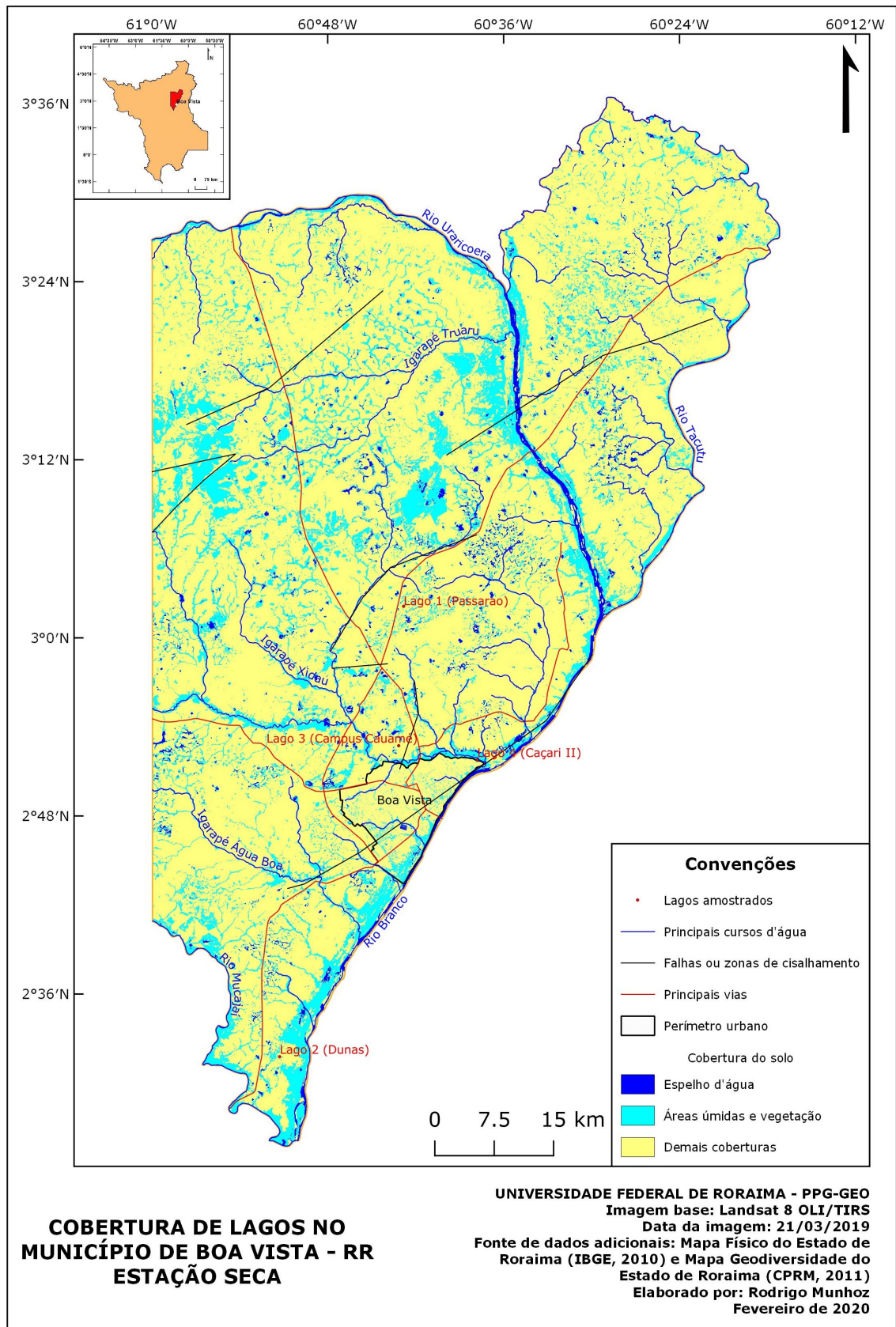


Figura 14 - Mapa de Cobertura de Lagos no Município de Boa Vista - RR - Estação seca



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Sander et al. (2008) identificaram padrões de lineamentos retangulares com direções preferenciais NE-SO e NO-SE nos canais e bacias lacustres localizados nas cabeceiras da bacia do igarapé Carrapato, que se encontra no extremo sudeste do Campo de Paleo Dunas do Cauamé (Passarão) sugerindo um forte controle estrutural. Estes padrões de lineamentos têm sido associados a tectônica do gráben (SCALABRIN, WANKLER e MENEZES, 2019; NASCIMENTO, SALGADO e GOMES, 2019).

Os lagos boa-vistenses têm formatos circulares, semicirculares, goticulares, ovais, elipsoidais, oblongos, irregulares, trapezoidais, laminares, bigornais ou retangulares. Entretanto, todos tem bordas arredondadas, não apresentando vértices agudos. A exceção fica por conta dos lagos artificiais: tanques escavados ou represamentos. Em relação aos lagos da planície Pinheiro (2007) informa que a forma mais arredondada está relacionada ao isolamento do lago do sistema de drenagem. Um lago isolado tem tendência a ser circular. Lagos que formam nascentes de igarapés têm formas goticulares. Lagos conectados na rede, com tributários e sangradouros, por sua vez, têm formatos alongados.

Todos os lagos amostrados apresentam ainda boa presença de silte nas camadas superiores do leito, mesmo os lagos localizados sobre embasamentos arenosos, geralmente de 0 à 25 centímetros de profundidade. Este silte tem cor cinza escuro e é proveniente da matéria orgânica, de cinzas de queimadas e de poluentes que se acumulam no leito.

Por se tratar de uma região de sedimentação a maioria dos lagos locais apresenta leito plano ou com baixa declividade em direção ao centro, são geralmente muito rasos e possuem bordas suaves e arredondadas. Essas características demonstram a formação de lagos por processos de sedimentação, quais sejam os eólicos ou os fluviais.

Com base na bibliografia sobre a geologia e geomorfologia de Boa Vista e os dados obtidos durante a pesquisa podemos descartar a existência de lagos glaciais, uma vez que essa região não esteve sob influência das geleiras da última glaciação. Também descarta-se a presença de lagos de solução, pois não é uma região de embasamento calcário. Não há a presença de crateras vulcânicas e nem meteoríticas, ou seja, descarta-se também os lagos de origem vulcânica e meteorítica.

A área do município não apresenta grandes cadeias de serras e montanhas, portanto, não possui lagos de deslizamentos ou represamento de vales. Lagos tectônicos de fenda (rifte), de grande profundidade e formato alongado, também não se apresentam devido à cobertura do Gráben do Tacutu e de outras falhas tectônicas pelas camadas sedimentares da Formação Boa

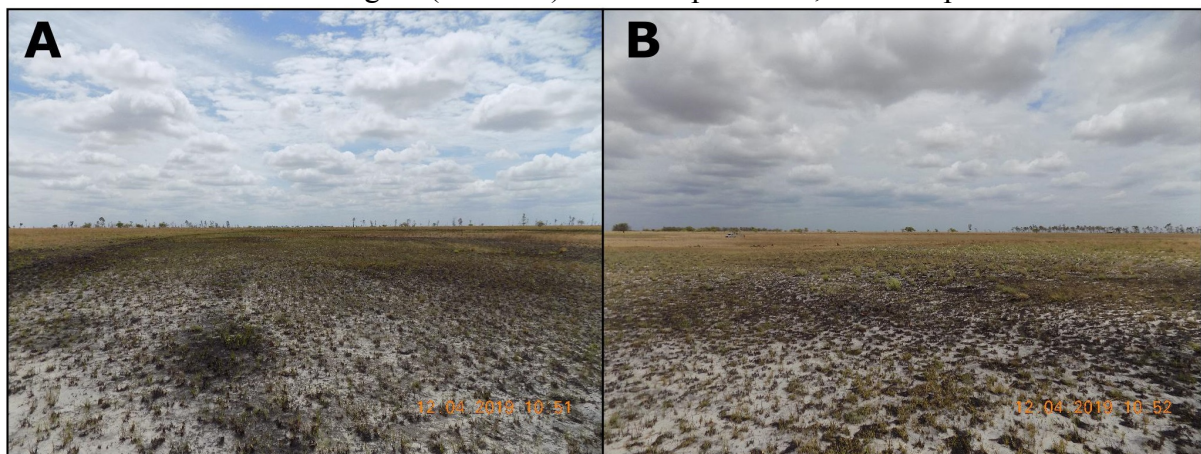
Vista.

Apenas pequenas bacias lacustres, possivelmente influenciadas pelo embasamento cristalino ou por fraturas sob as camadas sedimentares, se apresentam em alguns pontos do município, notadamente próximos às elevações remanescentes dos Planaltos Residuais de Roraima. Estas têm formato geralmente retangular, trapezoide ou irregular com baías, todas com bordas e vértices arredondados.

Os lagos são altamente influenciados pela sazonalidade das chuvas, pela insolação e pelas altas temperaturas. O volume hídrico deles depende do nível do lençol freático e do acúmulo de águas pluviais. Durante o longo período seco o nível dos rios diminui e o solo permeável permite o escoamento e rebaixamento do lençol freático. Sendo muito rasos, os leitos de muitos desses lagos terminam ficando acima do nível freático, de modo que os mesmos contam apenas com o volume de águas acumuladas das chuvas.

No entanto, as altas insolação e temperaturas locais promovem grande volume de evaporação, fazendo com que a maioria desses lagos não consiga resistir até a próxima estação úmida. Seus leitos ficam muitas vezes sujeitos à queimadas, pois, com o secamento do terreno, muitas gramíneas e outras plantas migram para o leito ainda úmido do lago em processo de secamento. Após a secagem completa, essa massa vegetal morre e seca, se tornando combustível para incêndios naturais ou antropogênicos. As cinzas dessas queimadas se acumulam junto ao silte nas camadas mais superiores e atuais dos sedimentos lacustres (figura 15).

Figura 15 - Baía seca com vegetação do leito queimada e acúmulo de cinzas junto ao sedimento no Lago 1 (Passarão). A: visão para leste; B: visão para norte-nordeste



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

Segundo Carvalho (2014) o número de lagos sazonais em toda a região de lavrado chega a 2/3 do total, estimando em 18.000 mil o número total, sendo que 12.000 aproximadamente secam no período de estiagem. Esse índice parece ser equivalente em Boa Vista, uma vez que mais da metade dos espelhos d'água existentes no período úmido desaparecem no período seco conforme se observa nos mapas com imagens classificadas de Boa Vista (figuras 13 e 14).

Destaca-se na figura 13 a presença de grandes sistemas de lagos coalescentes no arco nordeste-sudoeste do município, localizados na porção sul da Terra Indígena São Marcos, entre os rios Surumu-Tacutu e Uraricoera, na região do Passarão, a nordeste do baixo rio Cauamé e na divisa entre os municípios de Boa Vista e Alto Alegre, ao sul do rio Cauamé.

Roraima (2002) classifica essas áreas como sendo locais de ocorrência da Formação Areias Brancas, campos de dunas e lençóis arenosos provenientes do retrabalhamento de materiais da Formação Boa Vista, correlacionados aos períodos Pleistoceno/Holoceno. Latrubesse e Nelson (2001) classificaram por fotointerpretação as áreas citadas no Passarão e ao sul do rio Cauamé como sendo campos de paleo dunas parabólicas arrasadas pela erosão, relacionadas a um clima mais árido durante a última glaciação. Pinheiro (2007), ao estudar lagos na região da divisa Boa Vista – Alto Alegre confirmou a presença das formações arenosas no local.

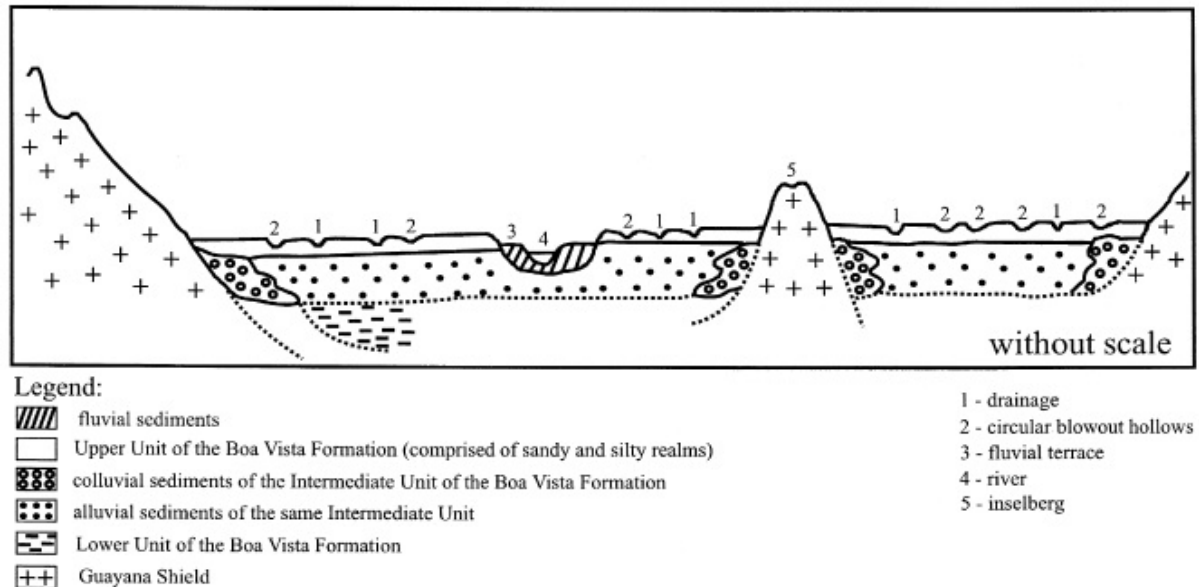
Latrubesse e Nelson (2001), informam que os lagos formaram-se apenas na camada superior da Formação Boa Vista, estando sujeitos às condições desta camada. Classificaram esta superfície em dois domínios distintos: o arenoso e o siltoso (figura 16). O primeiro tendo a superfície composta majoritariamente por sedimentos arenosos e o segundo por sedimentos silto-arenosos ou siltosos.

Observadas nas imagens de sensoriamento remoto e nas imagens classificadas acima, as regiões de lagos coalescentes têm a aparência de “caixas de areia”, onde a superfície foi pisoteada, formando depressões e elevações irregulares e sem padrão definido. Essas formas são devidas à formação nestes locais de antigos campos de dunas parabólicas, de orientação geral NE-SO, que foram fixadas após a retomada de climas mais úmidos e tiveram suas cristas arrasadas pelo intemperismo (LATRUBESSE E NELSON, 2001; RORAIMA, 2002).

No período úmido essas depressões rasas e de formatos variados (ovais, elipsoidais e oblongos), por elevação do lençol freático e acúmulo de águas pluviais, enchem-se de água e transbordam, ligando-se uns aos outros para formar uma extensa área alagadiça. No período

seco, por sua vez, rapidamente perdem o suporte das águas subsuperficiais e começam a evaporar, separando-se e finalmente secando.

Figura 16 - Seção esquemática mostrando os principais elementos geológicos e geomorfológicos do terreno de Boa Vista e suas relações



Fonte: LATRUBESSE e NELSON (2001).

Os lagos dessas áreas apresentam um patamar médio de 80 metros, enquanto os lagos na região mais ao norte-noroeste de Boa Vista se situam em patamares médios de 100-110 metros. Tal variação se explica pela diferença de material do embasamento, vez que nas áreas de sedimentação predominantemente siltosa o material seria mais resistente ao intemperismo (LATRUBESSE e NELSON, 2001). Pinheiro (2007) e Reis Neto e Costa (2010) confirmaram ainda a presença de lateritas e remanescentes erosionais na região do médio rio Cauamé, que são materiais que favorecem a resistência do solo à erosão e ao encaixamento da drenagem.

Carvalho (2014) informa ainda que a presença de areias brancas podem ser oriundas do contínuo processo de lixiviação de resíduos do manto de intemperismo através de vários ciclos climáticos (fases secas e úmidas). Este processo causaria a perda de volume da área lixiviada e o conseqüente rebaixamento da superfície por remoção de minerais do solo.

A presença de crostas lateríticas e remanescentes erosionais e a lixiviação das areias brancas são fatores que podem explicar a diferença de patamares entre os sistemas de lagos coalescentes e os sistemas de lagos independentes e semi-independentes das regiões norte-noroeste do município.

Meneses, Costa e Costa (2007), realizaram análises mineralógicas em lagos da zona oeste da cidade de Boa Vista e constataram que os sedimentos dos mesmos são consistentes com os materiais da Formação Boa Vista e não são compatíveis com os materiais da planície de inundação do rio Branco. Assim sendo, contestam a hipótese de origem eólica dos lagos da Formação Areias Brancas proposta por Latrubesse e Nelson (2001). No entanto, essas análises mineralógicas foram realizadas apenas em lagos de fora dos campos de paleo dunas, não havendo assim parâmetro para comparação. Apesar disso, essa discordância de dados evidencia a diferença entre os sistemas lacustres e a origem dos lagos das distintas áreas.

Zular et al. (2019) concluíram, a partir de dados de seu estudo, que a proveniência das paleo dunas da Formação Areias Brancas pode estar relacionada à deflação dos depósitos da Formação Boa Vista. O período em que estas paleo dunas se formaram é associado a uma fase de clima seco nesta região (CARNEIRO FILHO, TATUMI e YEE, 2003).

Para Latrubesse e Nelson (2001) os lagos de “panelas”, ou seja, os mais arredondados, seriam originados pela deflação promovida por ventos helicoidais ascendentes, ativos durante climas mais secos do passado, nas horas de maior aquecimento solar do dia.

Já Meneses, Costa e Costa (2007) afirmam que se tratam de depressões do terreno preenchidas pela interceptação do lençol freático. A partir do trabalho de Pinheiro (2007) depreende-se ainda que podem ter sido originados por depressões provocadas pelas falhas geológicas do substrato. Reis Neto e Costa (2010) finalmente explicam que a presença de crostas lateríticas nessas regiões dificultam a infiltração e o estabelecimento da drenagem, favorecendo a instalação dos lagos. As três informações se complementam e parecem ser a explicação mais lógica para a formação, a distribuição e a forma dos corpos lacustres existentes fora dos campos de paleo dunas.

Pinheiro (2007) informa que os lagos e boa parte da rede de drenagem apresentam orientação predominante L-O ou NE-SO. Esta característica está ligada ao processo de distensão crustal do Cinturão Guiana Central que formou o Gráben do Tacutu e direcionou a maioria das falhas e zonas de cisalhamento existentes na região. Os ventos predominantes, por sua vez, também são de direção NE-SO, originados dos ventos alísios do hemisfério norte e potencializados pelo encaixamento na depressão formada sobre o Gráben do Tacutu.

Sander et al. (2008) observaram um padrão ortogonal NE-SO e NO-SE na disposição da rede de drenagem do igarapé Carrapato. Este padrão de controle estrutural é reconhecido também em Scalabrin, Wankler e Menezes (2019) e Nascimento, Salgado e Gomes (2019).

Os campos de paleo dunas e as planícies aluvionares dos rios que cortam o município apresentam uma disposição concordante com a presença das areias brancas, justificando a origem eólica desses campos. Eles estão dispostos numa sequência em sentido de NE para SO na seguinte ordem: planícies aluvionares do Surumu-Tacutu; Campo de Paleo Dunas São Marcos; planície aluvionar do Uraricoera; Campo de Paleo Dunas do Cauamé (Passarão); planícies aluvionares do Cauamé e igarapés maiores; Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul (Boa Vista/Alto Alegre). A disposição pode ser claramente observada na figura 17.

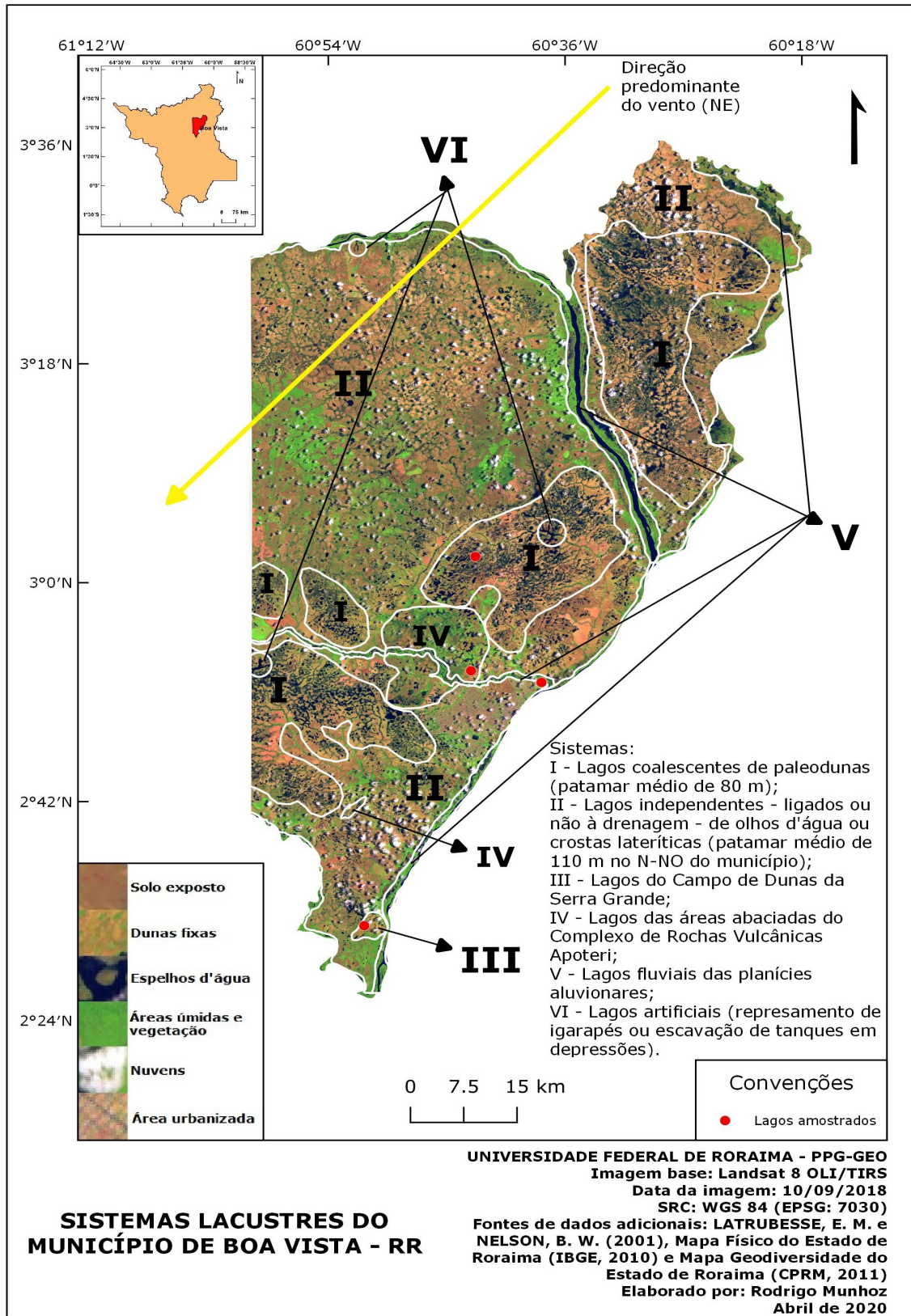
No extremo sul do município localiza-se o Campo de Dunas da Serra Grande. Campo aparentemente ainda ativo, formado pelos sedimentos provenientes da planície aluvionar do rio Branco. Este campo formou-se à margem do rio, num ponto onde o mesmo, vindo de nordeste, faz uma curva na direção sul. O vento, vindo de nordeste, sobre o rio e canalizado pela grande barreira da Serra Grande em sua margem esquerda, lança a areia dos bancos expostos no leito do rio, durante a estação seca, para a tangente da curva.

Esse processo formou um campo de dunas longitudinais de sentido NE-SO, que adquirem essa forma devido à variação da direção do vento ao longo do ano, mas mantendo o eixo longitudinal na direção do vento predominante. O campo possui uma elevação de 25 à 35 metros acima do nível da planície no entorno, atingindo altitude média de 100 metros e pontos com até 120 metros em algumas cristas, segundo a medição topográfica do Google Earth.

Zular et al. (2019) dataram a sedimentação destas areias com OSL (optically stimulated luminescence) entre 23.000 a 19.000 anos. Os dados mineralógicos sugerem também que a sua porção superior provém de uma fonte distinta, provavelmente relacionada ao transporte de sedimentos fluviais do rio Branco. Segundo estes autores, os depósitos têm contato discordante, ou seja, foi identificada uma “quebra” (intervalo temporal sem registro geológico na sucessão sedimentar), com a Formação Boa Vista cujos sedimentos, por sua vez, também foram datados com o mesmo método e os dados sugerem uma idade de sedimentação entre 53.000 a 28.000 anos.

Um sistema de lagos com bacias longas e estreitas, em forma de lâminas ou bigornas (lâminas emendadas pelo meio), com eixo maior também no sentido NE-SO, se formou no topo do campo de dunas e nas suas bordas externas.

Figura 17 - Mapa dos Sistemas Lacustres do Município de Boa Vista - RR



Tem-se um pequeno conjunto de lagos, provavelmente de origem tectônica presente na região abaciada do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri. Eles possuem formas variadas com reentrâncias arredondadas e geralmente são perenes, evidenciando a conexão com o lençol freático e alta capacidade de retenção da infiltração pelo seu material do leito. Alguns estão localizados no sopé das intrusões basálticas além de possuírem material mal selecionado e remanescentes erosionais no seu entorno.

O sistema de lagos fluviais é vasto em Boa Vista. Apresenta-se em todos os rios grande quantidade de lagos de canais abandonados, lagos de meandros abandonados (meia-lua) e lagos de planície de inundação.

Por fim temos os lagos orgânicos, praticamente todos antrópicos, criados por represamento em alguns igarapés e escavamento de tanques em veredas ou pequenas bacias lacustres. Estes têm o formato característico retangular, nos casos dos tanques escavados, e formatos irregulares com uma margem retilínea (represa) nos casos de açudes. São utilizados para reservação de água no período de estiagem ou em fazendas de piscicultura, onde são criados principalmente o peixe tambaqui (informação oral).

Dessa forma, definem-se em Boa Vista seis sistemas de lagos distintos: os lagos de paleo dunas, os lagos independentes, os lagos do Campo de Dunas da Serra Grande, os lagos do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri, os lagos fluviais das planícies aluvionares e os lagos artificiais (figura 17).

4.2.1 Sistema I - Lagos coalescentes de paleo dunas (eólicos)

O mais interessante sistema lacustre boa-vistense trata-se dos lagos de paleo dunas (origem eólica). Estes se localizam nos patamares mais baixos das planícies interfluviais, mais exatamente no cone extremo sul da Terra Indígena São Marcos e nas planícies do baixo rio Cauamé. Estes campos estão dispostos dentro do território municipal em sentido aproximado NE-SO, acompanhando a direção do vento predominante de nordeste.

Constituem uma sequência intercalando as planícies aluvionares dos rios com as planícies interfluviais da Formação Boa Vista na seguinte ordem: planícies aluvionares do Surumu-Tacutu; Campo de Paleo Dunas São Marcos; planície aluvionar do Uraricoera; Campo de Paleo Dunas do Cauamé (Passarão); planícies aluvionares do Cauamé e igarapés maiores; Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul (divisa Boa Vista – Alto Alegre), conforme

pode ser observado na figura 17.

A paisagem local trata-se de uma região aplainada composta por um terreno levemente ondulado, com áreas mais baixas (lagos) intercaladas por cordões elevados de leve inclinação (divisores). As depressões lacustres têm em média de 1,5 à 3 metros de profundidade em relação ao entorno (PINHEIRO, 2007).

Constitui um sistema de lagos sazonais. No período de estiagem quase toda essa região se torna um terreno seco. Já no período chuvoso a subida do lençol freático e o acúmulo das águas pluviais preenchem rapidamente as depressões, formando os lagos. Estes se apresentam inicialmente independentes e depois começam a coalescer conforme o nível da água vai subindo e superando as partes mais baixas dos cordões elevados. Forma-se então a paisagem de uma região alagada pontilhada por diversas ilhas ou penínsulas de baixa elevação.

O solo é composto na maior parte da área pela Formação Areias Brancas, areias quartzosas. Essa composição favorece a flutuação do lençol freático (CPRM, 2011) e tem um patamar mais baixo que as demais áreas da planície boa-vistense. O rebaixamento de patamar pode ser explicado pelo intenso lixiviamento das areias sob clima tropical ao longo de diversos ciclos climáticos (fases úmidas e secas). Este processo, provocado pela mudança de nível de água no solo, provoca a alteração de minerais e pode reduzir em até 30% o volume do material, rebaixando a superfície da área lixiviada e deixando como resíduos as areias brancas (CHAUVEL et al. apud CARVALHO, 2014).

A vegetação trata-se apenas de gramíneas e eventuais macrófitas que se instalam nas bacias lacustres. Isso se deve ao solo pobre e à longa estiagem anual ao qual a região está sujeita. Durante o período seco, quase toda a vegetação seca e morre, deixando a aparência não muito atraente de uma estepe inóspita e desértica de cor bege ou amarelada. Essa massa vegetal seca torna-se um excelente combustível e fica sujeita a queimadas, de origem natural ou provocada.

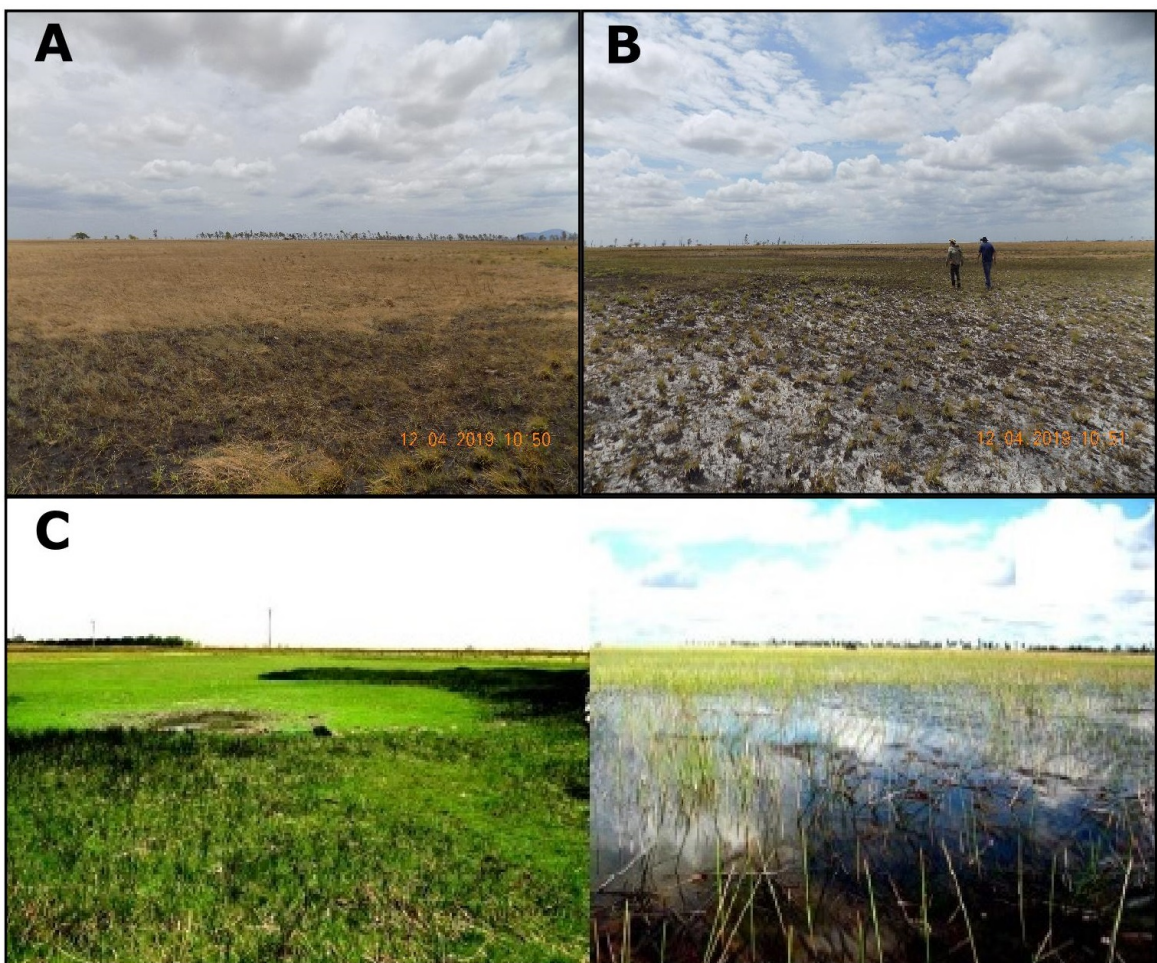
As cinzas provenientes dessas queimadas acumulam-se sobre o leito seco dos lagos ou sobre o solo das elevações sendo, posteriormente, carregadas pelo escoamento superficial para dentro dos mesmos. Juntam-se então ao silte das camadas iniciais do leito, formando um pó fino de cor cinza.

No início da estação chuvosa, entretanto, esta vegetação pioneira renasce rapidamente, tornando a paisagem vistosa. Tem-se então um cenário composto de uma

planície com pequenas ondulações, verdejante e intercalada por algumas fileiras de buritis ou outras árvores plantadas, sob o fundo de um céu azul e claro (quando não está chovendo) ou mesmo cinza/branco e chuvoso, de extrema beleza.

Observa-se na figura 18 um panorama do leito do lago visitado na região do Campo de Paleo Dunas do Passarão e entorno bem como de outro lago na região do Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul, já dentro do município de Alto Alegre. Podem-se observar os leitos rasos e as pequenas elevações onduladas do entorno, bem com uma amostra do tipo de vegetação encontrada.

Figura 18 - Panorama de dois lagos do sistema I, mostrando o leito raso, as elevações suaves do entorno e a vegetação típica. Em A e B panoramas do lago 1 (Passarão) na estação seca. Em C panoramas de lago no Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul já no município de Alto Alegre, no período seco (esquerda) e no período úmido (direita)

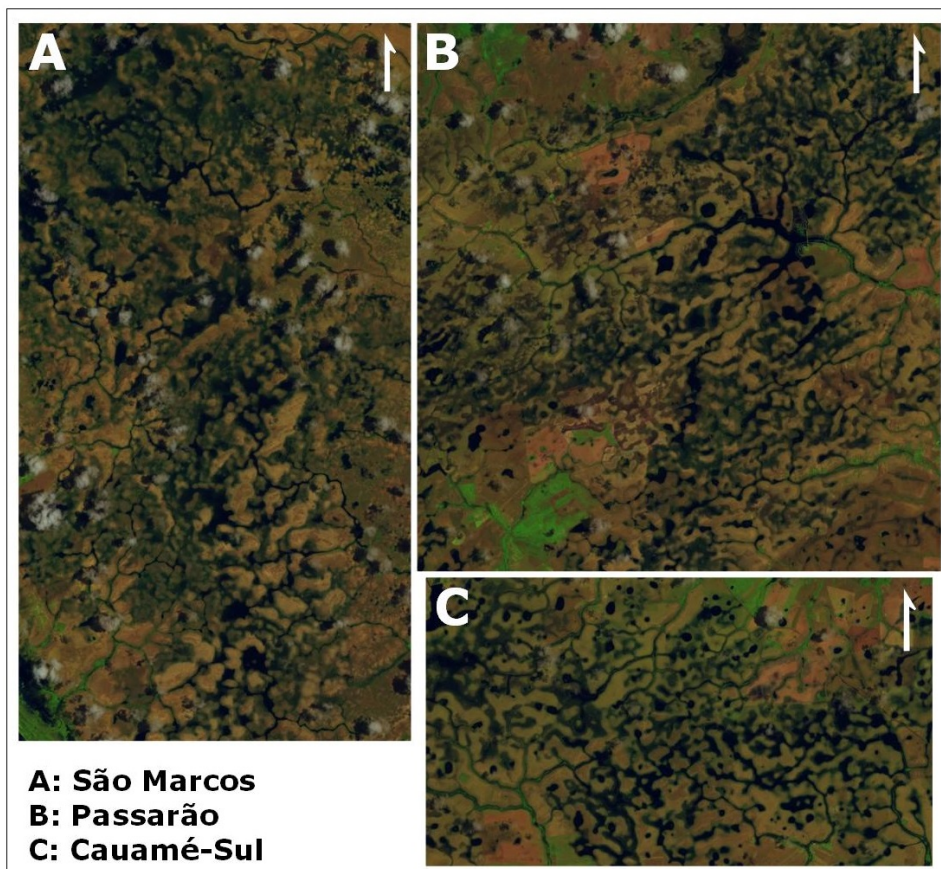


Fotografias: A e B: Rodrigo Munhoz (2019); C: PINHEIRO (2007).

Nas imagens de sensoriamento remoto estes sistemas lacustres têm a aparência de superfície de “caixas de areia”, ou seja, superfícies com depressões e elevações irregulares e sem padrão de forma definido, como se a areia tivesse sido pisoteada. Os lagos aí presentes têm formatos diversos, variando entre arredondados, ovais, elipsoidais, oblongos e até semirretangulares. Eles têm alinhamento preferencial NE-SO.

Latrubesse e Nelson (2001), que identificaram esses complexos, indicam que essas formas se devem à composição de antigos campos de dunas parabólicas que foram arrasadas pelo intemperismo, onde as depressões interdunas se tornaram os leitos dos lagos, e as elevações entre eles são os remanescentes das cristas arrasadas das dunas. Da mesma maneira o alinhamento geral seria devido à direção predominante dos ventos de nordeste que teriam sido ainda mais potentes na época de clima mais seco do Paleoceno/Holoceno.

Figura 19 - Detalhes dos principais campos de paleo dunas existentes em Boa Vista, mostrando padrão ortogonal de orientação nos sentidos preferenciais NE-SO e NO-SE



Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2018). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

No entanto, Sander et al. (2008), em levantamento hidrológico da bacia do igarapé Carrapato, que drena a porção sudoeste do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, identificaram um padrão ortogonal de orientação dos eixos maiores dos lagos, particularmente os elípticos, e da drenagem interna do campo nos sentidos preferenciais NE-SO e NO-SE. Segundo os autores este padrão sugere forte controle estrutural. Os três principais campos de paleo dunas existentes em Boa Vista parecem apresentar este mesmo padrão geométrico, conforme pode ser observado na figura 19.

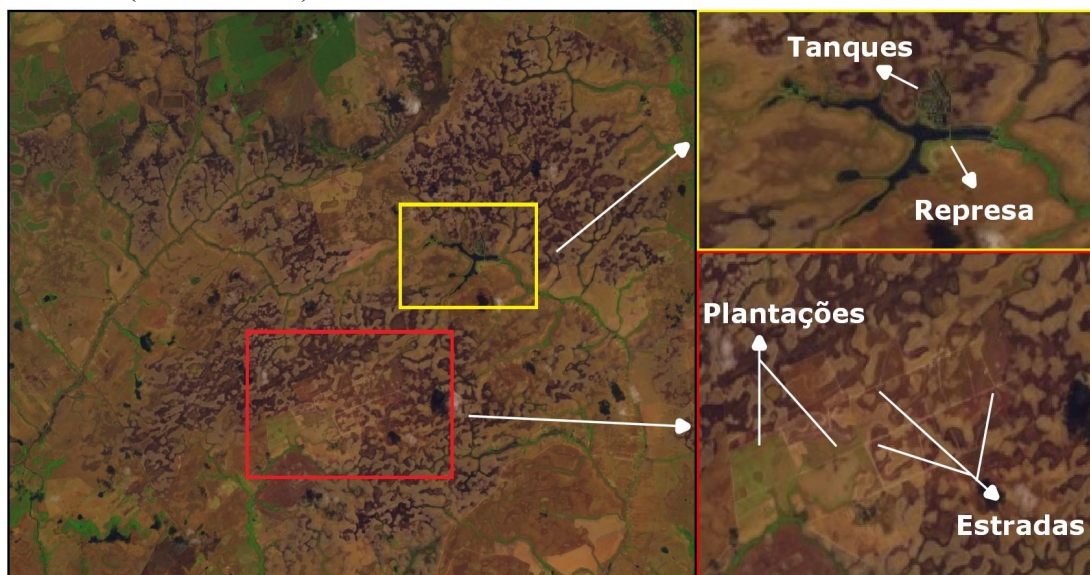
Não há rede de drenagem identificável dentro desses sistemas. Os lagos simplesmente transbordam uns aos outros e, apenas a partir das bordas e reentrâncias dos campos de paleo dunas, surgem os pequenos braços de primeira ordem das cabeceiras dos igarapés que drenam a região. Esses canais apresentam o padrão dendrítico, característico do embasamento sobre camadas geológicas horizontais, formadas pelos lençóis arenosos dessas áreas.

Este sistema, infelizmente, está sob forte ataque por parte da ocupação humana devido a se localizar muito próximo da cidade de Boa Vista (ponto de apoio para a colonização e mercado consumidor). Ademais, o terreno seco em boa parte do ano, com relevo suave e vegetação aberta de campos, favorece a penetração e instalação da população sobre o mesmo através da instalação de propriedades e lotes legais ou irregulares.

Os sistemas lacustres estão sendo sucessivamente invadidos, drenados e assoreados, causando a destruição deste ambiente e a perda de um ativo importantíssimo, tanto pela paleo geologia presente, pela beleza cênica e por serem áreas de recarga de aquíferos e cabeceiras de igarapés.

À exceção do Campo de Paleo Dunas São Marcos, que está razoavelmente protegido por estar dentro da Terra Indígena, as demais áreas (região do Passarão e divisa Boa Vista – Alto Alegre) têm sido gradativamente ocupadas e degradadas. Isso se dá através da abertura de estradas, aterros, escavação de poços, criação de drenagens, represamentos e alteração mecanizada ou manual do relevo. Assim, o nível freático rebaixa em alguns pontos, os lagos sofrem dissecação, entulhamento e as formas residuais de Paleo Dunas são destruídas de forma irreversível. Na figura 20 observam-se graves danos causadas por ação antropogênica na região do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, na região do Passarão.

Figura 20 - Ocupação e degradação de lagos no sistema lacustre do Campo de Paleo Dunas do Cauamé (Passarão). No retângulo amarelo represamento das cabeceiras do igarapé Água Boa do Bom Intento e conjunto de tanques em fazenda de piscicultura; no retângulo vermelho estradas em padrão quadriculado e plantações em área de ocupação recente avançando sobre lagos, que apresentam seus leitos dissecados em contraste com os demais (mais escuros)



Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2019). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

4.2.1.1 Lago 1 (Passarão)

Neste sistema foi amostrado um lago identificado nesta pesquisa com Lago 1 (Passarão). Ele se localiza próximo à borda noroeste do Campo de Paleo Dunas do Cauamé na região do Passarão e às margens da rodovia RR-319 (figura 21).

O perfil topográfico do entorno do lago e do campo de paleo dunas em si é quase todo plano, mantendo a altimetria média entre 80 e 90 metros. O único rebaixamento sensível ocorre na bacia do Igarapé Água Boa do Bom Intento, o principal sangradouro, no leste da área. No final do perfil tem-se o degrau que separa o terraço da Formação Boa Vista, no qual o sistema está assentado, da planície do rio Branco. Nota-se também uma falha ou zona de cisalhamento no limite nordeste do campo conforme identificado pela CPRM (2011) retificando um trecho do igarapé Murupu (figura 21).

Como é característico dos lagos do sistema ele possui leito quase plano, com baixa declividade em direção ao centro, formato trapezoidal com uma pequena baía oval no extremo sudeste, margens arredondadas e estava completamente seco no final do período de estiagem,

quando foi realizado o trabalho de campo. Estes e outros detalhes sobre o mesmo podem ser verificados na ficha técnica (figura 22).

De acordo com as imagens Landsat 8 presentes na figura 22, podemos observar que há a completa dissecação do lago no período de estiagem, bem como a morte de toda a vegetação. A aparência é de apenas solo exposto devido à vegetação seca e morta. Já no período chuvoso nota-se o espelho d'água em tom escuro e a vegetação de gramíneas em tom levemente esverdeado vicejando.

Foram obtidas 11 amostras de sedimentos de seu leito com o trado manual até a profundidade de 203 centímetros. A partir desse ponto atingiu-se o lençol freático e o material tornou-se liquefeito, impedindo o transporte de material até a superfície pelas pinças do trado.

Nas análises granulométricas dessas amostras constatou-se que as duas primeiras, de 0/10 e 20/25 centímetros de profundidade, têm textura predominante silte-argilosa. As duas seguintes, de 42 e 65 centímetros respectivamente, têm textura areno-siltosa. E as restantes, a partir da amostra de 85 centímetros, apresentam textura predominante de silte-arenoso.

Conforme se observa no gráfico (figura 22) a granulometria hegemônica na porção areia é de areia média, seguida de areia fina e areia muito fina. As areias grossa e muito grossa apresentam uma porção muito pequena e a fração grânulo é praticamente inexistente.

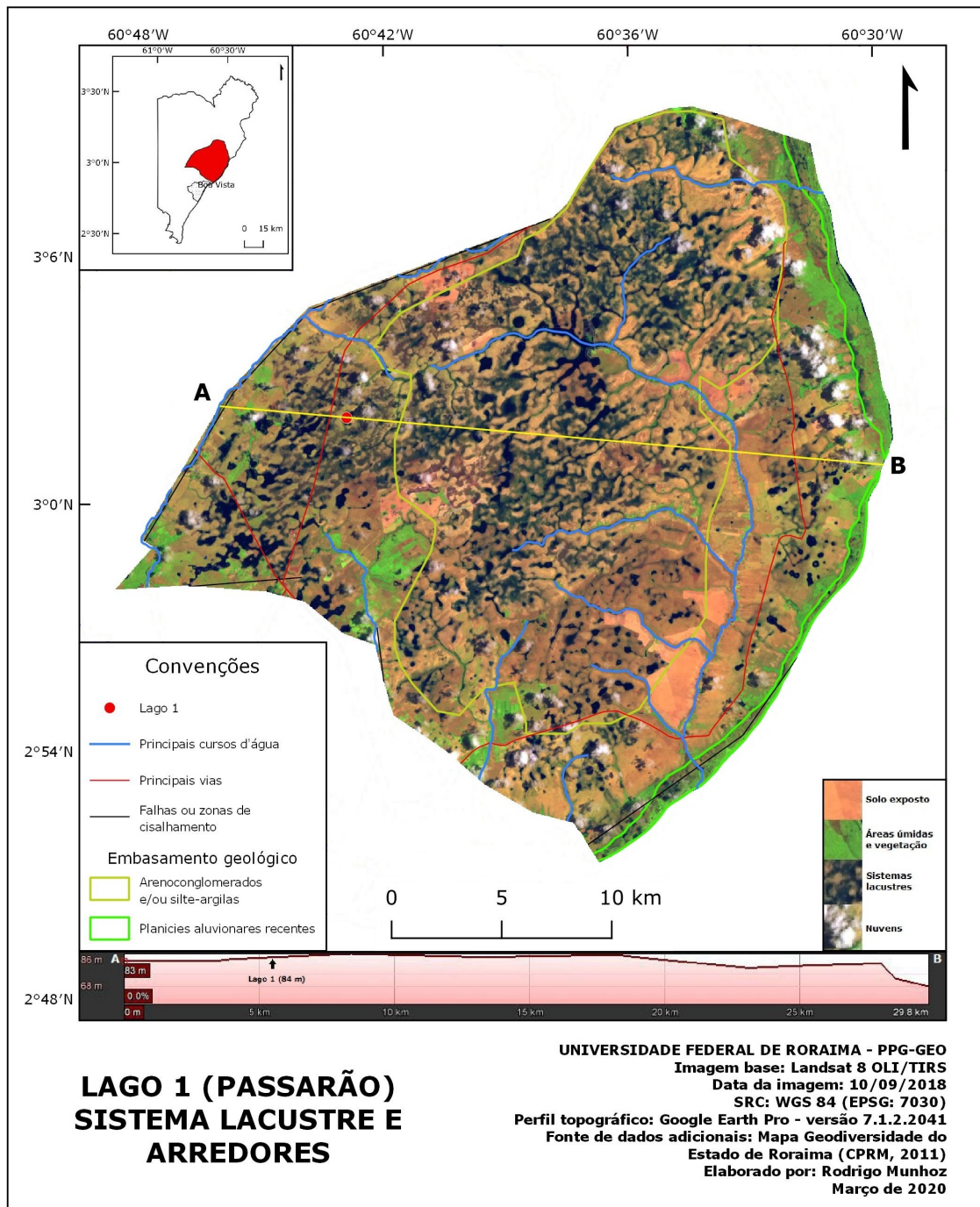
A fração silte aumenta gradativamente conforme a profundidade às custas da diminuição da fração areia. A fração argila tem uma pequena variação na coluna, aumentando apenas na amostra de 203 centímetros, praticamente no nível do lençol freático. Ela se apresenta maior nas partes superior e inferior e diminuindo no meio da coluna seca. Isto talvez tenha relação com o transporte promovido pela água, já que na parte superior inicia-se o processo de deposição no leito e na parte inferior ocorre o acúmulo junto ao lençol freático.

A discrepância ocorrida com a presença de muito silte e argila nas duas amostras superficiais se deve ao acúmulo sazonal de sedimentos no leito do lago durante as cheias, onde obviamente a areia, mais pesada, decanta primeiro e por sobre ela se depositam o silte e a argila, mais leves. O acúmulo deste material fino também se deve à matéria orgânica, às cinzas e demais sujeiras que se formam, escoam ou caem sobre o lago. Esta característica é encontrada na maioria dos lagos, independentemente do sistema no qual se encontram.

As amostras brutas apresentaram cor cinza escuro nas duas primeiras, devido aos contaminantes superficiais já citados (matéria orgânica, cinzas e eventuais poluentes). As demais cor creme. As amostras mais profundas, quando úmidas, apresentavam a presença rara

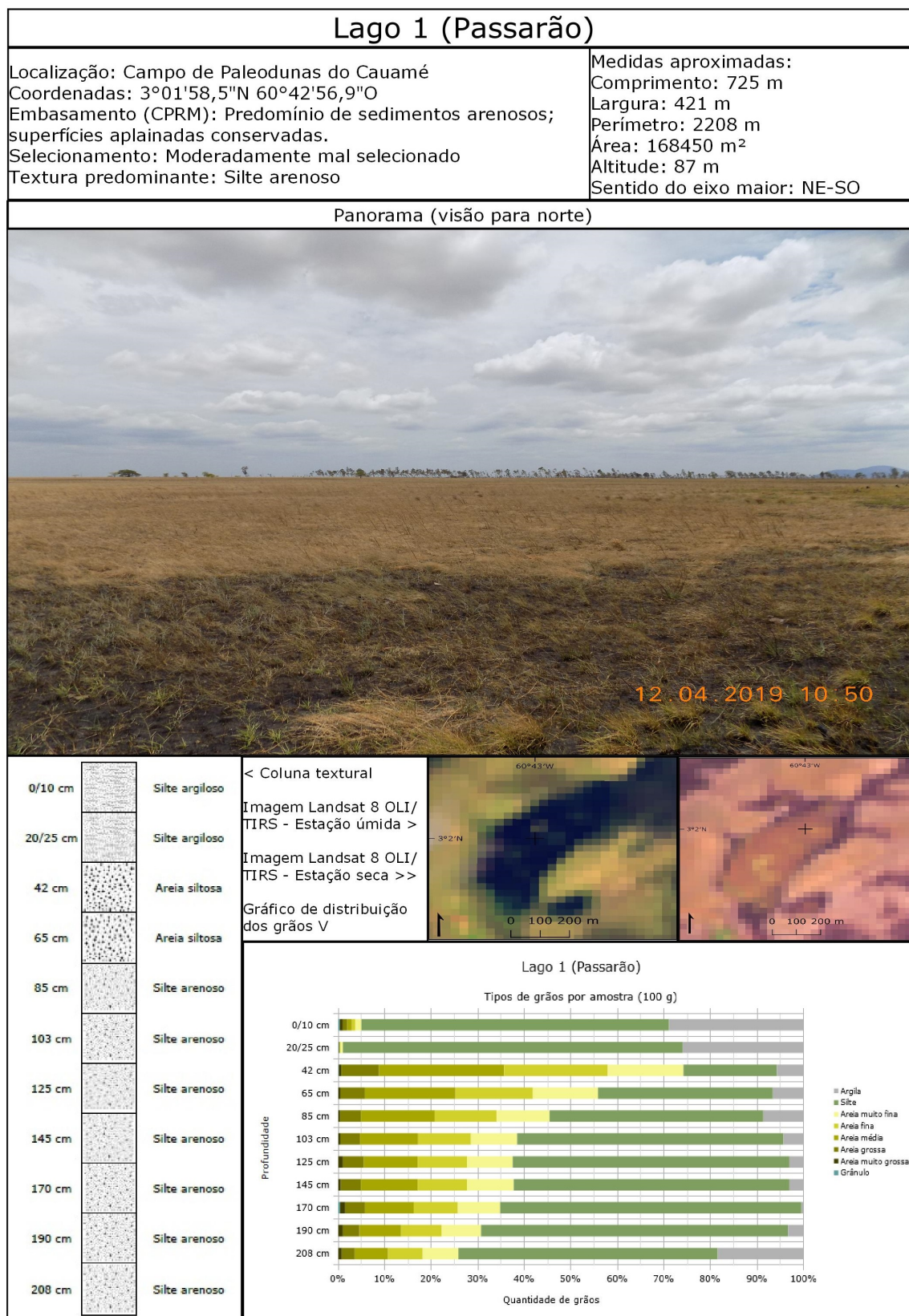
de fungos decompondo matéria orgânica. Este material pode ter sido soterrado há muito tempo, durante o processo de colmatação do lago.

Figura 21 - Mapa Lago 1 (Passarão) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o Campo de Paleo Dunas do Cauamé, a nordeste da cidade de Boa Vista



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Figura 22 - Ficha técnica do Lago 1 (Passarão)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - PPG-GEO
 Elaborado por: Rodrigo Munhoz
 Abril de 2020

Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Após o processamento, a fração areia se apresentou como areia quartzosa branca. A fração silte apresentou-se com a cor cinza escuro nas duas amostras superficiais, cor creme nas amostras centrais e mudou gradativamente para cinza claro nas mais profundas.

Quando úmidas, as amostras se mostraram gradativamente mais pegajosas quanto maior a profundidade, aderindo ao trado, às mãos e aos demais materiais, como um tipo de cimento, demonstrando a capacidade de retenção da água e possivelmente a sua importância para a retenção do lençol freático nessa região.

A pouca altimetria média e profundidade relativa no qual a hegemonia da areia foi substituída pela do silte demonstra o alto nível de lixiviação e arrasamento do Campo de Paleo Dunas do Cauamé. Existe um grande contraste entre a situação deste local em comparação com o Campo de Dunas da Serra Grande, conforme será verificado mais adiante. A altimetria muito maior das dunas lá, bem como a composição praticamente toda arenosa da coluna estratigráfica retirada do lago amostrado, mostra como as Paleo Dunas foram deterioradas pelo intemperismo.

Este lago se encontra, segundo Roraima (2002), assentado sobre uma ocorrência da Formação Areias Brancas e sua provável gênese está ligada a uma antiga depressão interdunas que foi aplainada. Além disso, seu formato e orientação parecem indicar um encaixamento em padrão quadrangular, acompanhando a tendência dos seus lagos irmãos.

4.2.2 Sistema II - Lagos independentes (tectônicos)

Este sistema, na falta de uma definição melhor, é formado pelos lagos independentes e semi-independentes, ligados ou não à rede de drenagem, espalhados em grande número pela área do município, porém, fora dos locais específicos onde se encontram os demais sistemas aqui estudados. Seus lagos apresentam as mais diversas formas, de quase circulares até sub-retangulares e podem ou não estar conectados à igarapés, veredas ou outros lagos.

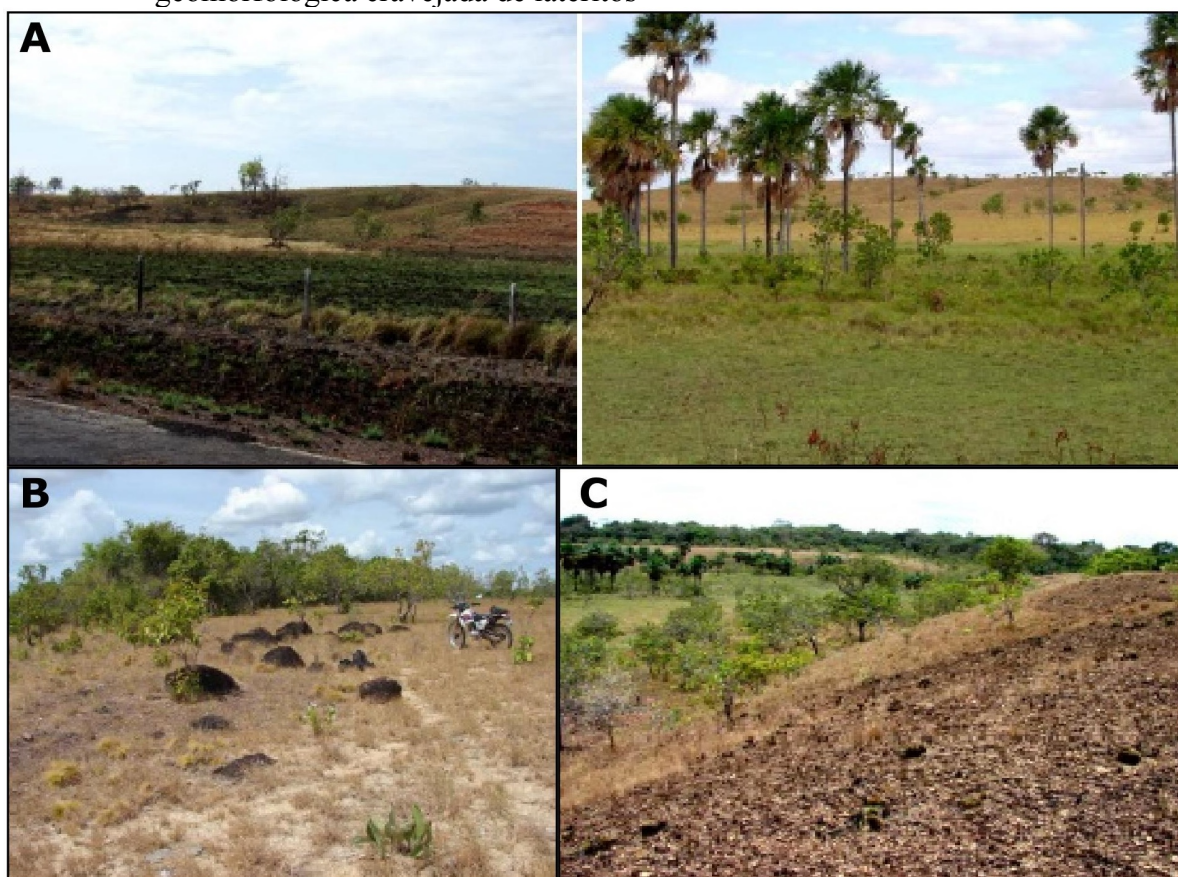
Se apresentam em um patamar médio de 100 metros nas regiões norte-noroeste do município, ou seja, geralmente um pouco acima dos lagos de Paleo Dunas e seus divisores, os tesos, são mais altos (até 150 metros) e mais resistentes à erosão e ao encaixamento da drenagem.

Latrubesse e Nelson (2001) atribuem a origem dos lagos de “panelas”, ou seja, os lagos circulares, à deflação provocada no material sedimentar pelo trabalho de ventos

helicoidais ascendentes associados ao clima mais árido do Pleistoceno/Holoceno, durante as horas de maior aquecimento solar do dia.

Por outro lado, Meneses, Costa e Costa (2007), após realizarem análises mineralógicas em alguns lagos na zona oeste da cidade de Boa Vista, concluíram que o material sedimentar desses lagos não tem ligação com o material proveniente da planície aluvionar do rio Branco. Assim sendo, os lagos seriam produto simplesmente de depressões da camada superior da Formação Boa Vista interceptadas sazonalmente pela repentina subida do lençol freático na estação chuvosa – os lagos de olhos d'água.

Figura 23 - Formações características da geomorfologia do sistema II. Em A: dois exemplos de tesos (divisores de águas); em B: remanescentes erosionais; em C: formação geomorfológica cravejada de lateritos



Fotografias: PINHEIRO (2007).

O estudo de Pinheiro (2007) na região noroeste do município de Boa Vista, entre os médios Uraricoera e Cauamé, abrangeu uma pequena porção deste sistema. A autora detectou a presença dos tesos e de remanescentes erosionais. Reis Neto e Costa (2010) também detectaram a presença dos detritos erosionais e de lateritas na área. Estes materiais conferem a

maior resistência à erosão dos divisores de águas desse sistema (tesos) em comparação com as cristas de dunas do sistema de paleo dunas (figura 23).

Algumas áreas desse conjunto estão próximas à regiões onde se encontram os remanescentes dos Planaltos Residuais de Roraima e essas estruturas seriam as responsáveis pela presença dos remanescentes erosionais. O substrato do entorno de algumas dessas estruturas apresenta paragnaisses com coberturas detrítico-lateríticas, conforme a CPRM (2011) (figura 10).

Os lagos se apresentam muitas vezes em correntes, ligados por um igarapé. Outras vezes aparecem praticamente isolados. Quando isolados tendem a ter formatos circulares. Quando são nascentes ou tributários de primeira ordem de algum curso d'água costumam ter formato goticular (um lado arredondado e outro alongado). Outras vezes têm formatos alongados e são parte direta da rede de drenagem, recebendo água de um canal tributário em uma das pontas e alimentando outro canal na ponta oposta (PINHEIRO, 2007).

A mesma autora verificou a presença de algumas áreas com rede de drenagem de padrão retilíneo, típico de áreas com controle estrutural. Determinou também a orientação predominante L-O e NE-SO dos lagos e da drenagem. Ela atribui essas duas características ao processo tectônico de reativação do Cinturão Guiana Central, responsável por orientar as falhas e zonas de cisalhamento locais nessas direções preferenciais.

Corpos lacustres de aparência sub-retangular e trapezoidal apresentam-se neste sistema, geralmente com alguma ligação direta à drenagem. Esta forma parece indicar controle tectônico na formação dessas bacias. Meneses, Costa e Costa (2007), apesar de afirmarem serem os lagos de Boa Vista originados da interceptação das depressões pelo lençol freático, não procuraram explicar a origem das depressões. A partir do estudo de Pinheiro (2007) podemos atribuir a sua origem a controle tectônico que interferiu na moldagem da superfície da Formação Boa Vista, deixando algumas depressões. Essa parece ser a explicação mais lógica para a origem do sistema.

A presença de lateritas e materiais mais resistentes também pode ter contribuído para a formação atual dessas depressões. A subida e descida sazonal do nível freático pode ter remobilizado e/ou lixiviado o material sedimentar dessas bacias, enquanto as chuvas não tiveram capacidade de desgastar completamente os tesos e os locais onde se encontram crostas lateríticas mais resistentes.

Os lagos neste sistema são geralmente mais profundos e apresentam vegetação mais

desenvolvida no seu entorno. A vegetação mais avançada indica a presença de solos mais ricos e mais umidade, enquanto a maior profundidade aumenta a chance de interceptação constante do nível freático, mesmo durante os períodos de estiagem. O fato de os lagos serem mais profundos também indica a existência de um maior volume de água, aumentando a resiliência à evaporação. Por outro lado, a presença de crostas lateríticas dificultam a infiltração e o encaixamento da drenagem, favorecendo a manutenção da água na superfície (REIS NETO e COSTA, 2010) (figura 24).

Figura 24 - Lago na região noroeste de Boa Vista (sistema II) mostrando espelho d'água constante e vegetação mais desenvolvida no entorno. Da esquerda para a direita: dezembro de 2006; março de 2007; julho de 2007



Fotografias: PINHEIRO (2007).

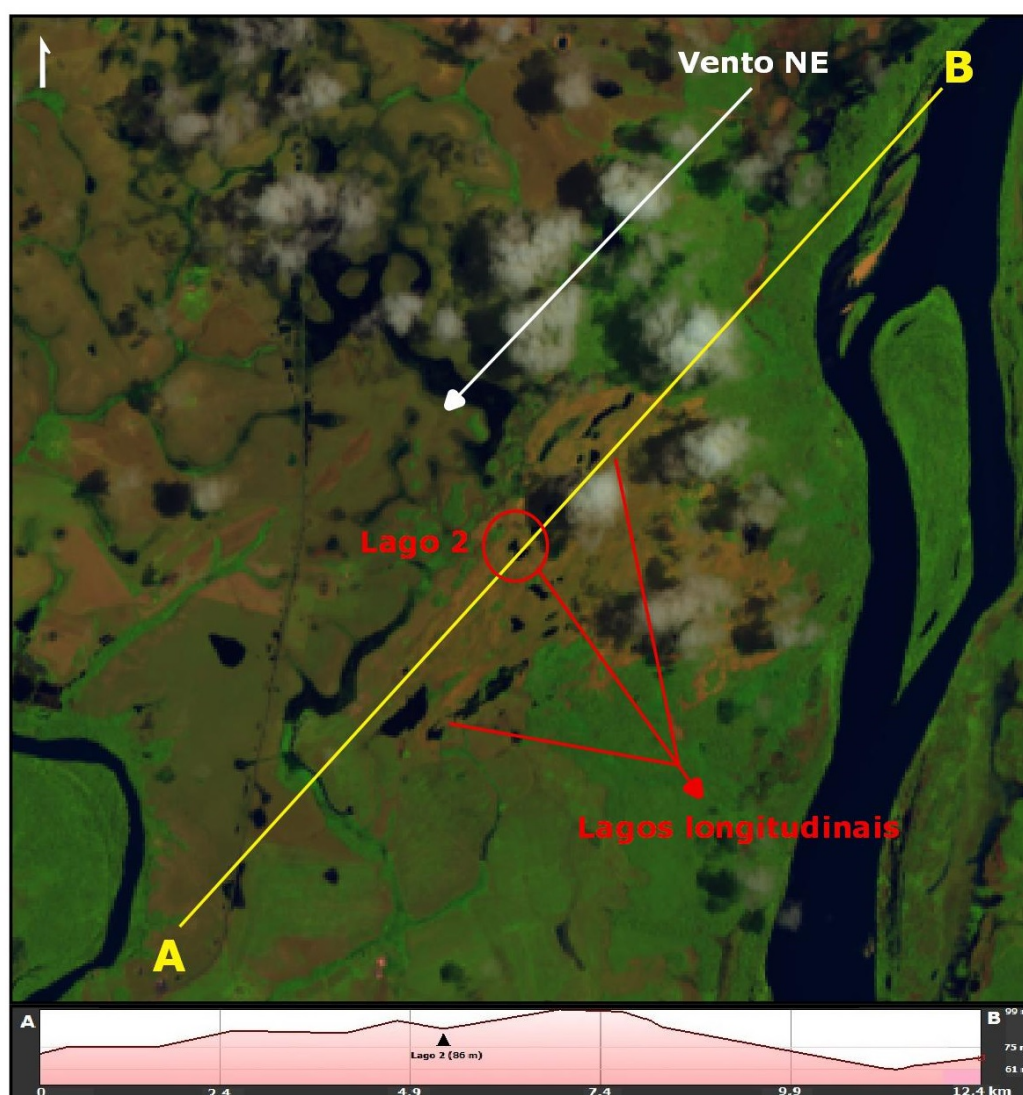
Isso justifica a existência de muitos lagos perenes neste sistema, alguns inclusive sendo utilizados para recreação, em contraposição aos lagos sazonais do sistema de Paleo Dunas. Dividem-se assim em lagos de olhos d'água e lagos de crosta laterítica (MENESES, COSTA e COSTA, 2007; COSTA et al., 2007) e sua origem pode estar relacionada à formação de áreas rebaixadas na superfície da Formação Boa Vista por irregularidades do embasamento, retrabalhamento de materiais sedimentares pela oscilação do nível freático ou encaixamento/entulhamento de drenagem.

4.2.3 Sistema III - Lagos do Campo de Dunas da Serra Grande (eólicos)

O Campo de Dunas da Serra Grande se situa no extremo sul do município de Boa Vista, entre o rio Branco e o baixo curso do rio Mucajaí. Tem um formato levemente

triangular, com a parte mais larga a barlavento e a parte mais estreita a sotavento (figuras 25 e 29). Compõe-se de dunas fixadas pela vegetação (CPRM, 2011), longitudinais e cujas cristas são intercaladas por depressões, grande parte também longitudinais, ocupadas por lagos. O perfil topográfico longitudinal mostra uma elevação mais suave das dunas em relação ao transversal (ver figura 29), demonstrando o caráter alongado das dunas (figura 25).

Figura 25 - Perfil longitudinal do Campo de Dunas da Serra Grande, mostrando direcionamento concordante com os ventos predominantes e os lagos laminares longitudinais



Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2018) e Google Earth Pró (perfil topográfico). Adaptação: Rodrigo Munhoz (2020).

É formada pelas areias oriundas de bancos existentes no leito do rio Branco que ficam expostos no período de vazante. O rio apresenta um curso de sudoeste até passar ao

lado da Serra Grande, em sua margem esquerda, onde faz uma curva para sul, acompanhando o limite do Gráben do Tacutu (figura 10).

O transporte eólico do vento nordeste predominante, que se torna mais forte nesta região justamente na estação seca, e ainda sofre o efeito de canalização pela presença do paredão da Serra Grande (figura 26), transportou o sedimento dos bancos do rio na direção sudoeste, ou seja, sobre a margem direita na tangente da curva, formando as dunas (SANDER, 2015). As dunas longitudinais formadas se devem à variação de direção dos ventos ao longo do ano (figura 25).

Figura 26 - Aspecto da Serra Grande vista do topo do campo de dunas, a nordeste do mesmo. Entre os dois encontra-se o rio Branco, oculto na foto



Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

O patamar médio do entorno fica na casa dos 75 metros, enquanto o campo de dunas atinge a altimetria média de 90 à 100 metros (ver perfis topográficos nas figuras 25 e 29), podendo chegar à 120 em algumas cristas, demonstrando uma clara discrepância da geomorfologia da região (figura 27).

Figura 27 - Panorama do Lago do Tuiuiú, na borda sul do Campo de Dunas da Serra Grande, com destaque para a elevação das dunas ao fundo



Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

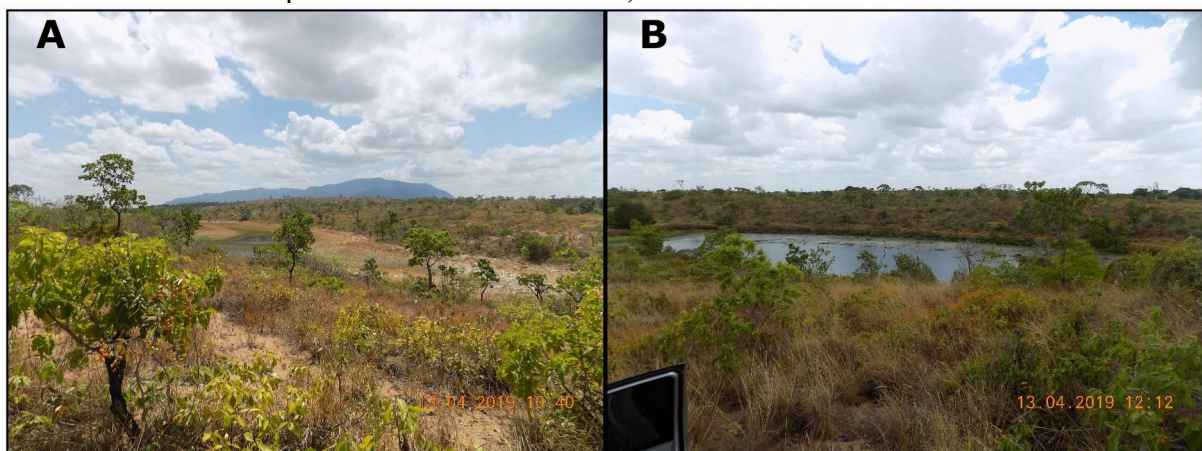
A CPRM (2011) classifica a formação como dunas fixadas pela vegetação, dando a entender que as mesmas já estão inativas. Estas dunas foram datadas entre 23 à 19 mil anos antes do presente por Zular et al. (2019) em contraste com a idade média entre 53 à 28 mil anos antes do presente da Formação Boa Vista datada pelos mesmos autores. Os dados mineralógicos sugerem ainda serem estas dunas formadas por sedimentos oriundos de uma fonte distinta da Formação Boa Vista, provavelmente provenientes dos sedimentos fluviais do rio Branco, além de apresentarem contato discordante com aquela (ZULAR et al., 2019).

No entanto, a presença de vegetação parcialmente soterrada por areia nas áreas limítrofes do campo, pode evidenciar que as dunas ou parte delas ainda está ativa. Mais estudos são necessários para se verificar esta hipótese.

Entre as cristas das dunas e nas bordas do campo se constituíram depressões, geralmente laminares, que acumulam as águas pluviais e interceptam o lençol freático do campo de dunas, formando os lagos. Todos os lagos desse sistema apresentaram espelho

d'água, mesmo que em níveis extremamente baixos, no final da estação seca. Isto indica a existência de um aquífero próprio do campo de dunas que intercepta o fundo das depressões, garantindo a presença de água em seus leitos (figura 28). Parte deste fluxo subsuperficial também deve alimentar os lagos existentes nas bordas do campo de dunas.

Figura 28 - Aspectos de lagos do campo de dunas ao final da estação seca. Em A: lago laminar no topo do campo de dunas; em B: Lago do Navio, próximo à borda sudeste. O lago central apresenta ainda uma reduzida lâmina d'água. O lago limítrofe apresenta um volume maior, talvez devido à sua altimetria



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

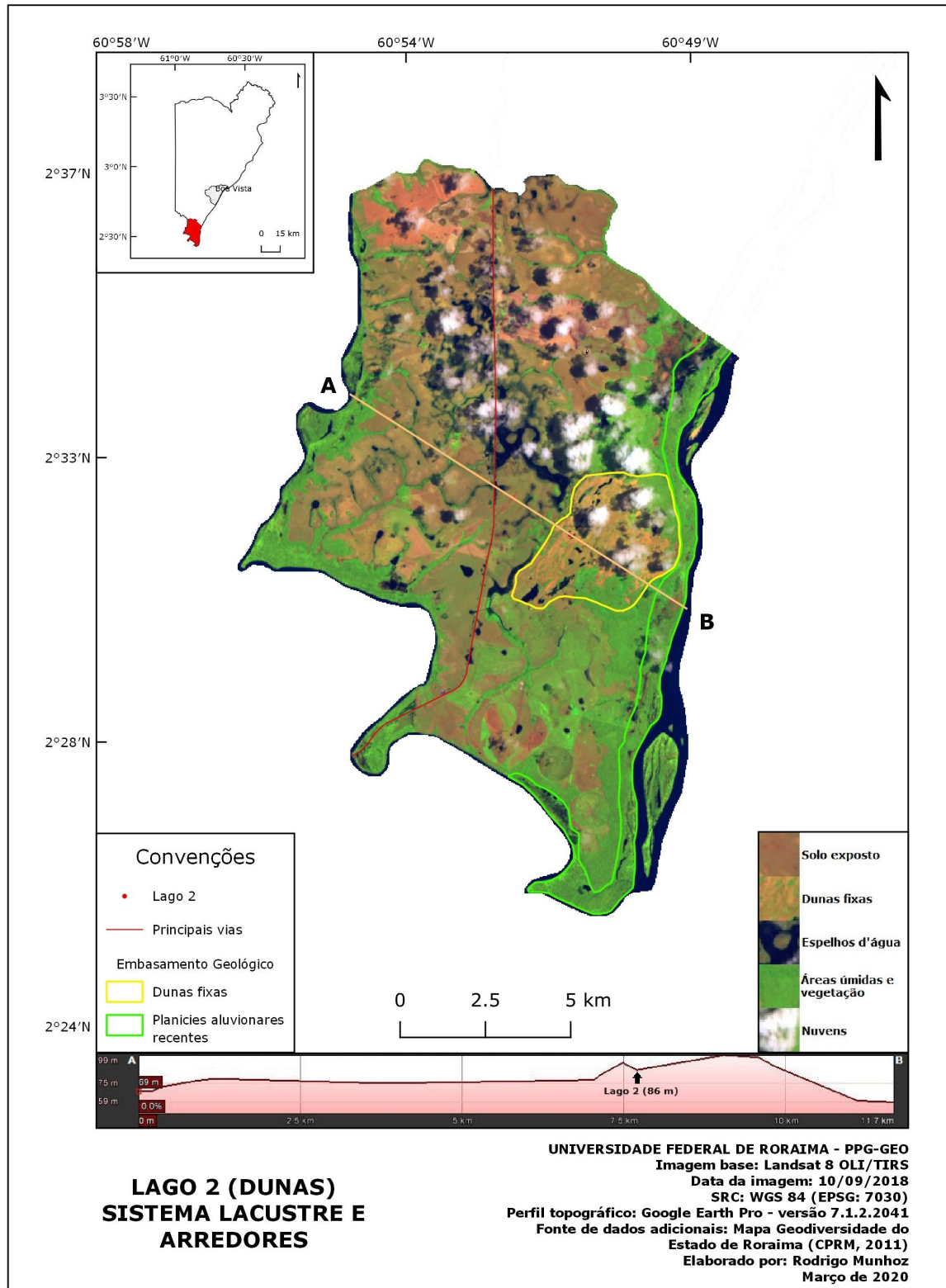
4.2.3.1 Lago 2 (Dunas)

Deste lago foram coletadas nove amostras de sedimentos com o trado manual. No ponto 1, mais próximo do centro da bacia, foram retiradas quatro amostras numa profundidade entre 0 até 65 centímetros. A partir desta profundidade o poço saturou-se de água e não permitiu a retirada de mais material. Do ponto 2, alguns poucos metros mais acima, foi possível retirar mais quatro amostras, entre 65 até 115 centímetros, ponto a partir do qual novamente foi interceptado o lençol freático. Acima da margem do lago foi retirada a nona amostra (ponto 3), uma porção de areia superficial para análise.

Quase todas as amostras apresentaram textura arenosa, com concentração acima de 80% de fração areia. A areia média foi a granulometria mais comum, com média entre 40 à 50% em cada amostra. Areia fina foi a segunda gradação mais comum (gráfico da figura 30).

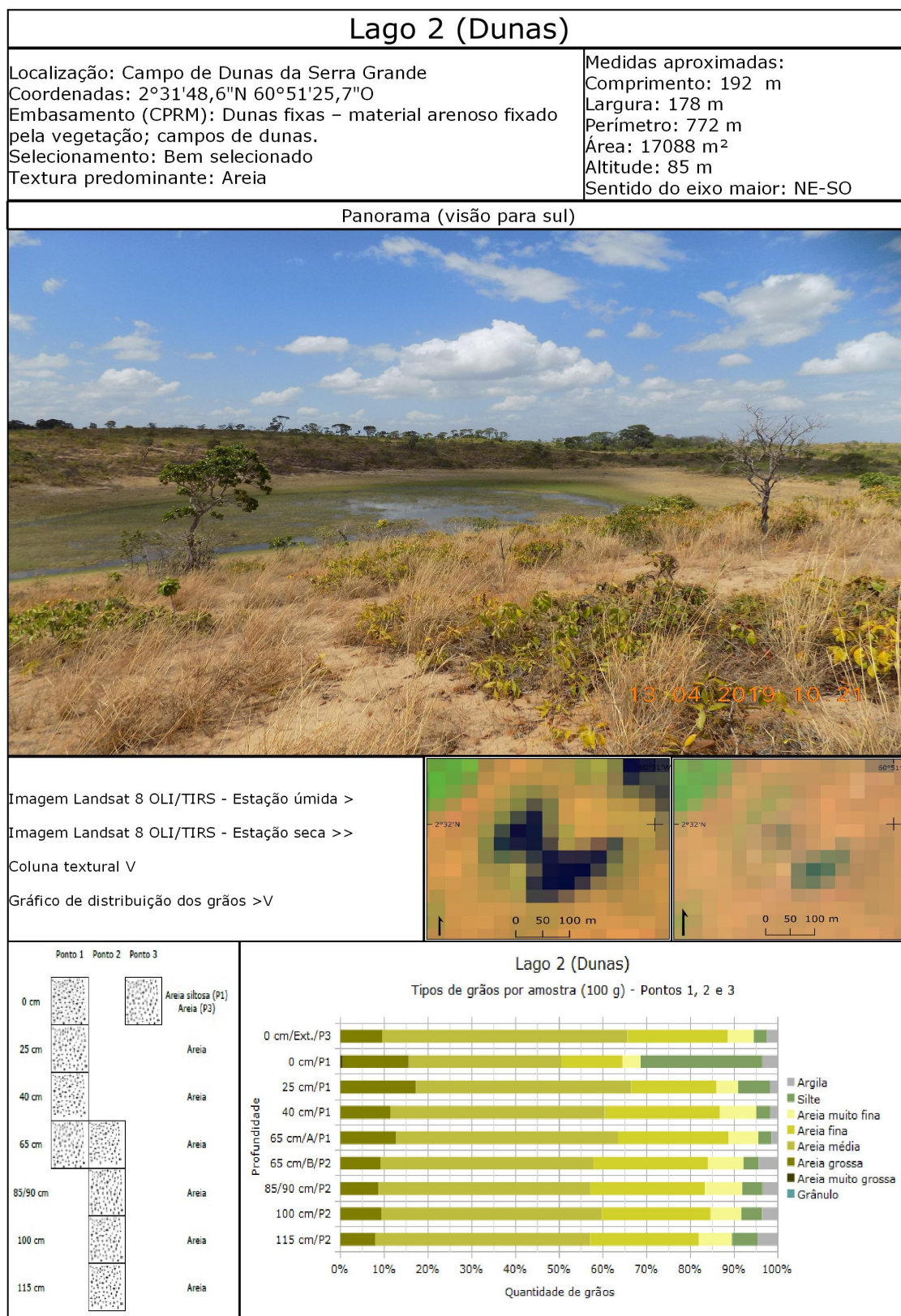
A seguir o mapa do sistema lacustre e arredores e a ficha técnica (figuras 29 e 30).

Figura 29 - Mapa Lago 2 (Dunas) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o Campo de Dunas da Serra Grande, no extremo sul do município de Boa Vista



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Figura 30 - Ficha técnica do Lago 2 (Dunas)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - PPG-GEO
 Elaborado por: Rodrigo Munhoz
 Abril de 2020

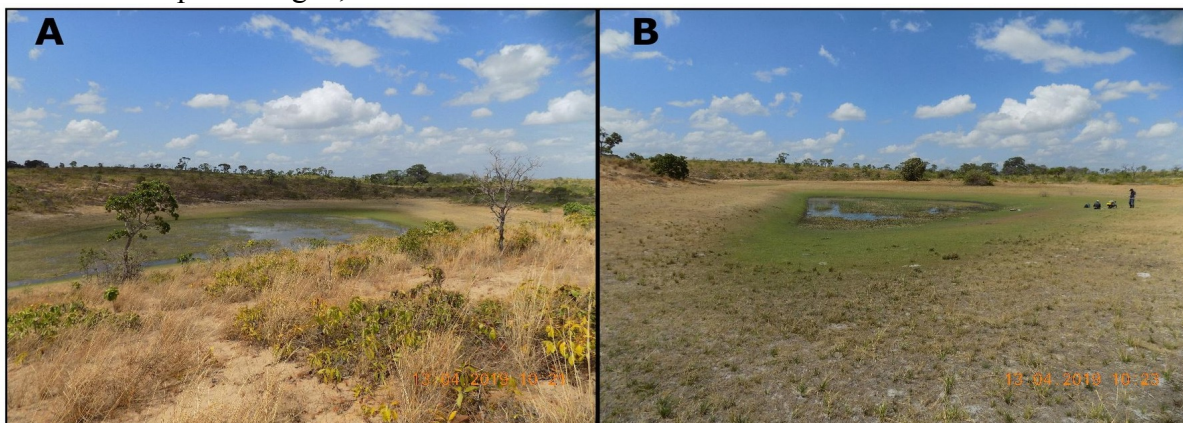
Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Apenas a amostra superficial do ponto 1, mais próximo ao centro da bacia, apresentou pouco mais de 30% de concentração conjunta das frações silte e argila. Isto se deve à enorme presença de matéria orgânica e sedimentos próximos à linha d'água, com raízes e restos de insetos (figura 30).

Após processadas as areias apresentam a coloração branca (quartzosas) e o silte tons cinza claro. Apenas o silte das duas primeiras amostras do ponto 1 apresentaram coloração cinza escuro, devido à presença de matéria orgânica. A areia retirada da superfície no ponto 3 (extra), acima da margem, mesmo após lavada apresentou a coloração ocre, que segundo Latrubesse e Nelson (2001) é característico das areias da região quando expostas ao tempo.

Este lago tem formato de bigorna, sendo composto por duas bacias laminares emendadas pelo meio, concedendo este aspecto curioso ao seu formato. A bacia oriental é mais extensa e profunda, possuindo volume maior de água. Já a bacia ocidental, de onde foram colhidas amostras de sedimentos possui área menor e mais rasa, apresentando reduzida lâmina d'água ao final da estação seca. Ele está cercado por cristas razoavelmente elevadas e cobertas de vegetação semelhante à restinga (figura 31).

Figura 31 - Aspectos do Lago 2 (Dunas) e entorno ao final da estação seca. Em A: a bacia oriental, maior e mais profunda; em B: a bacia ocidental mostrando um mínimo espelho d'água, com a bacia oriental oculta ao fundo



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

O volume do lago, assim como dos lagos vizinhos, aumenta consideravelmente no período úmido, como demonstram as marcas de nível nas margens e a comparação das imagens (figura 30). A vegetação, pela imagem de sensoriamento, parece não apresentar muita variação, provavelmente devido à sua característica de restinga, adaptada ao solo arenoso.

O leito do lago se encontra numa altitude de 86 metros, aproximadamente 10 metros

acima do nível médio do entorno do campo de dunas (perfil topográfico da figura 29). Esta informação, junto com os resultados obtidos pela análise granulométrica, indicam que o corpo lacustre não tem relação com o substrato da Formação Boa Vista, estando baseado na massa formada pelas dunas. Assim sendo, fica determinado que este lago e seus vizinhos da parte superior são de origem eólica, formado nas áreas de deflação interdunas. Cabem novos estudos no sentido de identificar melhor as condições de formação e embasamento dos lagos situados nas bordas do campo de dunas, que podem ter alguma variação.

O Campo de Dunas da Serra Grande, a exemplo do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, possui uma paisagem deslumbrante, apresentando lagos com belos espelhos d'água durante a estação chuvosa, vegetação semelhante à restinga e uma bela vista da Serra Grande. O levantamento da CPRM (2011) atesta o potencial geo turístico e a qualidade das águas do campo. O pessoal das fazendas do entorno utilizam o local para lazer, como evidenciam as trilhas de veículos marcadas no topo das dunas e chegando aos diversos lagos.

Entretanto, como todo complexo de dunas, ele tem alta vulnerabilidade à erosão e à contaminação das águas, sendo necessário o uso com cautela. Esta área merece mais estudos, tanto no sentido de se entender melhor sua origem e desenvolvimento atual, como no sentido de se pensar na criação de uma área de preservação municipal neste local.

4.2.4 Sistema IV - Lagos das áreas abaciadas do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri (tectônicos)

O sistema IV é um pequeno sistema lacustre que fica localizado dentro de áreas rebaixadas no entorno das intrusões basálticas do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri. Este complexo é formado por derrames de basalto e andesito que adentram ao território guianense e ocorreram durante uma importante reativação do Cinturão Guiana Central, em ambiente extensional, na fase pré-rifte, remontando ao período Jurássico (RORAIMA, 2002; SANDER, 2015).

Na paisagem deste sistema se destacam as elevações basálticas que compõem o conjunto de Serras Nova Olinda, ao norte da cidade de Boa Vista. Elas se compõem de três principais picos isolados com altitude média de 150 metros e cujo o maior atinge aproximadamente 208 metros. Entre os picos e demais elevações há a presença de vales, onde se instalou a drenagem e uma vegetação significativa (figura 32 e perfil topográfico da figura

34). Inclusive o trecho norte da alça de contorno de Boa Vista da rodovia BR-174 percorre o vale entre as serras (figura 34).

Figura 32 - Aspecto das Serras Nova Olinda, ao norte da cidade Boa Vista



Fotografia: FALCÃO e COSTA (2008).

Existe outra intrusão isolada, com formato de uma colina alongada, localizada no interflúvio do igarapé Água Boa com o rio Mucajaí, às margens da rodovia BR-174 trecho sul, há aproximadamente 20 km da cidade de Boa Vista. Esta se trataria de uma das últimas ocorrências dessa unidade geológica (BRASIL, 1975; COSTA, 2006 apud FALCÃO e COSTA, 2008). Em seu sopé também há uma pequena bacia lacustre, porém, mais rasa, indicando o rebaixamento do solo no entorno dessas formações.

O solo apresenta maior fertilidade natural devido à presença de basaltos e sustenta uma vegetação mais exuberante. Apresenta menor resistência à instalação de ravinas e voçorocas nas áreas mais íngremes e desprovidas de vegetação. Além disso, demonstra pedregosidade e rochiosidade em solos mais rasos (CPRM, 2011). Os rebaixamentos que indicam os caminhos dos fluxos de escoamento superficial ficam claramente visíveis na imagem de sensoriamento através da presença da vegetação mais densa (figura 34).

Conforme a CPRM (2011) possui rochas com baixa permeabilidade e taxa de infiltração e a ocorrência de solos argilosos espessos. Pode conter nos embasamentos

rochosos sistemas de falhas e fraturas interligadas. Condições que favorecem a formação de aquíferos fissurais de potencial irregular, devido ao baixo risco de contaminação, entretanto, com baixa qualidade das águas. Além disso, a região apresenta rochas que se alteram de forma heterogênea, deixando blocos e matacões em meio aos solos.

O sistema se localiza numa área abaciada (CPRM, 2011), ou seja, é bordejada e rebaixada em relação aos sistemas da Formação Boa Vista no seu entorno. O lago presente no Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima (que foi amostrado nesta pesquisa) se encontra na altitude de 73 metros, o que significa que está abaixo dos lagos dos campos de paleo dunas (média de 80 metros) e dos lagos do norte-noroeste do município (média de 100-110 metros).

A região é bem drenada, sendo cortada pelo rio Cauamé e contém a foz do igarapé Murupu, além de partes de tributários desses cursos d'água. É limitada à leste-nordeste por uma falha ou zona de cisalhamento, o que a separa hidrologicamente da microbacia do igarapé Carrapato e conseqüentemente de outros sistemas lacustres (figura 34). Apesar dos muitos lagos, não é considerada zona sujeita à inundação como, por exemplo, os campos de paleo dunas do Cauamé.

Devido a ser uma região abaciada, seus lagos formam um sistema fechado e que drena diretamente para o rio Cauamé e o igarapé Murupu ou seus tributários. A partir da imagem de sensoriamento remoto verifica-se que a maioria dos corpos lacustres do sistema apresentam-se em cadeias, onde cada um parece transbordar para o seguinte em períodos de grande cheia, até que finalmente o escoamento atinge um dos rios, sendo esses caminhos evidenciados pela presença da vegetação que se acumula preferencialmente nessas áreas úmidas (figura 34).

Os lagos neste sistema, apesar de manterem as bordas arredondadas, apresentam formatos mais variados indicando diferenças nas condições do solo sobre o qual se formaram em relação aos demais sistemas. Dentre as formas encontradas temos a forma trapezoidal (caso do lago amostrado), formas de asa-delta (triângulos alargados), triangulares, quadrangulares com laterais côncavas, alongados com bordas onduladas e cheios de reentrâncias/pequenas baías de bordas arredondadas.

Estas formas podem ser derivadas de fraturas que foram erodidas e alargadas pelo intemperismo ou mesmo a irregularidades formadas no embasamento por alteração diferencial das rochas vulcânicas, evidenciando controle estrutural dos corpos lacustres. O próprio rio

Cauamé apresenta forte controle estrutural no trecho em que corta esta região (figura 34).

Eles são perenes e isto provavelmente se deve à maior profundidade aparente das bacias lacustres, à presença dos solos argilosos e silteosos espessos e do fraturamento que pode favorecer o trânsito do escoamento superficial.

4.2.4.1 Lago 3 (Campus Cauamé)

O lago amostrado neste sistema se encontra dentro do Campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima. Ele se forma numa pequena depressão de formato trapezoidal e não tem ligação com igarapés. Está posicionado numa porção plana e uma das mais rebaixadas dentro da região vulcânica das Serras Nova Olinda, com altimetria média de 73 metros, ou seja, abaixo do nível dos lagos dos campos de paleo dunas.

De acordo com as imagens de sensoriamento remoto ele parece estar no final de uma pequena sequência de lagos que transbordam uns para os outros nos períodos de cheia intensa, conforme evidenciado pela presença de vegetação e marcas escurecidas no terreno. É o último da cadeia lacustre e transborda diretamente para o rio Cauamé que passa logo ao sul (figura 34).

O formato trapezoidal e as margens elevadas a montante do fluxo aparente da drenagem (margem norte), compostas por solo avermelhado e mal selecionado, indicam sua origem tectônica, já que sua depressão pode ter se formado em alguma fratura que foi ampliada e/ou rochas que foram decompostas de forma diferenciada pelo intemperismo.

Ele apresenta eixo maior no sentido NE-SO, indicando controle estrutural pelos grandes eventos geológicos que moldaram esta intrusão vulcânica e o Gráben do Tacutu, direcionando as falhas e interferindo na drenagem regional conforme apontam Scalabrin, Wankler e Menezes (2019) e Nascimento, Salgado e Gomes (2019).

O lago é perene e está bem povoado por plantas macrófitas, além de possuir uma vegetação de maior porte na margem oriental. Essa condição indica uma maior profundidade (maiores capacidade de armazenamento e possibilidade de interceptação do lençol freático) e melhor qualidade do solo para suportar vegetação mais desenvolvida (figura 33).

Figura 33 - Panorama (visão para norte) do Lago 3 (Campus Cauamé) ao final da estação seca, mostrando a presença de espelho d'água permanente, grande povoamento de macrófitas, vegetação mais desenvolvida na margem oriental e margens mais elevadas à montante



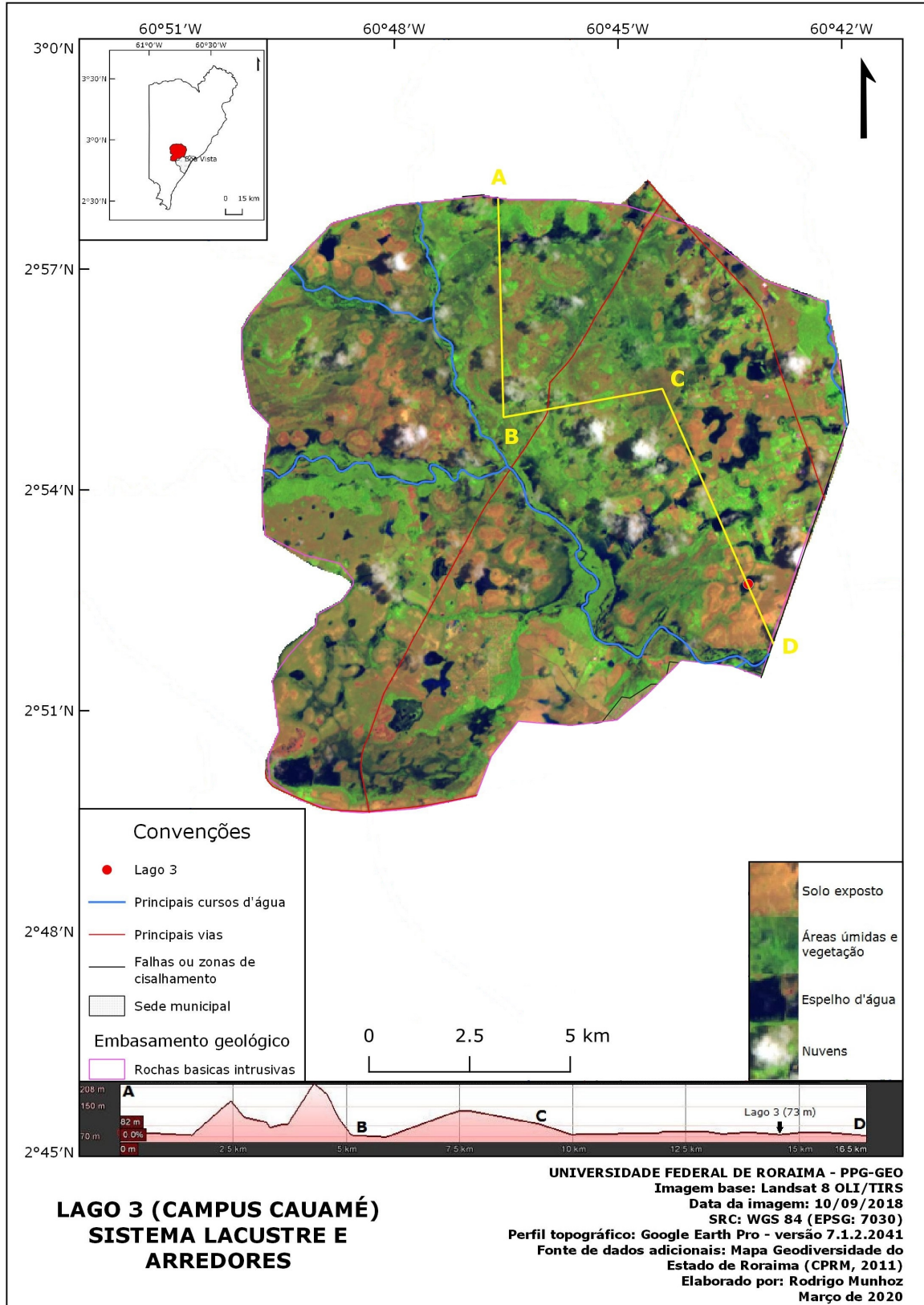
Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

Este lago é o único dos quatro amostrados nesta pesquisa que apresenta uma presença significativa de grãos da fração grânulo (acima de 2 milímetros, com alguns ainda acima de 4 milímetros) nas amostras de sedimento do seu leito. Também apresenta uma fração silte muito grande e de cor alaranjada-avermelhada, indicando a origem a partir de rochas básicas e a presença de ferro. A partir de 2 metros de profundidade são encontradas lateritas, conforme verificação em campo.

A textura predominante é areia siltosa, porém, muito equilibrado entre as frações areia e silte. Apesar das informações indicadas pela CPRM (2011), a fração argila encontrada na análise granulométrica foi muito pequena.

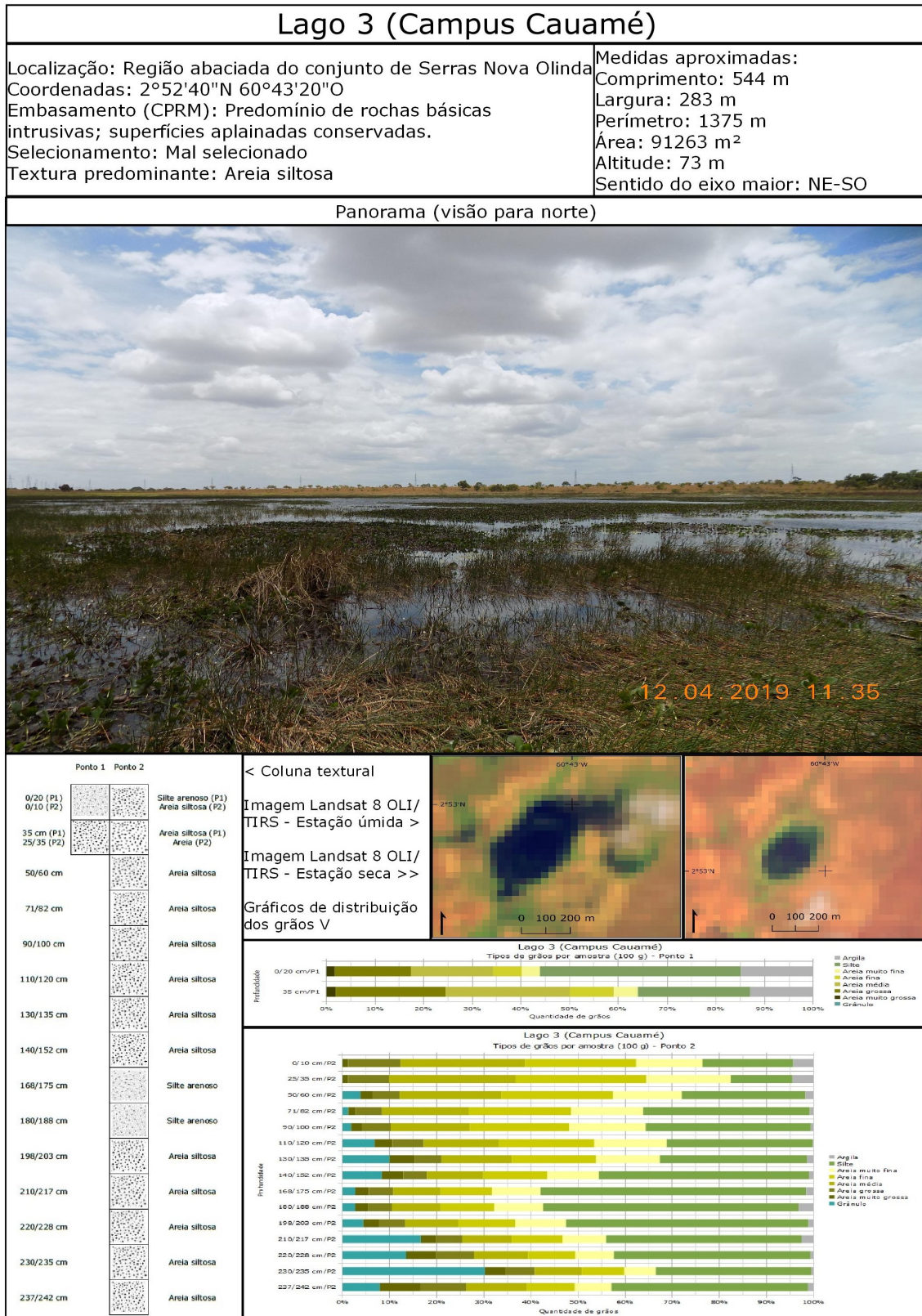
A coleta de material em campo foi realizada no final da estação seca, em abril de 2019. Foram retiradas um total de dezessete amostras, sendo duas do ponto 1, mais próximo da linha d'água e quinze do ponto 2, alguns metros mais acima.

Figura 34 - Mapa Lago 3 (Campus Cauamé) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando o conjunto das Serras Nova Olinda, ao norte da cidade de Boa Vista



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Figura 35 - Ficha técnica do Lago 3 (Campus Cauamé)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - PPG-GEO
Elaborado por: Rodrigo Munhoz
Abril de 2020

Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

No ponto 1 após apenas duas amostras o material já se tornou liquefeito e impossibilitou a continuação da retirada. No ponto 2, aproximadamente cinco metros mais acima já foi possível a retirada de muitas amostras. Este lago, dentre os quatro amostrados nesta pesquisa foi o que permitiu atingir a maior profundidade na retirada de material sedimentar com o trado manual, chegando a quase dois metros e meio.

As amostras mais profundas se apresentaram muito pegajosas e siltosas, conforme foi verificado durante o trabalho de campo e confirmado na análise granulométrica. O silte laranja-avermelhado é extremamente pegajoso e tem tendência a reter a umidade. Essas características, somadas ao fato de os furos do ponto 1 e do ponto 2 estarem apenas a alguns metros de distância e mesmo assim o ponto 2 se manter estável, sem saturação de água, indicam a presença de uma camada de difícil infiltração no substrato do lago, ajudando a manter a lâmina d'água na superfície.

A amostra 1 do ponto 1, da profundidade de 0 à 20 centímetros, apresenta grande fração de silte e argila devido à enorme quantidade de matéria orgânica das macrófitas presente na amostra. As amostras 2 do ponto 1 (35 centímetros) e 1 e 2 do ponto 2 (0/10 centímetros e 25/35 centímetros) já apresentam predominância da fração areia, entretanto, ainda com muita influência da presença de matéria orgânica. Por isso, em todas estas quatro, tanto a cor da amostra bruta, quanto do silte é cinza.

A partir da amostra 3 do ponto 2 (50/60 centímetros) as amostras brutas gradativamente passam da cor creme para alaranjadas, bem como o silte depois de separado. A partir desta amostra surge também uma significativa fração grânulo, formada por grãos de quartzo e concreções lateríticas (gráfico da figura 35).

A fração grânulo tem tamanhos acima de 2 milímetros e até grãos maiores, acima de 4 milímetros que foram encontrados nas amostras mais profundas, pois, a partir de 2 metros de profundidade foram encontradas lateritas, como já citado. Eles são formados por grãos de quartzo, que representam remanescentes erosionais devido a erosão diferencial das rochas da área, e concreções lateríticas.

Areia é o tamanho de grão predominante nas amostras, seguida muito de perto pelo silte. As areias são quartzosas brancas e as porcentagens mais encontradas são areia fina, areia muito fina e areia média respectivamente.

O silte tem grande representação chegando a atingir mais de 50% da amostra em três oportunidades (amostras 9, 10 e 11 do ponto 2). Ele grada de cinza escuro para claro nas

amostras superficiais, claramente influenciados pela matéria orgânica. A partir de meio metro eles gradam de creme para laranja-avermelhado e se tornam muito pegajosos e higrófilos. Eles compõem a camada impermeabilizante do subsolo do lago. São os remanescentes da decomposição dos basaltos do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri.

A fração argila, por sua vez, apresentou-se muito pequena e praticamente insignificante nas amostras mais profundas, a despeito do que informa a CPRM (2011) (gráfico da figura 35).

Os sedimentos são mal selecionados devido à presença de todo o material já informado. Há um padrão de alternância de granulometria entre as profundidades de 1 e 2 metros, havendo aumento das frações grânulo e areias nas profundidades entre 1 metro e 1 metro e meio e entre 2 metros e 2 metros e meio. No intervalo entre 1 metro e meio e dois metros aproximadamente estas frações diminuem e o silte domina. Isto aparentemente representa um processo de alternância deposicional ao longo da história evolutiva do lago (gráficos da figura 35).

Apesar de ser perene e possuir a camada de silte impermeabilizante no seu substrato ele sofre grande perda de volume durante a estação seca, provavelmente devido a evaporação provocada pelo alto índice de insolação de Boa Vista, diminuindo sua área alagada conforme pode ser observado nos quadros comparativos da figura 35.

A origem deste lago, assim como de seus coirmãos do sistema, pode ser devido a irregularidades no embasamento que provocaram o aparecimento de depressões na camada sedimentar superficial e/ou à alteração diferencial de rochas.

4.2.5 Sistema V - Lagos fluviais das planícies aluvionares (fluviais)

Boa Vista possui um importante sistema de rios que apresentam consideráveis planícies fluviais. Seu território se encontra em uma região de baixas altimetria e declividade, o que implica em uma menor capacidade de transporte e favorece o surgimento de ambientes de deposição. As planícies fluviais boa-vistenses representam uma parte interessante da paisagem do município e estão repletas de lagos fluviais (figuras 10 e 17).

A partir das informações de Sander (2015) e da fotointerpretação encontramos os seguintes tipos: lagos de canais abandonados, lagos de meandros abandonados (meia-lua), lagos em depressões remanescentes da planície de várzea, lagos de inundação da planície de

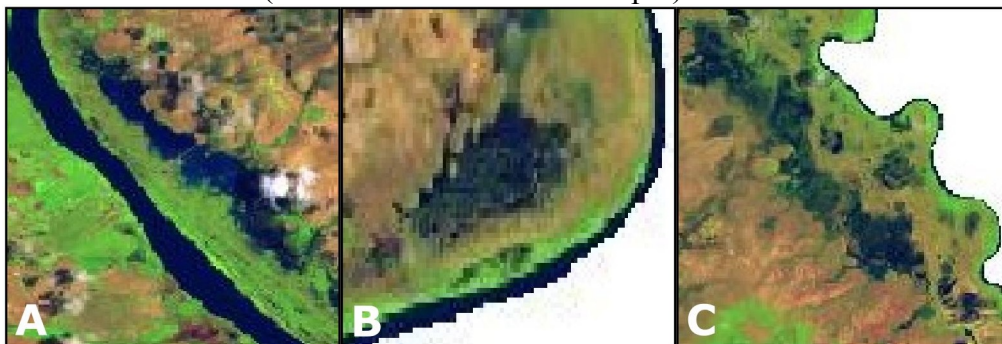
várzea e lagos de acreção transversal ou longitudinal. Ainda segundo Sander (2015), na planície fluvial do alto rio Branco os lagos se dividem em lagos de planície, que representam a maioria absoluta (94%), e lagos insulares, a minoria (6%).

Os lagos de canais abandonados se caracterizam por serem retilíneos e alongados. Eles têm origem em antigos canais, principais ou secundários, em trechos retilíneos, que foram abandonados pelo rio em sua migração lateral dentro da planície (figura 37).

Meandros abandonados ou lagos em forma de meia-lua constituem também partes de canais abandonados, porém, em trechos de curvas (meandros). São curvas que foram cortadas quando o rio erodiu o suficiente a barra ou dique a montante das mesmas, abrindo uma crevasse e desembocando a jusante do meandro. Após esse corte, o trabalho de deposição lateral constrói um dique marginal nas entradas do meandro, com o tempo isolando-o e constituindo assim o corpo lacustre (figura 37).

Lagos de inundação da planície de várzea são compostos por áreas planas e rebaixadas da várzea do rio que inundam na época das cheias, formando espelhos d'água de formas arredondadas ou sub-retangulares alongadas e geralmente possuem áreas de cobertura maiores do que os demais tipos (figura 36)

Figura 36 - Exemplos de lagos de inundação da planície de várzea em imagens do final da estação úmida (set. 2018). Em A: lago no rio Uraricoera na altura da rodovia RR-319 (Passarão); em B: lago em curva do rio Tacutu (São Marcos); em C: conjunto lacustre no rio Surumu (extremo nordeste do município)

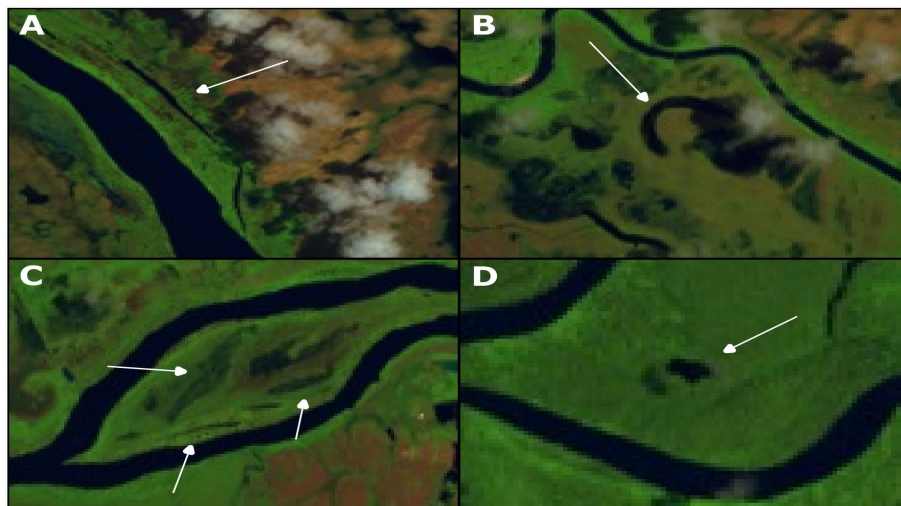


Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2018). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

Os lagos em depressões remanescentes da planície de várzea se constituem por pequenas depressões circulares, semicirculares ou irregulares remanescentes de avançados processos de colmatção. Possuem formas de pequenos retângulos, quadrados ou são levemente arredondados (figura 37).

Por fim, os lagos de acreção formam-se por acúmulo de material do rio junto às barras, ilhas ou às margens. Esse acúmulo vai formando uma barra de sedimentos que isola gradativamente uma parte de um canal até que suas pontas são entulhadas, isolando o lago do rio. Os formatos são semelhantes aos dos lagos de canais abandonados, sendo retilíneos e alongados ou de meia-lua. No entanto, podem se formar longitudinais ao curso do rio, quando formados por acreção lateral, ou transversais, quando formados por acreção frontal (figura 37).

Figura 37 - Alguns tipos de lagos fluviais encontrados no município de Boa Vista. Em A: lago de canal abandonado no rio Uraricoera; em B: lago de meandro abandonado (meia-lua) no rio Surumu; em C: lagos de acreção longitudinal em ilha do rio Uraricoera; em D: lagos em depressões remanescentes da planície de várzea, apresentando formatos elipsoidais, no baixo rio Mucajaí

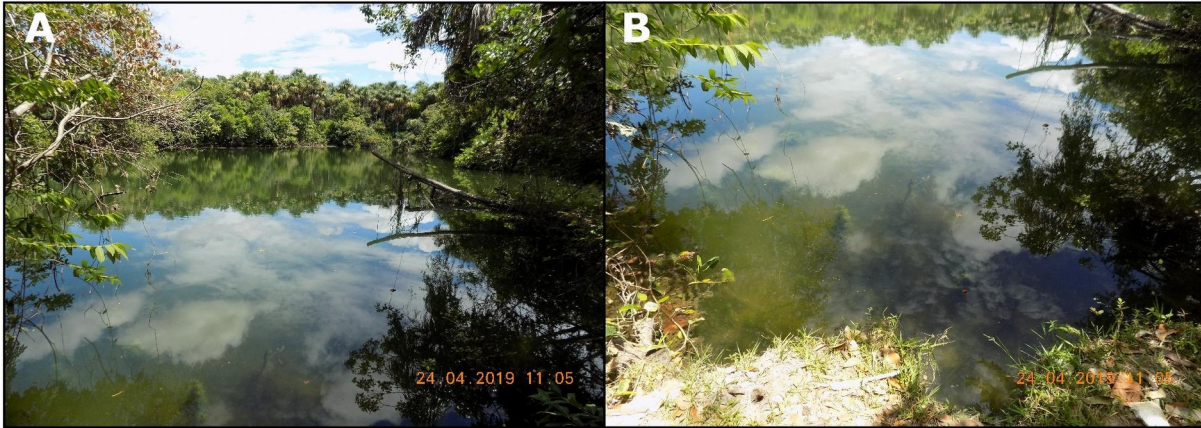


Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2018). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

Podem ser perenes ou sazonais, dependendo do tipo de sedimento (capacidade de retenção da infiltração) e da profundidade do leito (interceptação do lençol freático). Em Boa Vista, diante da perenidade dos principais rios, são quase todos perenes, mesmo que alguns fiquem muito reduzidos nos períodos de estiagem.

Algumas vezes podem se situar na zona de transição entre a planície aluvionar e a terra firme, sendo circundados por mata ciliar densa em solos desenvolvidos, criando lagos perenes, de águas com tendência de coloração semitranslúcida à escura (águas mais ou menos calmas com matéria orgânica em decomposição), razoavelmente profundos e de margens abruptas (figura 38).

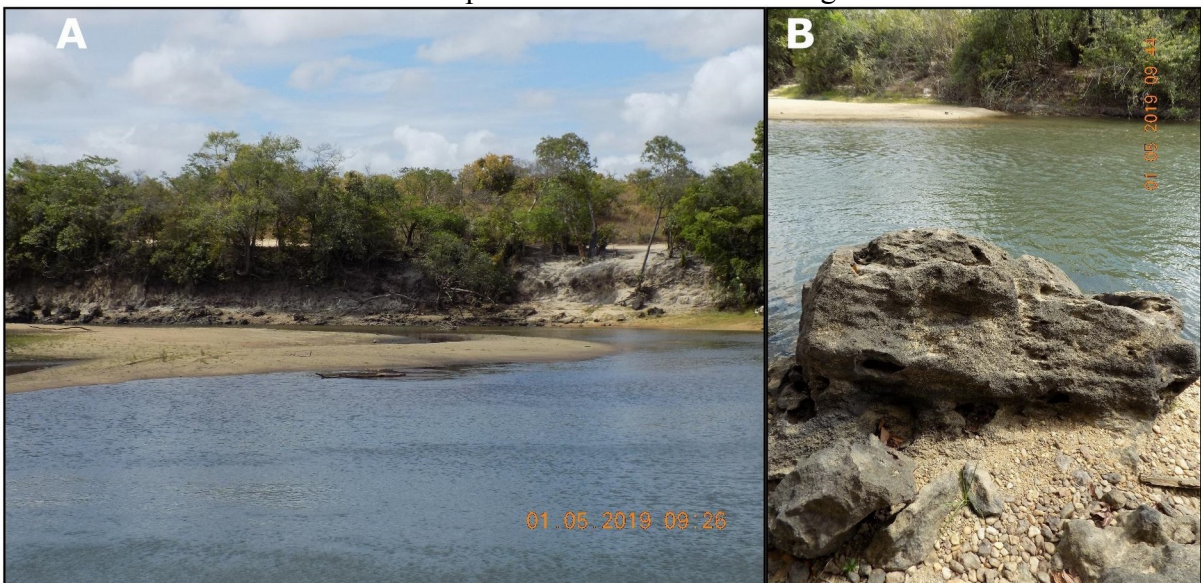
Figura 38 - Lago profundo de águas semitranslúcidas e com margens abruptas, mostrando solo e vegetação de mata ciliar bem desenvolvidos na várzea do rio Cauamé, em região atrás do Pátio Roraima Shopping, no limite norte do perímetro urbano. Em A: panorama do lago; em B: destaque da margem



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

O material sedimentar das planícies apresenta areias quartzosas e pode estar repleto de blocos e matacões laterizados (figura 39). Provavelmente foram as areias dessas planícies que alimentaram os campos arenosos delgados (ou Paleo Dunas) existentes nos interflúvios dos rios.

Figura 39 - Aspectos da planície do baixo rio Cauamé. Em A: panorama do leito na estação vazante, mostrando os bancos de areia, o acúmulo de blocos e matacões ao pé do barranco erodido ao fundo e as areias brancas do terraço marginal; em B: blocos e matacões laterizados despencados e cascalho na margem do rio



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

Nos períodos de estiagem revelam-se inúmeros bancos de areia e praias nos rios da região, constituindo balneários que são utilizados para lazer pela população local (figura 40). Esta situação, entretanto, acarreta o acúmulo de contaminantes e poluentes nos sedimentos que conseqüentemente chegam a muitos lagos fluviais, pois, nos períodos de cheia, quando o fluxo do rio chega até os lagos, há o transporte de material de montante e o despejo do mesmo nas bacias lacustres.

Figura 40 - Panoramas do baixo rio Cauamé, no extremo leste da cidade, ao final da estação seca, mostrando os bancos de areia e as praias, paisagens muito apreciadas para lazer pela população de Boa Vista. Em A: visão a partir de banco no leito do rio; em B: vista de curva do rio a partir do terraço marginal



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

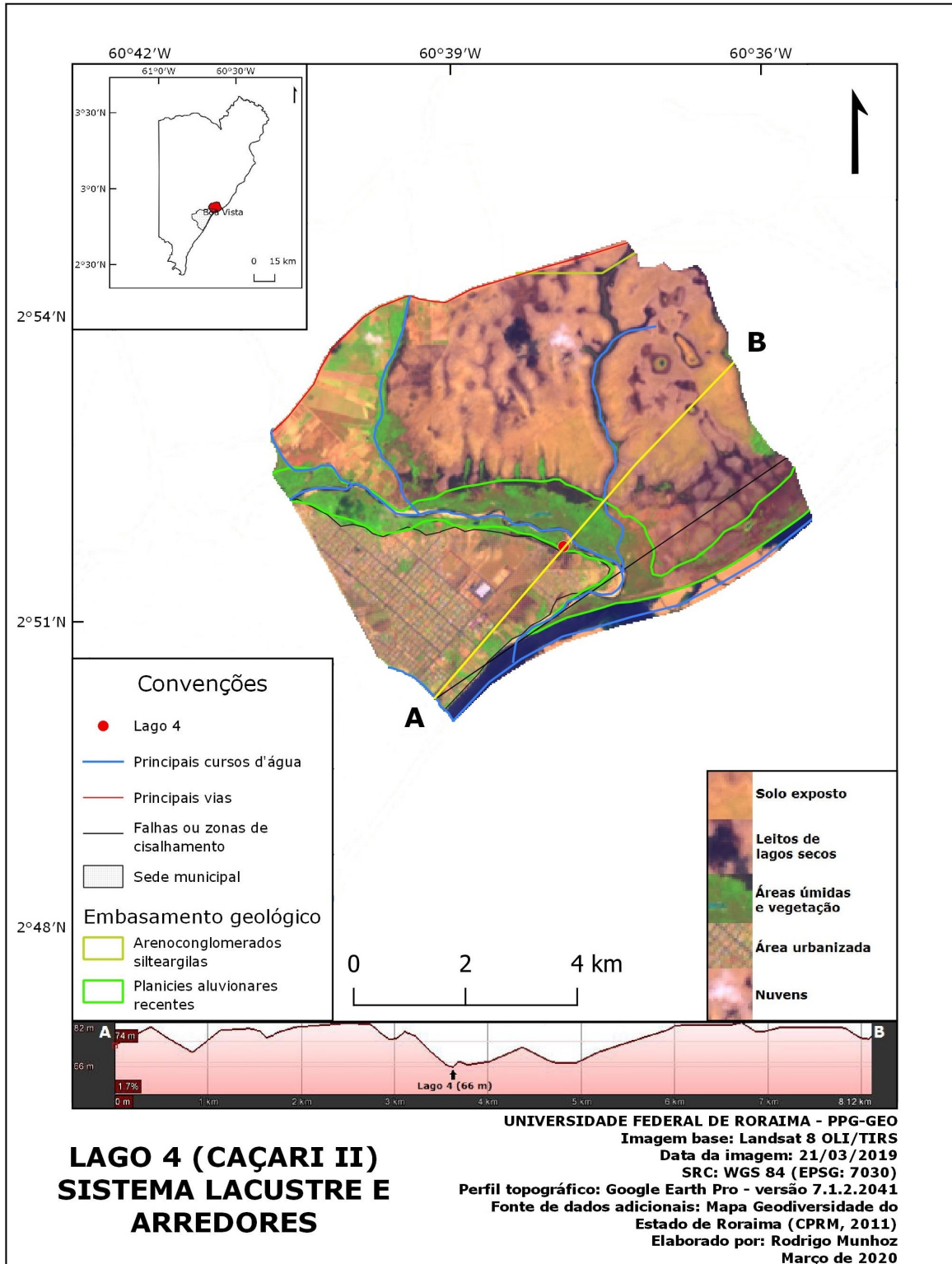
Os rios são fortemente influenciados pelo controle estrutural do Gráben do Tacutu e demais falhas associadas que embasam o território do município. No entanto, o alinhamento dos lagos fluviais responde diretamente ao rio, estando alinhados conforme a direção do trecho fluvial em que se localizam.

4.2.5.1 Lago 4 (Caçari II)

Este lago fica localizado no baixo rio Cauamé próximo à foz, região ao largo do bairro Caçari II, no extremo leste do perímetro urbano de Boa Vista. Encontra-se quase no limite da planície aluvionar da margem direita do rio (figura 41).

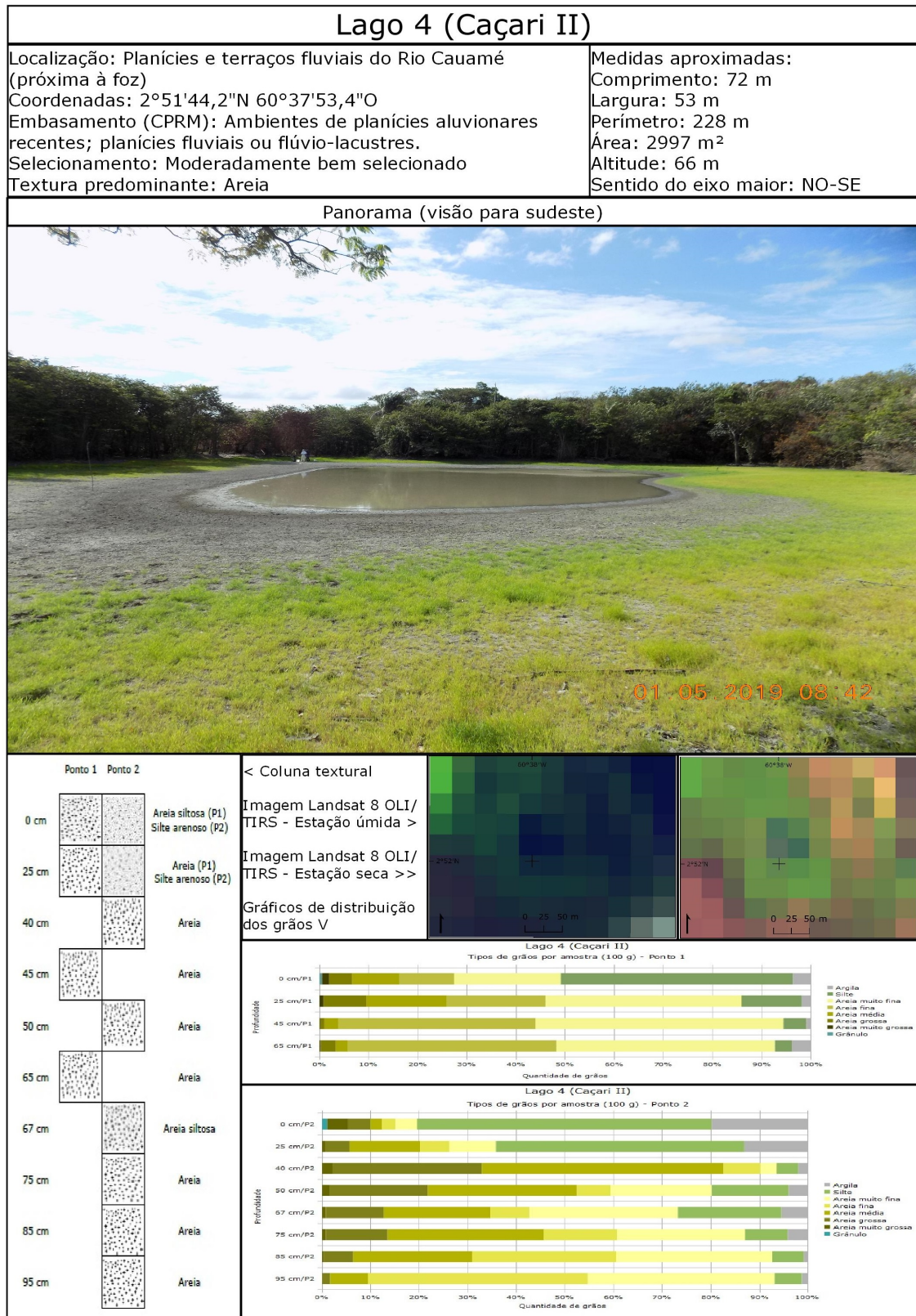
A seguir o mapa do sistema lacustre e arredores e a ficha técnica (figuras 41 e 42).

Figura 41 - Mapa Lago 4 (Caçari II) - Sistema Lacustre e Arredores, englobando parte da várzea do baixo rio Cauamé, no extremo leste da cidade de Boa Vista



Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

Figura 42 - Ficha técnica do Lago 4 (Caçari II)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - PPG-GEO
 Elaborado por: Rodrigo Munhoz
 Abril de 2020

Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

O relevo do entorno caracteriza-se pelo terraço da Formação Boa Vista, sobre o qual a cidade foi assentada, sulcado pelas várzeas do Cauamé e igarapés que vêm desaguar no rio Branco, como o igarapé Mirandinha. No perfil topográfico da área (figura 41) pode-se observar os sulcos menores que representam os igarapés e uma grande área rebaixada ao centro, a várzea do Cauamé.

No corte transversal da planície, feito na altura do lago 4, verifica-se que a mesma é composta por três áreas rebaixadas intercaladas por dois diques ou áreas de deposição. O canal atual do rio se encontra mais próximo da margem direita, lado onde o dique é mais curto e rebaixado. Do outro lado o dique é muito mais alto e largo, abrindo razoável distância do canal atual para a planície de inundação da margem esquerda.

Ao norte deste lago, após o dique marginal na margem oposta do rio Cauamé, encontra-se um lago de tamanho considerável em forma de foice, indicando se tratar de um lago de meandro abandonado (figura 41).

Figura 43 - Panorama do lago 4 a partir da margem leste, mostrando o formato sub-retangular e a mata ciliar



Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

O lago 4 por sua vez, devido ao seu formato semialongado e à presença dos canais semicolmatados em suas extremidades (figura 45), tudo em sentido concordante com o do rio neste trecho, pode ser classificado como sendo um lago de canal abandonado (formato mais retilíneo).

Ele se encontra na margem direita, ou seja, mais próximo do canal atual do Cauamé, e está na altitude de 66 metros. É pequeno, raso, tem formato sub-retangular e está cercado pela mata ciliar, que ainda não conseguiu adentrar o seu leito (figura 43).

Apesar de seu volume reduzido consegue manter uma pequena lâmina d'água ao final da estação seca sendo, portanto, perene, mesmo sob a insolação equatorial. Isto se deve ao fato de sua pequena bacia ainda estar rebaixada o suficiente para interceptar o lençol freático, que aflora em sua margem (figura 44). A água circula facilmente pelo solo local devido às características geológicas do sedimento (CPRM, 2011).

Figura 44 - Afloramento do lençol freático no lago 4 mesmo no final da estação seca (mai. 2019), mantendo a lâmina d'água

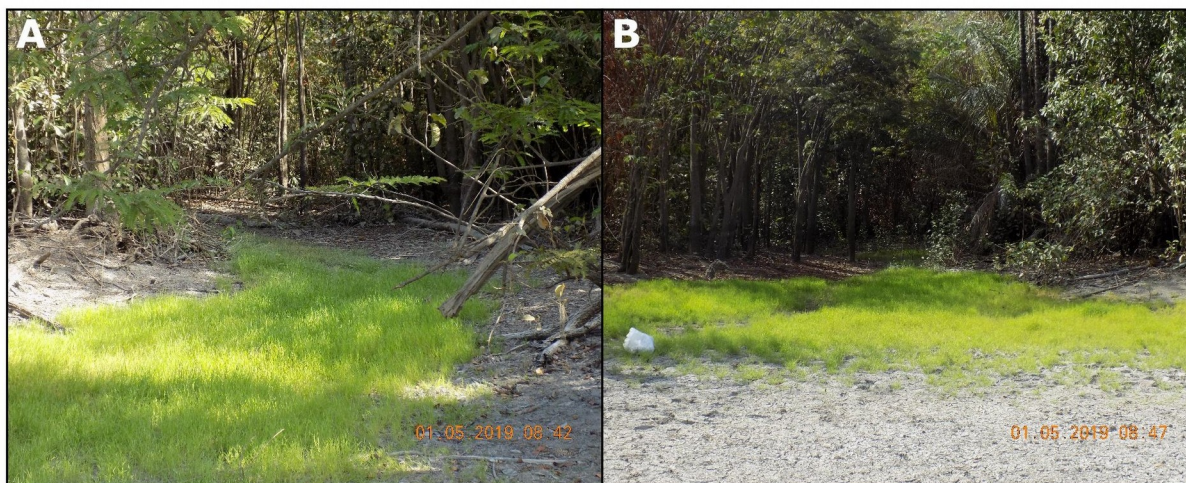


Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

É o único dos quatro lagos amostrados nesta pesquisa que tem orientação diferente de NE-SO, tendo seu eixo maior orientado para NO-SE. Mas, isso se explica unicamente pelo fato de o lago estar localizado em um trecho sinuoso em que o rio Cauamé está direcionado neste sentido.

Conforme se observa na comparação das imagens de sensoriamento entre os períodos seco e úmido, este lago tende a ser engolfado pelo alagamento da várzea do Cauamé nos momentos de pico de cheia e se torna isolado no período de vazante (imagens comparativas na figura 42). A inundação não deve ocupar completamente a área durante toda a estação úmida, uma vez que a vegetação permanente do entorno permanece viva. Esta não conseguiria sobreviver sob solo inundado uma vez que não apresenta raízes adaptadas à respiração aérea. No entanto, o lago mantém uma ligação com a massa de água das cheias através dos remanescentes de canais encontrados nos seus extremos (figura 45).

Figura 45 - Remanescentes de canais existentes nas extremidades do lago. Em A: remanescente na margem NO (montante); em B: remanescente na margem SE (jusante)



Fotografias: Rodrigo Munhoz (2019).

Para a análise granulométrica foram retiradas um total de doze amostras deste lago, sendo quatro de um ponto dentro da bacia lacustre (ponto 1) e os outros oito do canal a jusante do lago (ponto 2), alguns metros adiante do primeiro ponto (figura 46). Foi possível atingir até a profundidade de 95 centímetros antes que o material ficasse liquefeito. No ponto 1 foram retiradas amostras entre 0 e 65 centímetros. Já no ponto 2 foram retiradas amostras de 0 até 95 centímetros.

Figura 46 - Posição dos pontos de retirada de amostras de sedimentos no lago 4. O Professor Jackson Paz do IGEO da UFRR aparece na foto



Fotografia: Rodrigo Munhoz (2019).

As amostras 1 e 2 (0 e 25 centímetros respectivamente) em ambos os pontos apresentam contaminação por sujeira oriunda de ação humana, principalmente fragmentos de carvão vegetal provavelmente utilizado em churrasqueiras improvisadas nas praias do rio ou casas a montante, e que são carregados até o lago nos períodos de cheia.

Areia é a textura predominante nos sedimentos deste lago. Esta fração granulométrica domina totalmente a coluna estratigráfica do leito do lago até onde foi amostrado, com as porções muito fina e fina respectivamente dominando no ponto 1 (leito do lago). Já no ponto 2 (canal) a porção areia média equilibra um pouco a hegemonia com as frações muito fina e fina que dominam nas amostras mais profundas enquanto aquela domina nas frações intermediárias (gráficos na figura 42).

A fração grânulo só aparece com uma porcentagem mínima nas amostras superiores. No entanto, no leito apresenta apenas raros grãos de areia branca. No canal apresenta grãos de sedimentos, provavelmente concreções lateríticas, devido ao local do canal estar sujeito a uma

oscilação maior do nível freático do que o leito que permanece quase todo o tempo úmido.

Silte e argila aparecem em porcentagem significativa nas amostras superficiais devido à presença da matéria orgânica e dos sedimentos trazidos pelo fluxo fluvial e decantados ali durante a vazante (figura 42). A cor do silte é cinza claro, combinando com o sedimento dos lagos 1 (Passarão) e 2 (Dunas) assentados sobre embasamento arenoso.

Uma pequena variação ocorre na coluna estratigráfica do canal onde, após a areia dominar na amostra 3 (40 centímetros), as frações silte e argila têm um crescimento significativo nas duas amostras seguintes (50 e 67 centímetros respectivamente). A partir de então se reduzem novamente em favor da areia. Isto demonstra que ocorreu algum tipo de alternância na sedimentação do canal. Como o comportamento destas camadas lembra o das camadas superficiais, este nível pode representar uma antiga porção de leito sobre o qual se iniciou uma nova sedimentação (gráfico na figura 42).

A origem deste lago e dos seus coirmãos deste sistema é a atividade dos canais fluviais transitando e transbordando dentro de suas planícies aluvionares. Abrindo e em seguida abandonando e entulhando canais e meandros, ou isolando depressões na várzea para depois as inundar durante as cheias. É um sistema muito dinâmico e em constante mudança, possuindo os corpos lacustres de vida mais efêmera em termos geológicos.

4.2.6 Sistema VI - Lagos artificiais (orgânicos)

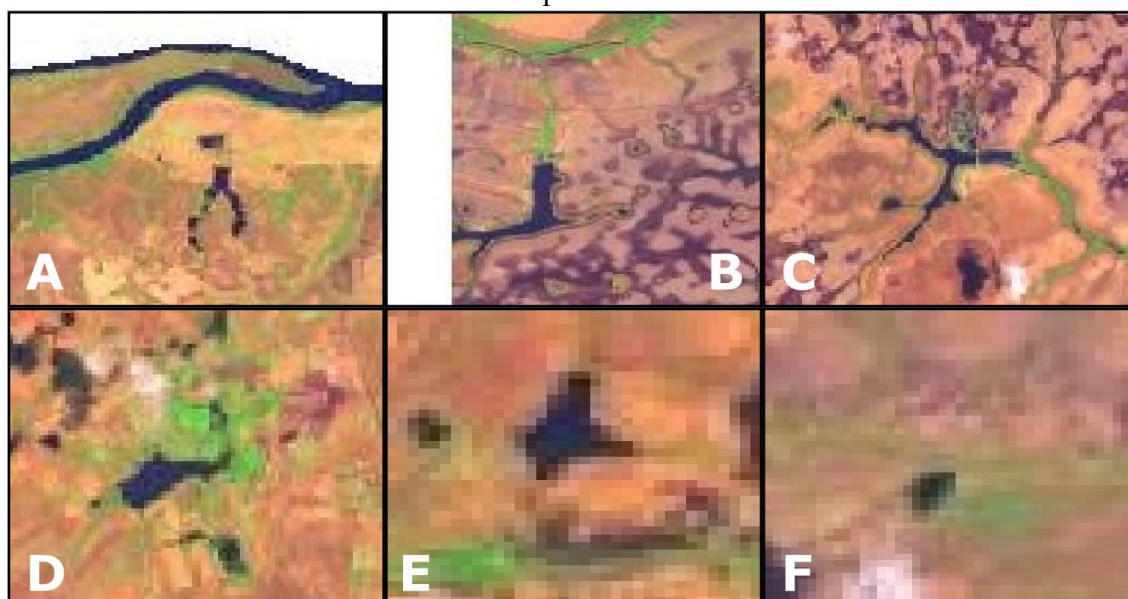
Em Boa Vista, como em boa parte do estado de Roraima, devido à prolongada estação seca sob a qual a região do alto rio Branco está sujeita, os pequenos e grandes proprietários rurais procuram escavar tanques ou construir pequenas represas para reservação de água. Estes reservatórios são utilizados geralmente para irrigação, dessedentação animal, piscicultura e, às vezes, para lazer.

As represas são de pequeno porte e feitas em igarapés, criando açudes com formato característico: margens acompanhando o formato da calha do curso d'água e uma margem retilínea (represa). Os tanques são de formato retangular e são escavados geralmente nas veredas ou pequenos canais de escoamento das águas pluviais de modo a aproveitar a depressão natural preexistente.

As maiores represas e complexos de tanques são construídos basicamente para a piscicultura. O peixe mais criado em Boa Vista costuma ser o tambaqui (informação oral).

Além destes complexos existem vários pequenos reservatórios artificiais espalhados individualmente por toda a planície do município (exceto na região de São Marcos devido à terra indígena), os quais carecem de um mapeamento e contabilização detalhados (figura 47).

Figura 47 - Exemplos de lagos artificiais em Boa Vista. Imagens do final da estação seca (mar. 2019) demonstrando a capacidade de retenção de água destes corpos. Em A: conjunto de tanques em foz de igarapé junto ao rio Uraricoera no norte do município; em B: represa próxima à foz de igarapé junto ao rio Cauamé, no Campo de Paleo Dunas do Cauamé-Sul, divisa entre Boa Vista e Alto Alegre; em C: represa e conjunto de tanques em fazenda de piscicultura na cabeceira do igarapé Água Boa do Bom Intento, dentro do Campo de Paleo Dunas do Cauamé, região do Passarão; em D e E: lagos de represamento na região vulcânica das Serras Nova Olinda, próximos ao Campus Cauamé da UFRR; em F: pequeno açude em braço de igarapé em fazenda no noroeste do município



Imagens: Landsat 8 OLI/TIRS (2019). Adaptações: Rodrigo Munhoz (2020).

Estes lagos, não sendo de origem natural, foram condicionados unicamente pelas conveniências geomorfológica, econômica e operacional. São contemporâneos e suas bacias e sedimentos sofrem forte alteração antrópica, tornando-os pouco elegíveis para pesquisas sobre geologia e climas do passado.

4.3 ANÁLISE

Boa Vista, bem como a região do lavrado, se situa em uma planície sedimentar

rebaixada, formada sobre a depressão encaixada entre os dois escudos do Planalto das Guianas, proveniente do processo de pediplanação dos arenitos do Grupo Roraima sobre as estruturas rebaixadas pela reativação tectônica do Cinturão Guiana Central, conforme apontado por Roraima (2002), Sander (2015), Schaefer e Vale Júnior (1997) e outros autores.

De acordo com Bigarella (2003) a condição de relevo plano e geologia sedimentar favorecem a formação de ambientes mal drenados. Estes por sua vez propiciam o surgimento de diversos sistemas lacustres, o que ocorreu na planície boa-vistense.

Diferentes conjuntos de lagos surgiram sobre variados tipos de embasamentos geológicos, conforme se verifica na figura 10. Isto mostra que o tipo de sedimento ou embasamento rochoso sobre o qual o lago se instalou interfere diretamente na sua configuração geral, interferindo na sua forma, profundidade, volume, vegetação, interação com seus coirmãos e a drenagem, dentre outras características.

Uma pequena discrepância neste sentido fica por conta do sistema de lagos de Paleo Dunas. Ele está majoritariamente instalado sobre ocorrências da Formação Areias Brancas. Entretanto, correlacionando com o levantamento de Roraima (2002) verifica-se que algumas partes dos conjuntos extrapolam os limites da formação. Então eles estão relacionados às Areias Brancas, mas parecem contar com alguns outros fatores envolvidos.

Os ventos alísios de nordeste que cortam a região foram potencializados pela canalização entre os escudos do Planalto das Guianas e promoveram a movimentação de sedimentos na região do lavrado em tempos de climas mais secos, provavelmente durante o período da última glaciação (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997).

A bibliografia faz referência à alternância de climas secos e úmidos durante as duas últimas épocas geológicas (CARNEIRO FILHO, TATUMI e YEE, 2003; SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997). Esta alternância foi a responsável por movimentações de sedimentos na superfície (ventos) e lixiviação e laterização de elementos no solo (subida e descida do nível freático) (CARVALHO, 2014; LATRUBESSE e NELSON, 2001; REIS NETO e COSTA, 2010).

Os controles geológicos provenientes da reativação tectônica, bem como a condição direcional dos ventos regionais atuaram no sentido de organizar a disposição e orientação dos sistemas lacustres, de forma que todos os sistemas analisados têm características semelhantes de orientação, independentemente do sistema ou do tipo de solo (figura 17). São geralmente orientados nos sentidos NE-SO ou L-O (PINHEIRO, 2007) ou ortogonais NE-SO/NO-SE

(SANDER et al., 2008).

A sazonalidade do clima atual interfere principalmente na instalação da vegetação, atribuindo características biogeográficas diferentes a cada sistema, conforme a resiliência deste ao período de seca e o tipo de solo que o suporta. Solos arenosos, com pouca capacidade de retenção de água e pobreza de nutrientes, sustentam vegetação menos desenvolvida. Solos com a presença de materiais provenientes de outras rochas apresentam mais lagos perenes e vegetação mais robusta (PINHEIRO, 2007).

O relevo e a geologia definiram áreas com diferentes condições para a formação de lagos. Nas áreas planas de sedimentação arenosa formaram-se lagos coalescentes, rasos e sazonais, de formas arredondadas à elípticas (figura 21). Já na área de relevo elevado e sedimentação arenosa recente do Campo de Dunas da Serra Grande, surgiram lagos laminares longitudinais e perenes devido à sua interação com o aquífero local (figura 29).

Nas áreas de relevo plano à levemente ondulado do norte-noroeste de Boa Vista, formadas por camadas geológicas areno-siltosas e com a presença de lateritas e remanescentes erosionais, surgiram lagos de formas arredondadas, goticulares ou trapezoidais, ligados ou não à rede de drenagem (PINHEIRO, 2007), que pode apresentar certa dificuldade para se encaixar devido às crostas lateríticas (REIS NETO e COSTA, 2010), e geralmente são perenes. Podem apresentar ainda certo controle estrutural.

As ocorrências do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri existentes no município, por sua vez, condicionaram a formação de lagos desconectados dos outros sistemas por se situarem em áreas abaciadas (CPRM, 2011). Seus lagos apresentam formas diversas com vértices e reentrâncias, podendo indicar controle estrutural e são em geral perenes (figura 34). Os tipos de grãos encontrados e as características dos sedimentos indicam a presença de material proveniente das rochas básicas do complexo misturados às areias da Formação Boa Vista.

Planícies aluvionares dos rios possibilitaram o surgimento de muitos lagos fluviais de diversos tipos, com textura de sedimentos na maioria dos casos arenosa, formas características dos diferentes tipos de lagos fluviais (todos representados) e com sazonalidade dependente dos níveis dos rios formadores (figuras 36 e 37).

Os lagos dos sistemas de dunas/Paleo Dunas e fluviais tem predominância de sedimentos arenosos, brancos a acinzentados e razoável selecionamento. Os lagos dos complexos de rochas vulcânicas e das regiões próximas aos remanescentes do Planalto

Sedimentar de Roraima apresentam sedimentos mais siltosos, com grânulos e lateritas, de coloração avermelhada no caso dos complexos vulcânicos básicos e são mal selecionados.

No Lago 1 (Passarão) os sedimentos vão gradativamente diminuindo a fração areia e aumentando as frações silte e argila conforme aumenta a profundidade, indicando a transição entre o lençol arenoso onde o lago está assentado e os sedimentos da Formação Boa Vista no substrato (gráfico da figura 22). O Lago 2 (Dunas) por sua vez apresenta predominância arenosa constante na coluna estratigráfica, demonstrando que o lago está totalmente assentado sobre a camada geológica do campo de dunas, sem contato com o substrato (figura 30).

Um padrão de alternância foi encontrado na análise granulométrica dos sedimentos do Lago 3 (Campus Cauamé) em profundidade razoável, indicando aumento de grânulos e areias entre 1 e 1 metro e meio e entre 2 e 2 metros e meio de profundidade, alternando para aumento de silte e argilas entre 1 metro e meio e 2 metros. Ou seja, ocorreu um intervalo em que houve um período que favoreceu o assentamento de materiais mais leves, o silte e a argila, em detrimento das areias e grânulos mais pesados. Isto pode estar relacionado talvez a alguma alternância de condições climáticas.

Já o Lago 4 (Caçari II) possui granulometria predominantemente arenosa que aumenta levemente quanto maior a profundidade. No entanto, nas amostras do paleo canal houve um pequeno aumento das frações silte e argila nas camadas próximas a meio metro de profundidade. Como neste lago o aumento de silte e argila está relacionado com a deposição superficial podemos supor que em algum momento houve uma reinundação deste local, talvez uma grande cheia, que favoreceu a deposição de uma camada de areia sobre a antiga superfície; ou então pode representar que aquele ponto fazia parte do leito do lago e foi recoberto durante o processo de assoreamento associado à formação do canal atual.

Nestes casos de alternância, tanto do Lago 3 quanto do Lago 4, será necessário, porém, estabelecer a taxa de deposição para se poder estimar qual foi o período em que cada camada se assentou. Assim será possível verificar, a partir das evidências existentes, quais foram as mudanças climáticas e/ou eventos tectônicos que influenciaram a evolução destes lagos e seus irmãos.

Fatores controladores estão muito presentes na região, tanto os controles geológicos ligados aos eventos de reativação tectônica que condicionaram as falhas e zonas de cisalhamento locais (RORAIMA, 2002; SANDER, 2015), como os controles eólicos e fluviais.

Lagos independentes e do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri estão condicionados pelos controles geológicos. Já os lagos fluviais, apesar de controlados pelos rios, estão indiretamente condicionados geologicamente através do controle imposto aos cursos fluviais.

Os sistemas lacustres dos campos de paleo dunas foram submetidos a controle eólico durante a formação do campo de dunas (LATRUBESSE e NELSON, 2001) e também a controle geológico pelo sistema de falhas no embasamento (SANDER et al., 2008) (figura 19). Esta condição indica alto nível de arrasamento das dunas e lixiviação do lençol arenoso, de modo que a rebaixada camada restante de areia se moldou às depressões do controle estrutural, como evidencia, por exemplo, a forma trapezoidal do Lago 1 (Passarão) (figura 22).

No Campo de Dunas da Serra Grande os corpos lacustres sofrem condicionamento por controle eólico, afinal são provenientes de campo de dunas. Como a camada geológica ainda é elevada e compõe uma formação independente da Formação Boa Vista existente no seu embasamento (ZULAR et al., 2019) os lagos daqui não sofrem controle estrutural.

Os lagos artificiais (orgânicos) são controlados tanto pelas condições naturais do local como pelas conveniências antrópicas que se aproveitam das primeiras para instalar os reservatórios (figura 47).

A atividade antrópica tem afetado severamente alguns sistemas, como os campos de paleo dunas (figura 20) e os complexos vulcânicos, principalmente porque são de fácil acesso e estão muito próximos da cidade de Boa Vista. Isto afeta os corpos lacustres que são drenados, aterrados, poluídos, alterados ou represados, além de provocar alterações na cobertura vegetal e no nível freático através da abertura de drenagens e poços.





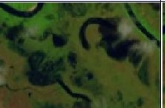

Os lagos que são independentes sofrem danos mais individualizados que afetam ou não em menor grau os lagos coirmãos. Já os lagos coalescentes, devido à enorme interação existente entre eles, têm tendência a sofrerem muito mais coletivamente os danos causados.

Os lagos existentes no município de Boa Vista foram classificados em eólicos: os dos campos de paleo dunas (sistema I) e do Campo de Dunas da Serra Grande (sistema III); tectônicos: os independentes (sistema II) e os do Complexo de Rochas Vulcânicas do Apoteri (sistema IV); fluviais: das planícies aluvionares dos rios e igarapés maiores (sistema V); orgânicos (antropogênicos) (sistema VI): represas em igarapés e tanques escavados. Isto foi feito segundo a classificação por origem estabelecida na bibliografia geral (COSTA et al.,

2007; TUNDISI e TUNDISI, 2008).

A seguir, o quadro comparativo de algumas informações dos diferentes sistemas (figura 48).

Figura 48 - Comparativo dos sistemas lacustres de Boa Vista

Sistema/Características	Campos de Paleodunas (I)	Independentes de crosta laterítica ou olhos d'água (II)	Campo de Dunas da Serra Grande (III)	Região abaciada do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri (IV)	Fluviais das Planícies Aluvionares (V)	Artificiais (orgânicos) (VI)
Visualização						
Classificação	eólicos	tectônicos	eólicos	tectônicos	fluviais	orgânicos
Sazonalidade	sazonais	sazonais e perenes	perenes	perenes	sazonais e perenes	perenes
Formato	arredondados à elípticos	circulares, goticulares ou trapezoidais	laminares	disformes, trapezoidais, quadrangulares e triangulares	circulares, retangulares, alongados ou meia-lua	retangulares e dendríticos
Depressão/barramento	depressões interdunas	depressões do terreno	depressões interdunas	depressões do terreno	canais abandonados ou várzeas	escavados ou represamento
Conexões interlagos	coalescentes	em rede com a drenagem	independentes	em cascata	por inundação da várzea	em conjuntos
Embasamento (CPRM, 2011)	sedimentos arenosos; arenoconglomerados e/ou silte-argilas	sedimentos arenosos; arenoconglomerados e/ou silte-argilas; paraquais coberturas de detrito lateríticas	dunas fixas	rochas básicas intrusivas	planícies aluvionares recentes	todos os tipos
Controles	eólico e tectônico	tectônico	eólico	tectônico	fluvial	antropogênico
Orientação	ortogonal NE-SO/NO-SE	L-O e NE-SO	NE-SO	NE-SO	acompanha o rio	acompanha a drenagem
Altimetria média	80 m	100/110 m (no NO do município)	80 à 90 m (no topo das dunas)	70 à 90 m	60 à 70 m	diversa
Lago amostrado	sim	não	sim	sim	sim	não
Textura predominante	silte arenoso	não amostrado	areia	areia siltosa	areia	não amostrado
Selecionamento	moderadamente mal selecionado	não amostrado	bem selecionado	mal selecionado	moderadamente bem selecionado	não amostrado
Variação textural	gradativa	não amostrado	inexistente	importante	relevante	não amostrado
Vegetação	campestre	parque	tipo restinga	lenhosa e parque	matas ciliares	campestre ou parque
Ocupação e uso do solo	habitação e agropecuária	habitação e agropecuária	lazer	habitação e agropecuária	lazer	habitação, agropecuária e lazer
Sensibilidade	muito alta	alta	muito alta	média	alta	alta
Vulnerabilidade dos aquíferos	alta	alta	alta	baixa	alta	alta

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORÁIMA – PPG-GEO
 Fontes: Imagem Landsat 8 OLI/TIRS (2018), Mapa Geodiversidade de Roráima (CPRM, 2011) e Pinheiro (2007)
 Elaborada por: Rodrigo Munhoz
 Junho de 2020

Elaboração: Rodrigo Munhoz (2020).

5 CONCLUSÕES

A região do Cráton das Guianas, formada por rochas cristalinas, esteve desde muito tempo emersa e estável tectonicamente. Com o passar do tempo as camadas superiores das rochas cristalinas foram sendo alteradas e formando um manto de intemperismo. Estes sedimentos se solidificaram e deram origem ao planalto sedimentar composto pelos arenitos do Grupo Roraima.

Com a separação do supercontinente Gondwana, a porção norte da placa sul-americana sofreu um processo de distensão que atingiu o Cinturão Guiana Central e forçou a abertura do Gráben do Tacutu (nos períodos Juro-Cretáceo, entre 208 e 65 milhões de anos antes do presente). Este evento, além das intrusões vulcânicas, promoveu o rompimento da integridade do planalto sedimentar.

Iniciaram-se então ciclos de erosão/deposição que estavam ligados a novos eventos de movimentação tectônica e alternâncias climáticas nos períodos Neógeno e Quaternário, os quais culminaram na formação da região pediplanada no plano inferior, com os sedimentos recobrando o embasamento cristalino, primeiramente preenchendo a bacia do próprio gráben; secundariamente preenchendo as novas bacias criadas além das bordas daquele. Estes sedimentos deram origem à Formação Boa Vista.

Todos os lagos apresentam as areias quartzosas brancas provenientes da Formação Boa Vista. Remanescentes erosionais do Planalto Sedimentar de Roraima também estão presentes em algumas áreas. Os lagos assentados sobre as rochas vulcânicas do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri, possuem siltes e argilas de coloração laranja-avermelhada, além de grânulos e concreções lateríticas, indicando que recebem material proveniente da alteração das rochas básicas, como os basaltos e andesitos, da intrusão vulcânica.

Os sistemas e corpos lacustres estão orientados em sua maioria nas direções L-O e NE-SO ou em padrão ortogonal, indicando condicionamento pelo embasamento geológico e/ou os ventos predominantes.

Climas secos do passado estão associados a eventos de diminuição da umidade, rebaixamento do nível de base da drenagem e fortalecimento dos ventos alísios. Isto promoveu a mobilização e o transporte de areias das planícies aluviais, criando delgados lençóis arenosos: as Areias Brancas. A retomada de climas úmidos provocou a molhação das areias e a instalação de vegetação, fixando as dunas. Por outro lado, os processos de erosão

das intrusões e laterização do solo produziram locais com maior dificuldade de infiltração e drenagem: as regiões com remanescentes erosionais e crostas lateríticas.

O clima atual da região provoca forte oscilação sazonal nos lagos locais, bem como nos níveis freáticos, devido à prolongada estação seca. Esta situação condiciona a existência de muitos corpos lacustres que secam completamente uma vez por ano, enquanto outros diminuem drasticamente. A oscilação dos níveis freáticos atua também nos processos de lixiviação/alteração de sedimentos do solo afetando altimetria e composição geológica dos materiais.

Ademais, durante a estação seca ocorre a entrada dos ventos alísios. Estes transportam os sedimentos expostos nos bancos dos rios e podem produzir rugosidades no terreno das várzeas ou planícies interfluviais ou mesmo entulhamento de pequenos canais, gerando depressões que podem acumular águas.

Os atuais sistemas lacustres existentes em Boa Vista estão ligados aos processos que deram origem à região pediplanada dos campos do rio Branco. Os lagos se formaram sobre a camada superior da Formação Boa Vista e estão conectados aos processos de moldagem do relevo da região pediplanada e às alterações climáticas ocorridas na área do município desde a última glaciação, há aproximadamente 10 mil anos antes do presente (no Pleistoceno/Holoceno), até os dias atuais.

Boa Vista possui seis sistemas lacustres: os lagos de Paleo Dunas, os lagos independentes (olhos d'água ou crostas lateríticas), os lagos do Campo de Dunas da Serra Grande, os lagos do Complexo de Rochas Vulcânicas Apoteri, os lagos fluviais das planícies aluvionares e os lagos artificiais.

Segundo a classificação por origem verificamos que os sistemas encontrados classificam-se em quatro tipos: eólicos (lagos de dunas e Paleo Dunas), tectônicos (olhos d'água, crostas lateríticas e embasamento vulcânico), fluviais e orgânicos (antropogênicos: represamentos e tanques).

Assim consideram-se atingidos os objetivos desta pesquisa com a identificação dos diferentes sistemas, a determinação de sua morfologia e sua classificação em sistemas e por origem. A hipótese também se confirmou de que diferentes formas de lagos, aglomerações e material de substrato caracterizam variados sistemas.

Itens geográficos de vida muito efêmera (em termos geológicos), estes lagos já estão em processo de colmatção, sendo os de Paleo Dunas os que se apresentam em estado mais

avanzado de deterioração natural; além da degradação ambiental provocada pelo Homem.

No município de Boa Vista, que é o mais populoso do estado, há forte pressão antropogênica sobre os ambientes lacustres do lavrado. Dentro do perímetro urbano, os lagos que são engolfados pelo crescimento da cidade são gradativamente assoreados e em seguida ocupados, desaparecendo completamente. Nas zonas rurais do entorno os sistemas lacustres estão sob gradativo estresse devido à ocupação humana através de lotes e propriedades rurais, legais ou não, que avançam sobre os mesmos.

Ambos os campos de paleo dunas do Cauamé, tanto o da região do Passarão, como o campo sul, na divisa de Boa Vista com Alto Alegre, estão sendo ocupados, o que causa a destruição irreversível das formas das Paleo Dunas. Também o Campo de Dunas da Serra Grande, com seu cenário singular e seu aquífero próprio sofre severas ameaças. Porém, por estar mais afastado da sede municipal, ser pouco conhecido e estar dentro de apenas uma ou duas grandes fazendas, sofre um ataque menor, estando mais restrito aos usos dos frequentadores das fazendas. De toda forma é um ambiente muito sensível.

A despeito de toda a resistência que existiria, devido à interesses habitacionais e econômicos, além dos custos de desapropriações, a solução para a preservação destes sistemas lacustres únicos é o poder público municipal criar áreas de preservação permanente para contemplar estas formações: o Campo de Paleo Dunas do Cauamé e o Campo de Dunas da Serra Grande.

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza poderiam ser criados dois tipos de unidades de proteção integral: o Parque Natural Municipal ou o Monumento Natural. Estas unidades seriam utilizadas para a conservação de fontes de água, educação ambiental e estudos geológicos e geomorfológicos. Infelizmente tal nível de consciência da sociedade provavelmente não será alcançado a tempo de salvar estes locais.

Os resultados finais mostraram que a origem dos sistemas lacustres boa-vistenses estão ligados à história evolutiva da geografia da região. Pesquisas semelhantes devem ser feitas nos demais municípios da região nordeste do estado de Roraima e no lavrado guianense. Também deve ser continuado o trabalho de recenseamento desses lagos sugerido e iniciado em 2007. Dessa forma será possível obter o atlas completo dos sistemas lacustres da região do lavrado.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. A Formação Boa Vista: significado geomorfológico e geoecológico no contexto do relevo de Roraima. In: BARBOSA, R. I., FERREIRA, E. J. G. e CASTELLÓN, E. G. (Editores). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: Instituto de Pesquisas da Amazônia, 1997. p. 267-294.

_____. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, 16 (45), p. 7-30, 2002.

AMORIM, John Eric Lemos de. Características geoambientais da bacia hidrográfica do Igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista, Roraima. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 9, n. 17, p. 1-13, jan./abr. 2018.

ASSINE, Mario Luis. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, 70, p. 357-371, 2005.

BARBOSA, Liana Maria. Métodos de abordagem sobre sistemas eólicos em ambientes no Brasil. In: NUNES, João Osvaldo Rodrigues e ROCHA, Paulo César (Organizadores). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. 1ª edição. São Paulo: Expressão Popular, 2008. págs. 57-76.

BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Volume 3. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. p. 877-1436.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Casa Civil da Presidência da República**, Brasília, 18 jul. 2000.

BUENO, Benedito de Souza; VILAR, Orêncio Monje. **Mecânica dos Solos**. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1980. 131 p.

CARNEIRO FILHO, Arnaldo; TATUMI, Sonia Hatsue; YEE, Marcio. Dunas Fósseis na Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 32, n. 191, p. 24-29, mar. 2003.

CARVALHO, Thiago Morato de. Sistemas e ambientes denudacionais e agradacionais, uma primeira aproximação para o estado de Roraima, norte da Amazônia. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 77-98, jan./mar. 2014.

CHAVEZ JÚNIOR, Pat S. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. **Remote Sensing of Environment**, 24, p. 459-479, abr. 1988.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Carta Geológica – Folha Roraima Central NA.20-X/NA.21-V (parte)**. Escala: 1.500.000. Brasília: CPRM, 1998.

_____. **Mapa Geodiversidade do Estado de Roraima**. Escala

1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2011.

COSTA, Marcondes Lima da et al. Produção Bibliográfica Sobre Ambientes Lacustres no Brasil. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 1. n. 1, p. 113-122, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Clima**. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 18 out. 2018.

EVANGELISTA, Renato Augusto de Oliveira; SANDER, Carlos; WANKLER, Fábio Luiz. Estudo preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio Branco, estado de Roraima. In: SILVA, Paulo Rogério de Freitas e OLIVEIRA, Rafael da Silva (Organizadores). **Roraima 20 anos: As geografias de um novo estado**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2008. p. 18-27.

FALCÃO, Márcia Teixeira; COSTA, José Augusto Vieira. Análise Geomorfológica do Hemigráben do Tacutu em Roraima. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, VII., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** União da Geomorfologia Brasileira, 2008, 11 p.

FREITAS, Aimberê. **História e Geografia de Roraima**. 9ª edição. Boa Vista: Instituto Aimberê Freitas, 2017. 212 p.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário Geológico Geomorfológico**. 8ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446 p.

HOLLOWELL, Tom. Map of Guiana Shield. In: **Biological Diversity of the Guiana Shield Program**. Smithsonian, 2011. Disponível em: <naturalhistory.si.edu/research/botany/research/biological-diversity-guiana-shield>. Acesso em: 4 jun. 2020.

HORN FILHO, Norberto Olmiro et al. Aspectos geológicos e socioambientais dos varvitos de Trombudo Central, SC, Brasil. **Revista Discente Expressões Geográficas**, Florianópolis, n. 10 (ano X), p. 226-247, dez. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82 p.

_____. **Mapa de Geomorfologia do Estado de Roraima**. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2005a.

_____. **Mapa de Vegetação do Estado de Roraima**. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2005b.

_____. **Mapa Físico do Estado de Roraima**. Escala: 1:1.000.000. Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. Panorama de Boa Vista – RR. **Portal Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/boa-vista/panorama>>. Acesso em: 11 out. 2018.

KINTISCH, Eli. Earth's lakes are warming faster than its air. **Science**, 350 (6267), p. 1449, 18 dez. 2015.

LATRUBESSE, Edgardo M.; NELSON, Bruce W.. Evidence for Late Quaternary aeolian activity in the Roraima – Guyana Region. **Catena**, n. 43, p. 63-80, 2001.

MENDONÇA, Francisco de Assis; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MENESES, Maria Ecilene Nunes da Silva; COSTA, Marcondes Lima da; COSTA, José Augusto Vieira. Os lagos do lavrado de Boa Vista – Roraima: fisiografia, físico-química das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**, 37(3), p. 478-489, set. 2007.

NASCIMENTO, Franzmiller Almeida; SALGADO, André Augusto Rodrigues; GOMES, Antônio Alberto Teixeira. Evidências de Rearranjos Fluviais no Interflúvio Amazonas-Essequiibo – Amazônia Setentrional. **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 663-671, jul./set. 2019.

PINHEIRO, Maria das Neves Magalhães. **Análise Morfométrica de Lagos nas Áreas Aplainadas do Nordeste de Roraima – Brasil**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2007.

REBOITA, Michelle Simões et al. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática**, 8(1), p. 34-50, 2012.

REIS, Nelson Joaquim; FARIA, Mário Sérgio Gomes de; MAIA, Maria Adelaide Mancini. O Quadro Cenozóico da Porção Norte-Oriental do Estado de Roraima. In: KLEIN, E. L.; VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. da. (Editores). **Contribuição à Geologia da Amazônia**. v. 3. SBG/Núcleo Norte, 2001. 317 p.

REIS NETO, Raimundo Alves dos; COSTA, José Augusto Vieira. Mapeamento de unidades geomorfológicas da bacia do rio Cauamé – RR. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 3-10, 2010.

ROCHA, Paulo Cesar; SOUZA FILHO, Edvard Elias de. Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio – planície fluvial do Alto Paraná – Centro Sul do Brasil. In: NUNES, João Osvaldo Rodrigues e ROCHA, Paulo César (Organizadores). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. 1ª edição. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 133-154.

RORAIMA. Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima. **O Brasil do Hemisfério Norte: Diagnóstico Científico e Tecnológico para o Desenvolvimento**. Ano 1. Tércio A. Silva Júnior (Coordenador). Boa Vista: AMBTEC, 1994. 512 p.

_____. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima**. Tomo II. Boa Vista: Secretaria de Estado de Planejamento, Indústria e

Comércio, 2002. 279 p.

SANDER, Carlos. **Geomorfologia da planície aluvial do alto rio Branco em Roraima: dinâmica e processos evolutivos**. 2015. 229 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

SANDER, Carlos; WANKLER, Fábio Luiz; CARVALHO, Thiago Morato de. Uma análise primária sobre a variação espaço-temporal de chuvas e a atuação de episódios de El Niño e La Niña no estado de Roraima. In: BESERRA NETA, Luiza Câmara e HOLANDA, Elizete Celestino (Organizadoras). **Geociências de Roraima**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2018. p. 191-216.

SANDER, Carlos et al. Levantamento hidrológico da bacia do igarapé Carrapato, Boa Vista, RR: dados preliminares. **Revista ACTA Geográfica**, Boa Vista, ano II, n. 3, p. 119-129, jan./jun 2008.

SCALABRIN, Matheus; WANKLER, Fábio Luiz; MENEZES, Mateus Ferreira. Registro de estruturas associadas à tectônica transcorrente na Bacia do Tacutu – RR. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, XVII; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS, XI; SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XI., 26-29 mai. 2019, Bento Gonçalves. **Anais...** Sociedade Brasileira de Geologia, 2019. p. 170.

SCHAEFER, Carlos Ernesto Reynaud; VALE JÚNIOR, José Frutuoso do. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao Recente. In: BARBOSA, R. I., FERREIRA, E. J. G. e CASTELLÓN, E. G. (Editores). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: Instituto de Pesquisas da Amazonia, 1997. p. 231-265.

SOUZA, Célia Alves de; SOUZA, Juberto Babilônia de. Pantanal Mato-Grossense: Origem, evolução e as características atuais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS**. Três Lagoas, n. 11, ano 7, p. 34-54, mai. 2010.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia Sedimentar**. 1ª Edição. São Paulo: Blucher, 2003. 400 p.

TAVARES JÚNIOR, Stélio Soares et al. Compartimentação geomorfológica de Roraima por meio de análise de morfoestruturas. Estudo de caso: Serra do Tepequém e o Graben do Tacutu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIV., 13-18 abr. 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013. p. 3704-3711.

TEIXEIRA, Wilson et al. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2ª Edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

TONGE, Peter. How Dutch shooed the “waterwolf” from door. **The Christian Science Monitor (Online)**. Zierikzee, 9 dez. 1982. Disponível em: <<https://www.csmonitor.com/1982/1209/120971.html>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

VELOSO, H. P. et al. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos: estudo fitogeográfico. In: **FOLHA NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21**. Rio de Janeiro: Projeto Radambrasil, 1975. p. 307-403.

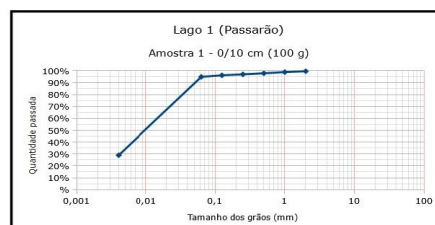
WINGE, M. et al. Escala de Wentworth. **Glossário Geológico Ilustrado**. CPRM, 2001-2019. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/escala_de_wentworth.htm>. Acesso em: 9 set. 2019.

ZULAR et al. The role of abrupt climate change in the formation of an open vegetation enclave in northern Amazonia during the late Quaternary. **Global and Planetary Change**, n. 172, p. 140-149, 2019.

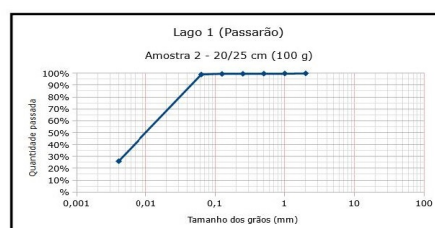
APÊNDICES

APÊNDICE A - Resultados das análises laboratoriais e respectivas curvas granulométricas

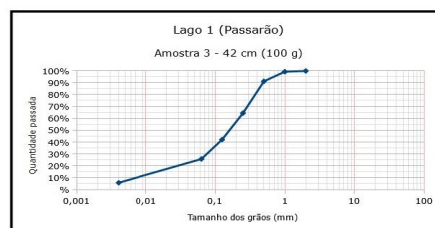
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 1 - 0/10 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza escuro, leve e com muita cinza e matéria orgânica.					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0,3	0,3%	99,7%	Praticamente só matéria orgânica seca.
1	Areia muito grossa	0,7	0,7%	99,0%	Praticamente só matéria orgânica seca.
0,5	Areia grossa	1	1,0%	98,0%	90% ou mais de matéria orgânica seca.
0,25	Areia média	0,9	0,9%	97,1%	91% ou mais de matéria orgânica seca.
0,13	Areia fina	0,8	0,8%	96,3%	Muita matéria orgânica seca e partículas pretas, talvez cinzas.
0,06	Areia muito fina	1,3	1,3%	95,0%	Muita matéria orgânica seca e partículas pretas, talvez cinzas.
0	Silte	66	66,0%		Cor cinza escuro (provavelmente contém cinzas e matéria orgânica).
0	Argila	29	29,0%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte argiloso					



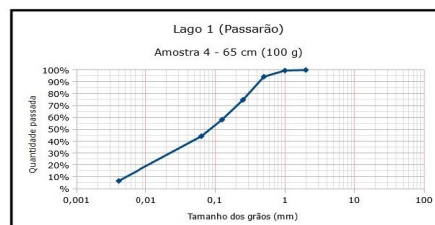
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 2 - 20/25 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza escuro, com matéria orgânica e provavelmente um pouco de cinzas					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0,1	0,1%	99,9%	Praticamente só matéria orgânica seca.
1	Areia muito grossa	0,1	0,1%	99,8%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	0,1	0,1%	99,7%	Idem às anteriores, mas com os primeiros grãos brancos.
0,25	Areia média	0,1	0,1%	99,6%	Dividida entre matéria orgânica seca e grãos brancos e pretos.
0,13	Areia fina	0,1	0,1%	99,5%	Muita matéria orgânica seca e areia fina branca e com grãos pretos.
0,06	Areia muito fina	0,5	0,5%	99,0%	Idem à anterior.
0	Silte	73	73,0%	26,0%	Cor cinza escuro amarelado (presença de fungos).
0	Argila	26	26,0%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte argiloso					



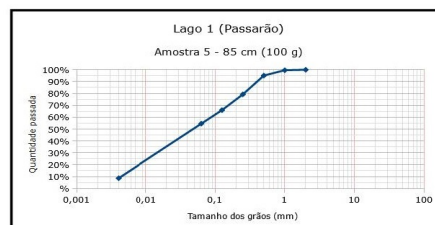
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 3 - 42 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme, com alguns grânulos escuros e um pouco de matéria orgânica					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0,1	0,1%	99,9%	Areia quartzoza preta e branca com matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0,6	0,6%	99,3%	Areia quartzoza com grãos pretos.
0,5	Areia grossa	8,1	8,1%	91,2%	Areia quartzoza com poucos grãos pretos.
0,25	Areia média	26,8	26,8%	64,4%	Areia quartzoza clara com matéria orgânica.
0,13	Areia fina	22,3	22,3%	42,1%	Areia quartzoza clara.
0,06	Areia muito fina	16,3	16,3%	23,8%	Areia branca com partículas pretas.
0	Silte	20	20,0%	5,8%	Cor cinza claro levemente amarelado/creme.
0	Argila	5,8	5,8%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa					



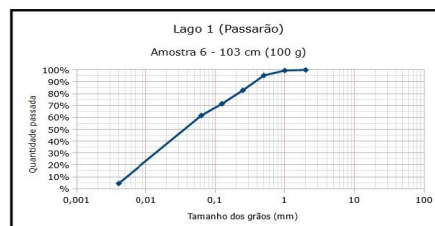
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 4 - 65 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme com traços raros grânulos escuros.					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Grão branco e matéria orgânica seca
1	Areia muito grossa	0,5	0,5%	99,5%	Areia quartzoza.
0,5	Areia grossa	5,2	5,2%	94,3%	Areia.
0,25	Areia média	19,5	19,5%	74,8%	Areia clara.
0,13	Areia fina	16,6	16,6%	58,2%	Areia clara.
0,06	Areia muito fina	14	14,0%	44,2%	Areia clara.
0	Silte	37,6	37,6%	6,6%	Cor creme amarelado.
0	Argila	6,6	6,6%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa					



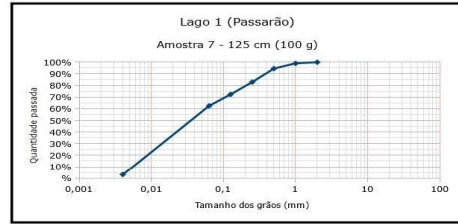
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 5 - 85 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme com traços alaranjados					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzoza.
1	Areia muito grossa	0,4	0,4%	99,6%	Areia clara quartzoza.
0,5	Areia grossa	4,5	4,5%	95,1%	Areia clara quartzoza.
0,25	Areia média	13,8	13,8%	79,3%	Idem às anteriores.
0,13	Areia fina	13,3	13,3%	66,0%	Idem às anteriores.
0,06	Areia muito fina	11,4	11,4%	54,6%	Idem às anteriores.
0	Silte	43,9	43,9%	8,7%	Cor creme.
0	Argila	8,7	8,7%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



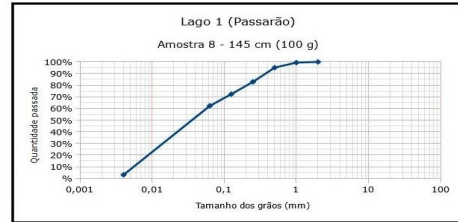
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 6 - 103 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme, com incrustações laranja (ferro provavelmente)					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve
1	Areia muito grossa	0,5	0,5%	99,5%	Areia clara.
0,5	Areia grossa	4,2	4,2%	95,3%	Idem.
0,25	Areia média	12,5	12,5%	82,8%	Idem.
0,13	Areia fina	11,3	11,3%	71,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	9,9	9,9%	61,0%	Idem.
0	Silte	57,3	57,3%	4,4%	Cor cinza claro levemente amarelado/creme.
0	Argila	4,4	4,4%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



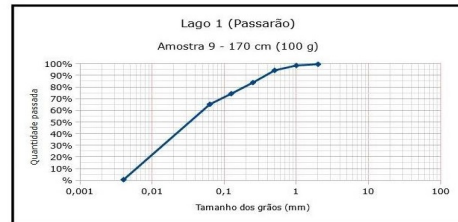
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 7 - 125 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme com algumas incrustações laranja (laterita).					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia clara.
1	Areia muito grossa	1	1,0%	99,0%	Idem.
0,5	Areia grossa	4,5	4,5%	94,5%	Idem.
0,25	Areia média	11,6	11,6%	82,9%	Idem.
0,13	Areia fina	10,6	10,6%	72,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	9,8	9,8%	62,5%	Idem.
0	Silte	59,4	59,4%	3,1%	Cor creme claro.
0	Argila	3,1	3,1%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



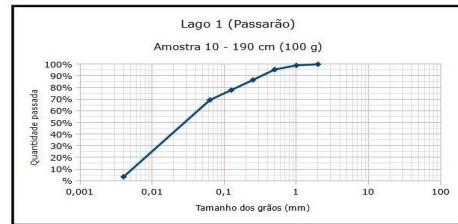
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 8 - 145 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia clara.
1	Areia muito grossa	0,6	0,6%	99,4%	Idem.
0,5	Areia grossa	4,1	4,1%	95,3%	Idem.
0,25	Areia média	12,3	12,3%	82,9%	Idem.
0,13	Areia fina	10,6	10,6%	72,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	10	10,0%	62,3%	Idem.
0	Silte	59,4	59,4%	3,1%	Cor creme.
0	Argila	3,1	3,1%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



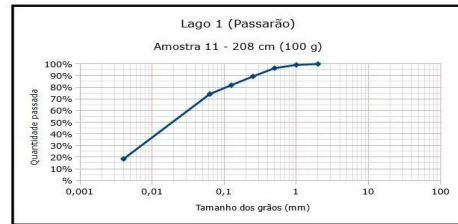
Lago 1 (Passarão)					
Amostra 9 - 170 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme (destorroada).					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0,4	0,4%	99,6%	Areia clara.
1	Areia muito grossa	1,1	1,1%	98,5%	Idem.
0,5	Areia grossa	4,2	4,2%	94,3%	Idem.
0,25	Areia média	10,5	10,5%	83,8%	Idem.
0,13	Areia fina	9,5	9,5%	74,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	9,1	9,1%	65,2%	Idem.
0	Silte	64,7	64,7%	0,5%	Cor creme.
0	Argila	0,5	0,5%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



Lago 1 (Passarão)					
Amostra 10 - 190 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme (destorroada).					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa clara.
1	Areia muito grossa	1	1,0%	99,0%	Idem.
0,5	Areia grossa	3,6	3,6%	95,4%	Idem.
0,25	Areia média	8,9	8,9%	86,5%	Idem.
0,13	Areia fina	8,2	8,2%	78,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	8,1	8,1%	69,2%	Idem.
0	Silte	65,9	65,9%	3,4%	Cor cinza muito claro.
0	Argila	3,4	3,4%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



Lago 1 (Passarão)					
Amostra 11 - 208 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor creme (destorroada).					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa clara.
1	Areia muito grossa	0,8	0,8%	99,2%	Idem, mas com alguns grãos avermelhados.
0,5	Areia grossa	3,8	3,8%	96,4%	Areia quartzosa clara.
0,25	Areia média	7,1	7,1%	89,3%	Idem.
0,13	Areia fina	7,5	7,5%	81,8%	Idem.
0,06	Areia muito fina	7,6	7,6%	74,2%	Idem.
0	Silte	55,7	55,7%	18,5%	Cor cinza muito claro.
0	Argila	18,5	18,5%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



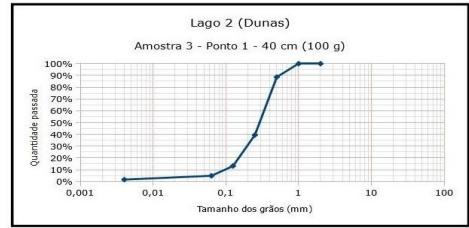
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 1 - Ponto 1 - 0 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza escuro, leve e com muita matéria orgânica.					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Grãos escuros e pouca matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0,5	0,5%	99,5%	Poucos grãos mesclados e muita matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	15,2	15,2%	84,3%	Areia quartzosa clara, com alguns grãos escuros e matéria orgânica.
0,25	Areia média	34,9	34,9%	49,4%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	13,9	13,9%	35,5%	Idem.
0,06	Areia muito fina	4,2	4,2%	31,3%	Idem, usa com muito mais matéria orgânica.
0	Silte	27,9	27,9%	3,4%	Cor cinza escuro e textura fina e leve (matéria orgânica presente).
0	Argila	3,4	3,4%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa					



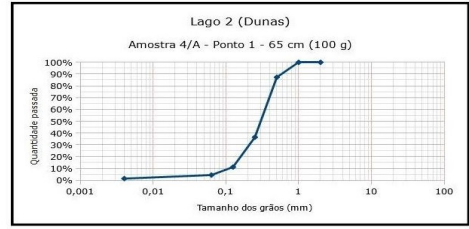
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 2 - Ponto 1 - 25 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza escuro com textura arenosa e grãos de areia clara.					
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Grãos escuros e leves e matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Idem.
0,5	Areia grossa	17,3	17,3%	82,7%	Areia quartzosa branca com matéria orgânica.
0,25	Areia média	49,2	49,2%	65,4%	Idem.
0,13	Areia fina	19,6	19,6%	45,8%	Idem.
0,06	Areia muito fina	4,9	4,9%	9,0%	Idem.
0	Silte	7,3	7,3%	1,7%	Cor cinza escuro com alguma presença de matéria orgânica.
0	Argila	1,7	1,7%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



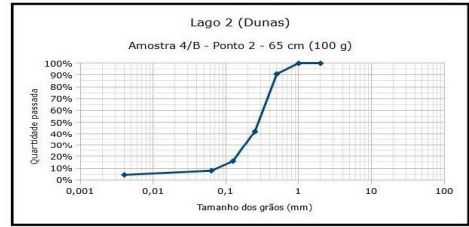
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 3 - Ponto 1 - 40 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor clara levemente amareloada e arenosa				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	11,4	11,4%	88,6%	Idem.
0,25	Areia média	49,1	49,1%	50,9%	Idem.
0,13	Areia fina	26,3	26,3%	73,7%	Idem.
0,06	Areia muito fina	8,3	8,3%	91,7%	Idem.
0	Silte	3,2	3,2%	98,3%	Cor cinza claro (misturada) e textura fina e leve.
0	Argila	1,7	1,7%	100,0%	Descartada.
Classificação:	Areia				



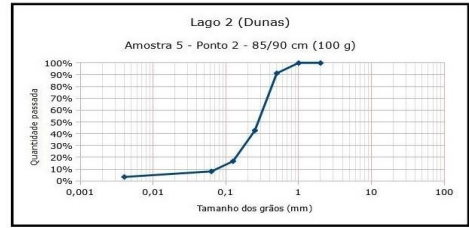
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 4A - Ponto 1 - 65 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom acinzentado claro, textura arenosa e com grânulos.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca com alguma matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	12,7	12,7%	87,3%	Idem.
0,25	Areia média	50,8	50,8%	49,2%	Idem.
0,13	Areia fina	25,3	25,3%	74,7%	Idem.
0,06	Areia muito fina	6,8	6,8%	93,2%	Idem.
0	Silte	3	3,0%	97,0%	Cor cinza claro (misturada) e textura fina e leve.
0	Argila	1,4	1,4%	98,6%	Descartada.
Classificação:	Areia				



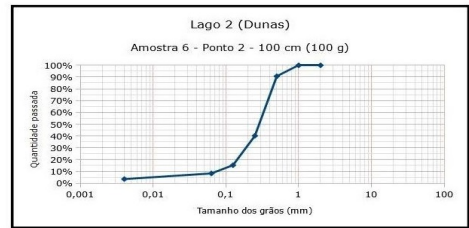
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 4B - Ponto 2 - 65 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom claro e textura arenosa.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	9,1	9,1%	90,9%	Idem.
0,25	Areia média	48,8	48,8%	51,2%	Idem.
0,13	Areia fina	26,7	26,7%	73,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	8,1	8,1%	91,9%	Idem.
0	Silte	3,5	3,5%	96,5%	Cor cinza claro e textura muito fina.
0	Argila	4,3	4,3%	95,7%	Descartada.
Classificação:	Areia				



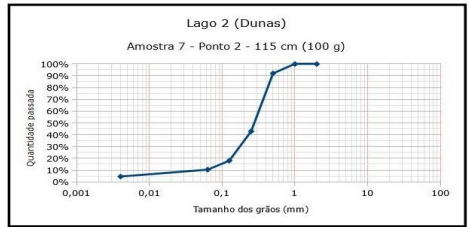
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 5 - Ponto 2 - 85/90 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom claro e textura arenosa.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia branca.
0,5	Areia grossa	8,7	8,7%	91,3%	Idem.
0,25	Areia média	48,5	48,5%	51,5%	Idem.
0,13	Areia fina	26,1	26,1%	73,9%	Idem.
0,06	Areia muito fina	8,6	8,6%	91,4%	Idem.
0	Silte	4,7	4,7%	95,3%	Cor cinza claro.
0	Argila	3,4	3,4%	96,6%	Descartada.
Classificação:	Areia				



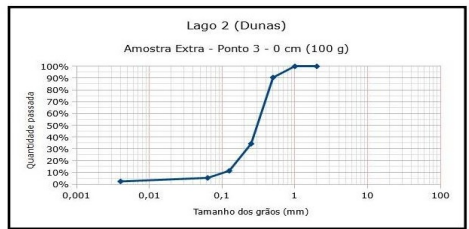
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 6 - Ponto 2 - 100 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom claro e textura arenosa.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia branca.
0,5	Areia grossa	9,3	9,3%	90,7%	Idem.
0,25	Areia média	50,5	50,5%	49,5%	Idem.
0,13	Areia fina	24,9	24,9%	75,1%	Idem.
0,06	Areia muito fina	7	7,0%	93,0%	Idem.
0	Silte	4,8	4,8%	95,2%	Cor cinza amarelado claro.
0	Argila	3,5	3,5%	96,5%	Descartada.
Classificação:	Areia				



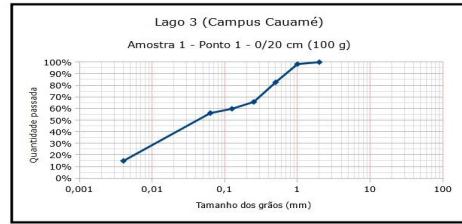
Lago 2 (Dunas)					
Amostra 7 - Ponto 2 - 115 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom claro e textura arenosa.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	8	8,0%	92,0%	Idem.
0,25	Areia média	49,1	49,1%	50,9%	Idem.
0,13	Areia fina	24,9	24,9%	75,1%	Idem.
0,06	Areia muito fina	7,6	7,6%	92,4%	Idem.
0	Silte	5,8	5,8%	94,2%	Cor cinza amarelado claro.
0	Argila	4,6	4,6%	95,4%	Descartada.
Classificação:	Areia				



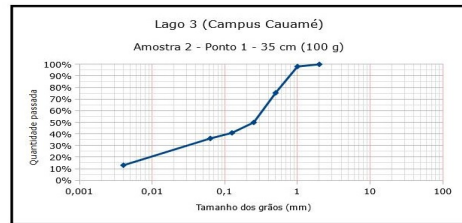
Lago 2 (Dunas)					
Amostra Extra - Ponto 3 - 0 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor marrom e textura arenosa.				
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Particularmente só matéria orgânica seca.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Idem, com alguns grãos escuros.
0,5	Areia grossa	9,5	9,5%	90,5%	Areia marrom avermelhada.
0,25	Areia média	56,2	56,2%	43,8%	Idem.
0,13	Areia fina	22,9	22,9%	77,1%	Idem.
0,06	Areia muito fina	6	6,0%	94,0%	Areia marrom bem clara.
0	Silte	3	3,0%	97,0%	Cor cinza levemente amarelado.
0	Argila	2,4	2,4%	97,6%	Descartada.
Classificação:	Areia				



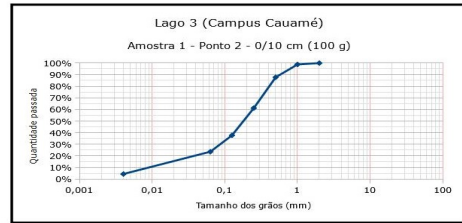
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 1 – Ponto 1 – 0/20 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor cinza escuro e fragmentos de raízes	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	0	0,0%	100,0%	Alguns grãos escuros e o resto matéria orgânica.
1		Areia muito grossa	1,7	1,7%	98,3%	Areia quartzosa, muitos grãos escuros e matéria orgânica.
0,5		Areia grossa	15,7	15,7%	82,6%	Areia quartzosa branca e muita matéria orgânica.
0,25		Areia média	16,9	16,9%	65,7%	Idem à anterior.
0,13		Areia fina	5,9	5,9%	59,8%	Idem.
0,06		Areia muito fina	3,7	3,7%	56,1%	Idem.
0		Silte	41,2	41,2%	14,9%	Cor cinza claro.
0		Argila	14,9	14,9%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso						



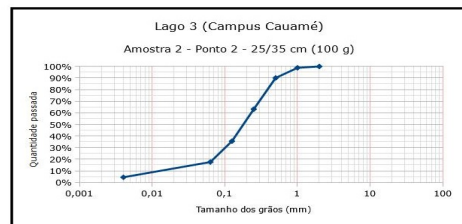
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 2 – Ponto 1 – 35 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor cinza e aparência silteosa	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca.
1		Areia muito grossa	1,9	1,9%	98,1%	Areia quartzosa branca com alguns grãos pretos.
0,5		Areia grossa	22,7	22,7%	75,4%	Idem à anterior.
0,25		Areia média	23,5	23,5%	49,9%	Idem.
0,13		Areia fina	9	9,0%	40,9%	Idem.
0,06		Areia muito fina	4,8	4,8%	36,1%	Idem.
0		Silte	23,1	23,1%	13,0%	Cor cinza escuro.
0		Argila	13,0	13,0%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa						



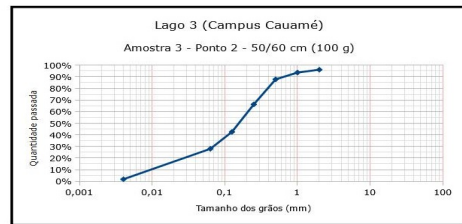
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 1 – Ponto 2 – 0/10 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor cinza e textura arenosa fina.	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa.
1		Areia muito grossa	1,2	1,2%	98,8%	Idem.
0,5		Areia grossa	11,1	11,1%	87,7%	Idem.
0,25		Areia média	26,5	26,5%	61,2%	Idem.
0,13		Areia fina	23,5	23,5%	37,7%	Idem.
0,06		Areia muito fina	14,1	14,1%	22,6%	Idem.
0		Silte	19,2	19,2%	4,4%	Cor cinza escuro.
0		Argila	4,4	4,4%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa						



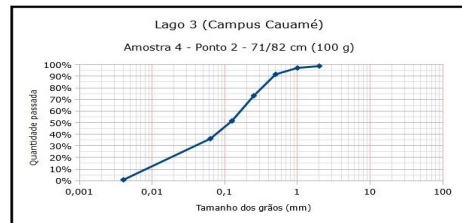
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 2 – Ponto 2 – 25/35 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor cinza amarelado claro e textura arenosa.	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa.
1		Areia muito grossa	1,2	1,2%	98,8%	Idem.
0,5		Areia grossa	8,7	8,7%	90,1%	Idem.
0,25		Areia média	26,9	26,9%	63,2%	Idem.
0,13		Areia fina	27,6	27,6%	35,6%	Idem.
0,06		Areia muito fina	18	18,0%	17,6%	Idem.
0		Silte	13,1	13,1%	4,5%	Cor cinza claro.
0		Argila	4,5	4,5%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia						



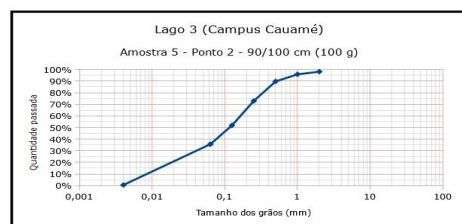
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 3 – Ponto 2 – 50/60 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor creme e com grãos de quartzo.	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	3,8	3,8%	96,2%	Areia quartzosa e fragmentos de material escuro (incrustações fíricas).
1		Areia muito grossa	2,5	2,5%	93,7%	Areia quartzosa.
0,5		Areia grossa	5,8	5,8%	87,9%	Idem à anterior.
0,25		Areia média	21,6	21,6%	66,3%	Idem.
0,13		Areia fina	33,7	33,7%	42,6%	Idem.
0,06		Areia muito fina	14,6	14,6%	28,0%	Idem.
0		Silte	26,2	26,2%	1,8%	Cor cinza claro com uma incipiente tonalidade alaranjada.
0		Argila	1,8	1,8%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa						



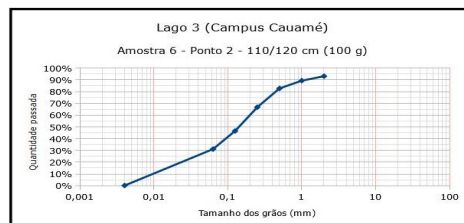
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 4 – Ponto 2 – 71/82 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Levemente alaranjada (presença de ferro) e com grãos de quartzo.	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	1,2	1,2%	98,8%	Areia quartzosa levemente oxidada.
1		Areia muito grossa	1,6	1,6%	97,2%	Idem.
0,5		Areia grossa	5,5	5,5%	91,7%	Idem.
0,25		Areia média	18,9	18,9%	73,2%	Areia quartzosa branca.
0,13		Areia fina	21,7	21,7%	51,5%	Idem à anterior.
0,06		Areia muito fina	15,3	15,3%	36,2%	Idem.
0		Silte	35,4	35,4%	0,8%	Cor alaranjada (oxidação).
0		Argila	0,8	0,8%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa						



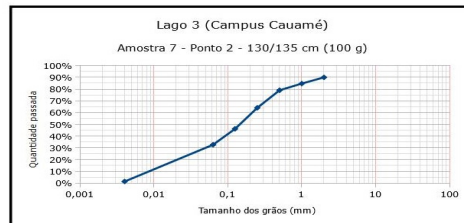
Lago 3 (Campus Cauamé)						
Amostra 5 – Ponto 2 – 90/100 cm						
Massa inicial (g): 100						
Bruta:						
Penetra (mm)	Cor levemente alaranjada e mal selecionada.	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2		Grânulo	1,8	1,8%	98,2%	Areia quartzosa.
1		Areia muito grossa	2,5	2,5%	95,7%	Idem à anterior.
0,5		Areia grossa	6,1	6,1%	89,6%	Idem.
0,25		Areia média	16,8	16,8%	73,0%	Idem.
0,13		Areia fina	21,1	21,1%	51,9%	Idem.
0,06		Areia muito fina	16,2	16,2%	35,7%	Idem.
0		Silte	35,1	35,1%	0,6%	Cor creme levemente alaranjada.
0		Argila	0,6	0,6%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa						



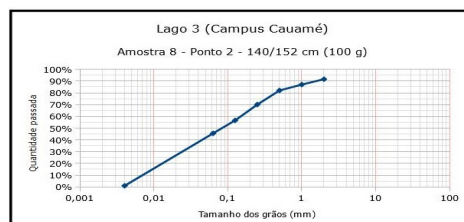
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 6 - Ponto 2 - 110/120 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor levemente alarajada e mal selecionada.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	6,8	6,8%	93,2%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	2,8	2,8%	99,4%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	6,6	6,6%	82,8%	Areia quartzoza.
0,25	Areia média	16	16,0%	66,8%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	20,2	20,2%	46,6%	Idem.
0,06	Areia muito fina	15,4	15,4%	31,2%	Idem.
0	Silte	31	31,0%	0,2%	Cor levemente alarajada.
0	Argila	0,2	0,2%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Areia silteosa				



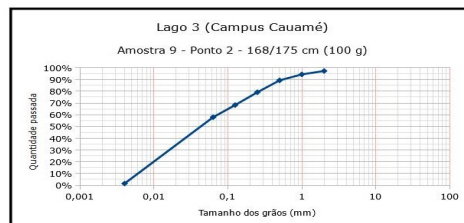
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 7 - Ponto 2 - 130/135 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor alarajada e mal selecionada.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	10	10,0%	90,0%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	5,3	5,3%	84,7%	Areia quartzoza com poucas incrustações.
0,5	Areia grossa	5,7	5,7%	79,0%	Areia quartzoza.
0,25	Areia média	14,9	14,9%	64,1%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	17,9	17,9%	46,2%	Idem.
0,06	Areia muito fina	13,5	13,5%	32,7%	Idem.
0	Silte	31,3	31,3%	1,4%	Cor creme alarajado.
0	Argila	1,4	1,4%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Areia silteosa				



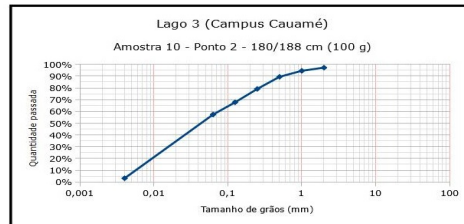
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 8 - Ponto 2 - 140/152 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor alarajada e mal selecionada.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	8,3	8,3%	91,7%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	4,6	4,6%	87,1%	Areia quartzoza com poucas incrustações.
0,5	Areia grossa	5	5,0%	82,1%	Areia quartzoza.
0,25	Areia média	12	12,0%	70,1%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	13,5	13,5%	56,6%	Idem.
0,06	Areia muito fina	11	11,0%	45,6%	Idem.
0	Silte	44,6	44,6%	1,0%	Cor alarajada (provavelmente ferro).
0	Argila	1,0	1,0%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Areia silteosa				



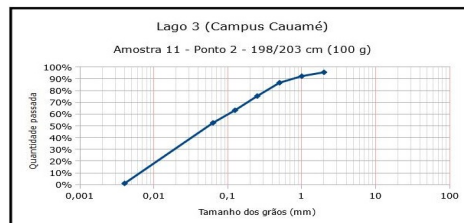
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 9 - Ponto 2 - 168/175 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor alarajada e mais bem selecionada que as anteriores.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	2,7	2,7%	97,3%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	2,9	2,9%	84,4%	Quartzo com poucas incrustações.
0,5	Areia grossa	5,1	5,1%	89,3%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	10,1	10,1%	79,2%	Areia quartzoza levemente alarajada.
0,13	Areia fina	10,9	10,9%	68,3%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	10,3	10,3%	58,0%	Idem.
0	Silte	56,4	56,4%	1,6%	Cor alarajada (ferro).
0	Argila	1,6	1,6%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Silte arenoso				



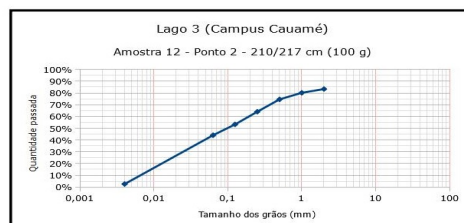
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 10 - Ponto 2 - 180/188 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor alarajada e um pouco melhor selecionada que as anteriores.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	2,7	2,7%	97,3%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	2,7	2,7%	94,6%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	5,1	5,1%	89,5%	Idem.
0,25	Areia média	10,3	10,3%	79,2%	Areia quartzoza levemente alarajada.
0,13	Areia fina	11,4	11,4%	67,8%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	10,4	10,4%	57,4%	Idem.
0	Silte	54,2	54,2%	3,3%	Cor alarajada (ferro).
0	Argila	3,2	3,2%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Silte arenoso				



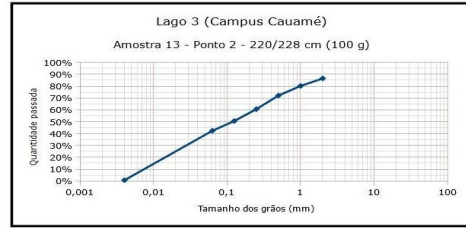
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 11 - Ponto 2 - 198/203 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor alarajada e melhor selecionada que as do ponto médio. Nota: a partir de 2 metros há laterita.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	4,4	4,4%	95,6%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	3,3	3,3%	92,3%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	5,6	5,6%	86,7%	Idem.
0,25	Areia média	11,3	11,3%	75,4%	Areia quartzoza.
0,13	Areia fina	12,1	12,1%	63,3%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	10,7	10,7%	52,6%	Idem.
0	Silte	51,5	51,5%	1,1%	Cor alarajada (ferro).
0	Argila	1,1	1,1%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Areia silteosa				



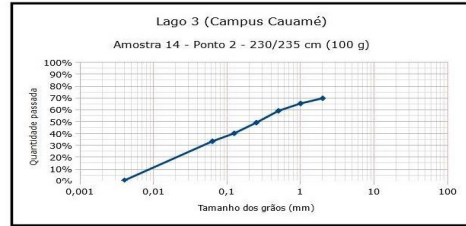
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 12 - Ponto 2 - 210/217 cm					
Massa inicial (g):	100				
Bruta:	Cor levemente alarajada e mal selecionada.				
Peneira (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	16,6	16,6%	83,4%	Quartzo e incrustações férricas.
1	Areia muito grossa	3,2	3,2%	80,2%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	5,6	5,6%	74,6%	Idem.
0,25	Areia média	10,5	10,5%	64,1%	Idem.
0,13	Areia fina	10,8	10,8%	53,3%	Areia quartzoza.
0,06	Areia muito fina	9,2	9,2%	44,1%	Idem à anterior.
0	Silte	41,5	41,5%	2,6%	Cor alarajada (ferro).
0	Argila	2,6	2,6%	0,0%	Descartada.
Classificação:	Areia silteosa				



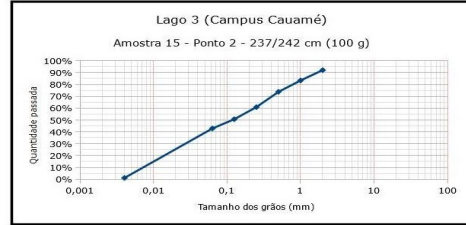
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 13 - Ponto 2 - 220/228 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Cor alaranjada e mal selecionada	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	13,5	13,5%	86,5%	Quartzo e a maioria dos grãos são incrustações ferríças.
1	Areia muito grossa	6,3	6,3%	80,2%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	8,1	8,1%	72,1%	Quartzo e incrustações ferríças.
0,25	Areia média	11,5	11,5%	60,6%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	10	10,0%	50,6%	Idem.
0,06	Areia muito fina	4,2	4,2%	42,4%	Idem.
0	Silte	41,7	41,7%	0,7%	Cor alaranjada (ferro).
0	Argila	0,7	0,7%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia silteosa			



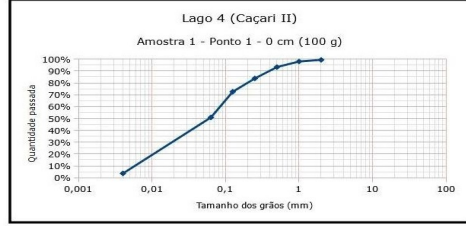
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 14 - Ponto 2 - 230/235 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Cor alaranjada e mal selecionada	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	30,2	30,2%	69,8%	Incrustações ferríças e raros grãos de quartzo.
1	Areia muito grossa	4,4	4,4%	65,4%	Incrustações ferríças e poucos grãos de quartzo.
0,5	Areia grossa	6,2	6,2%	59,2%	Muito areia quartzeosa e inco incrustações ferríças.
0,25	Areia média	10	10,0%	49,2%	Areia quartzeosa e muitas incrustações ferríças.
0,13	Areia fina	9	9,0%	40,2%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	6,7	6,7%	33,5%	Idem.
0	Silte	33	33,0%	0,5%	Cor alaranjada (ferro).
0	Argila	0,5	0,5%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia silteosa			



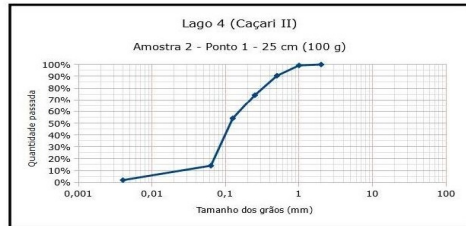
Lago 3 (Campus Cauamé)					
Amostra 15 - Ponto 2 - 237/242 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Cor alaranjada e mal selecionada	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	7,9	7,9%	92,1%	Incrustações ferríças e raros grãos de quartzo.
1	Areia muito grossa	4,7	4,7%	87,4%	Incrustações ferríças e poucos grãos de quartzo.
0,5	Areia grossa	9,6	9,6%	73,8%	Muito areia quartzeosa e inco incrustações ferríças.
0,25	Areia média	12,9	12,9%	60,9%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	10,2	10,2%	50,7%	Idem.
0,06	Areia muito fina	7,8	7,8%	43,9%	Idem.
0	Silte	41,7	41,7%	1,2%	Cor alaranjada (ferro).
0	Argila	1,2	1,2%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia silteosa			



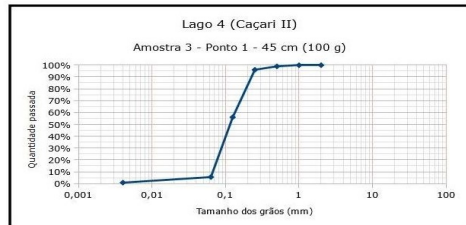
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 1 - Ponto 1 - 0 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Cor cinza claro com carvão e matéria orgânica.	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0,5	0,5%	99,5%	Praticamente só matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	1,4	1,4%	98,1%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	4,7	4,7%	93,4%	Areia branca com muita matéria orgânica.
0,25	Areia média	9,6	9,6%	83,8%	Idem à anterior.
0,13	Areia fina	11,2	11,2%	72,6%	Idem.
0,06	Areia muito fina	21,7	21,7%	50,9%	Idem.
0	Silte	47,2	47,2%	3,7%	Cor cinza levemente amarronzado.
0	Argila	3,7	3,7%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia silteosa			



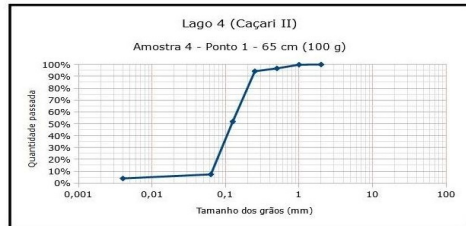
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 2 - Ponto 1 - 25 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Cor cinza claro com um pouco de carvão e matéria orgânica e textura arenosa.	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia branca e carvão (impureza).
1	Areia muito grossa	0,8	0,8%	99,2%	Areia branca e matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	8,7	8,7%	90,5%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	16,4	16,4%	74,1%	Idem.
0,13	Areia fina	20,1	20,1%	54,0%	Idem.
0,06	Areia muito fina	39,9	39,9%	14,1%	Idem.
0	Silte	12,2	12,2%	1,9%	Cor cinza claro levemente amarronzado.
0	Argila	1,9	1,9%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia			



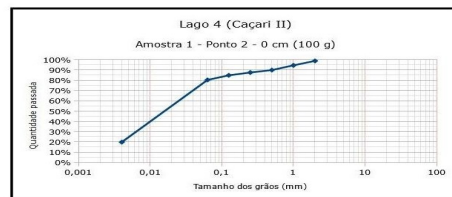
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 3 - Ponto 1 - 45 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Areia branca de textura fina e com matéria orgânica	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve material geológico e há somente matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0,1	0,1%	99,9%	Areia branca e matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	0,9	0,9%	99,0%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	2,9	2,9%	96,1%	Idem.
0,13	Areia fina	40	40,0%	56,1%	Areia branca.
0,06	Areia muito fina	50,5	50,5%	5,0%	Idem à anterior.
0	Silte	4,7	4,7%	0,9%	Cor cinza claro.
0	Argila	0,9	0,9%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia			



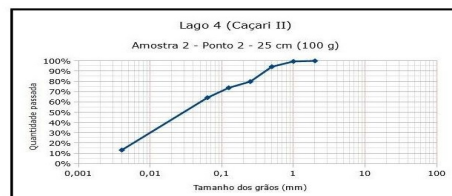
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 4 - Ponto 1 - 65 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta:					
Penetra (mm)	Areia branca de textura fina e com matéria orgânica.	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve material geológico e há somente matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0,2	0,2%	99,8%	Areia quartzeosa branca e matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	3,1	3,1%	96,7%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	2,4	2,4%	94,3%	Idem.
0,13	Areia fina	42,5	42,5%	51,8%	Areia quartzeosa branca.
0,06	Areia muito fina	44,5	44,5%	7,3%	Idem à anterior.
0	Silte	3,4	3,4%	3,9%	Cor cinza claro levemente amarronzado.
0	Argila	3,9	3,9%	0,0%	Descartada.
Classificação:		Areia			



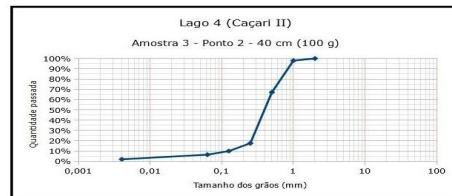
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 1 - Ponto 2 - 0 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza, com carvão e matéria orgânica.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	1,1	1,1%	98,9%	Grânulos de sedimento, carvão e matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	4,3	4,3%	94,6%	Idem à anterior.
0,5	Areia grossa	4,6	4,6%	90,0%	Idem.
0,25	Areia média	2,4	2,4%	87,6%	Idem.
0,13	Areia fina	2,7	2,7%	84,9%	Areia branca e muita matéria orgânica.
0,06	Areia muito fina	4,5	4,5%	80,4%	Idem à anterior.
0	Silte	60,5	60,5%	19,9%	Cor cinza.
0	Argila	19,9	19,9%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



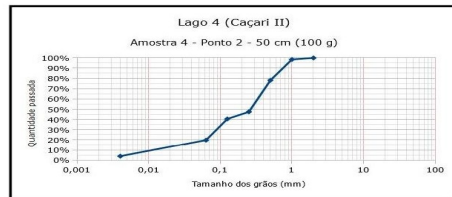
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 2 - Ponto 2 - 25 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro com uma pouca de carvão e matéria orgânica.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Grânulo de sedimento, grãos de quartzo e matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	0,6	0,6%	99,4%	Grânulos de sedimento, areia quartzosa, carvão e matéria orgânica.
0,5	Areia grossa	1,1	1,1%	98,3%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	14,3	14,3%	79,8%	Areia branca e matéria orgânica.
0,13	Areia fina	6	6,0%	79,8%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	9,6	9,6%	64,2%	Idem à anterior.
0	Silte	51	51,0%	13,3%	Cor cinza claro.
0	Argila	13,3	13,3%	0,0%	Descartada.
Classificação: Silte arenoso					



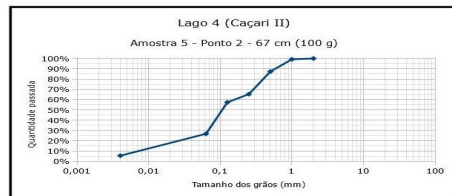
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 3 - Ponto 2 - 40 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro e textura arenosa.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca, grânulos de sedimento e matéria orgânica.
1	Areia muito grossa	2,1	2,1%	97,9%	Areia quartzosa branca e grânulos de sedimento.
0,5	Areia grossa	30,8	30,8%	61,1%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	49,6	49,6%	17,5%	Areia quartzosa branca.
0,13	Areia fina	7,6	7,6%	6,9%	Idem à anterior.
0,06	Areia muito fina	3,5	3,5%	6,4%	Idem.
0	Silte	4,5	4,5%	1,0%	Cor cinza claro levemente amarronzado.
0	Argila	1,9	1,9%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



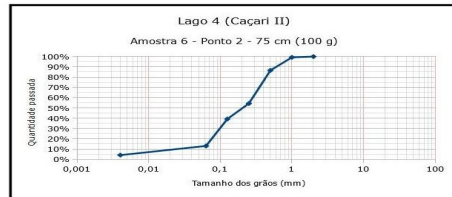
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 4 - Ponto 2 - 50 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro e textura arenosa.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	1,5	1,5%	98,5%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	20,5	20,5%	78,2%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	30,7	30,7%	47,5%	Idem.
0,13	Areia fina	6,9	6,9%	40,6%	Idem.
0,06	Areia muito fina	20,7	20,7%	19,9%	Idem.
0	Silte	16	16,0%	3,9%	Cor cinza claro.
0	Argila	3,9	3,9%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



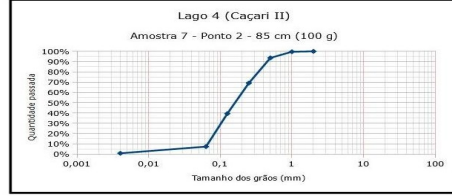
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 5 - Ponto 2 - 67 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro com manchas de ferro.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0,8	0,8%	99,2%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	11,9	11,9%	87,3%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	22	22,0%	65,3%	Idem.
0,13	Areia fina	8	8,0%	57,3%	Idem.
0,06	Areia muito fina	30,6	30,6%	26,7%	Idem.
0	Silte	21,8	21,8%	5,4%	Cor cinza claro.
0	Argila	3,4	3,4%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia silteosa					



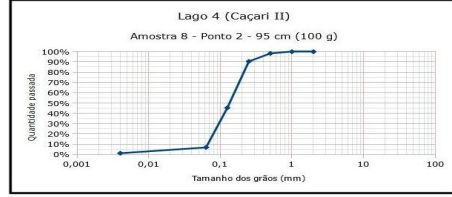
Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 6 - Ponto 2 - 75 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro e textura arenosa.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0,8	0,8%	99,2%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	12,7	12,7%	88,5%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	32,2	32,2%	54,3%	Idem.
0,13	Areia fina	15,1	15,1%	39,2%	Idem.
0,06	Areia muito fina	26,2	26,2%	13,0%	Idem.
0	Silte	8,9	8,9%	4,1%	Cor cinza claro.
0	Argila	4,1	4,1%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 7 - Ponto 2 - 85 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro e textura arenosa.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0,4	0,4%	99,6%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	6	6,0%	93,6%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	24,5	24,5%	69,1%	Idem.
0,13	Areia fina	29,7	29,7%	39,4%	Idem.
0,06	Areia muito fina	32,1	32,1%	7,5%	Idem.
0	Silte	6,5	6,5%	0,8%	Cor cinza claro.
0	Argila	0,8	0,8%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



Lago 4 (Caçari II)					
Amostra 8 - Ponto 2 - 95 cm					
Massa inicial (g): 100					
Bruta: Cor cinza claro com marcas avermelhadas (ferro) e textura arenosa.					
Penetra (mm)	Categoria	Massa retida (g)	Porcentagem	Porcentagem passada	Características
2	Grânulo	0	0,0%	100,0%	Não houve.
1	Areia muito grossa	0	0,0%	100,0%	Areia quartzosa branca.
0,5	Areia grossa	1,7	1,7%	98,3%	Idem à anterior.
0,25	Areia média	7,8	7,8%	90,5%	Idem.
0,13	Areia fina	44,2	44,2%	45,7%	Idem.
0,06	Areia muito fina	38,5	38,5%	6,8%	Idem.
0	Silte	5,6	5,6%	1,2%	Cor cinza claro.
0	Argila	1,2	1,2%	0,0%	Descartada.
Classificação: Areia					



APÊNDICE B - Imagens do município de Boa Vista nas estações úmida e seca

