

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

**CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES AMBIENTAIS NA PAISAGEM DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SANABANI, EM SILVES-AMAZONAS**

**Nádia Rafaela Pereira de Abreu**

**ORIENTADOR:  
PROF. Dr. ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA**

Manaus-AM  
2016

**Nádia Rafaela Pereira de Abreu**

**CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES AMBIENTAIS NA PAISAGEM DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SANABANI, EM SILVES-AMAZONAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (PPGEOG/UFAM) como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração Amazônia: Território e Ambiente. Linha de pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia.

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira PPGEOG/UFAM

Presidente: \_\_\_\_\_

Prof. Dra Luiza Câmara Bezerra Neta UFRR

Membro: \_\_\_\_\_

Prof. Dra Mircia Ribeiro Forte PPGEO/UFAM

Membro: \_\_\_\_\_

Manaus-AM  
2016

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A162c Abreu, Nadia Rafaela Pereira de  
Classificação de Unidades Ambientais na paisagem da Bacia  
Hidrográfica do Rio Sanabani, em Silves-Amazonas / Nadia Rafaela  
Pereira de Abreu. 2016  
106 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Unidades Ambientais. 2. Amazônia. 3. Sanabani. 4.  
Sustentabilidade. I. Vieira, Antonio Fábio Sabbá Guimarães II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

## DEDICATÓRIA

“Dedico a minha mãe, Maria Ivanilda, que sempre me apoiou e me incentivou a estudar”.

## AGRADECIMENTOS

A gratidão é um dos sentimentos que devem fazer parte do ser humano, pois nada fazemos e podemos fazer sozinhos. Sendo o ser humano um ser político, a gratidão deve ser um hábito, pois vivemos em sociedade e somos, de forma direta ou indireta, influenciados pelo meio.

Minha imensa gratidão a **Deus**, sem Ele nada seria possível na minha vida; tudo que sou e que busco ser é pela minha fé e esperança nEle. Jesus, sendo a imagem do Deus invisível e o primogênito dentre toda a criação, me ensina princípios baseados no amor e na dedicação, ensina-me a perseverar mediante dificuldades, ensina-me a ser humilde e a compartilhar o que tenho. O amor de Deus me constrange ao ponto de me incentivar a buscar um caráter melhor. Não sou perfeita, mas sou grata a esse Deus perfeito, que habita em mim e se faz presente até nas minhas pequenas decisões.

Minha família, após Deus, é o que mais tenho de valioso. Não é uma família perfeita, mas é para mim a melhor família, por isso agradeço a cada um que de forma direta e indireta me apoiaram (irmãos, irmã, tia Ilma) e em especial minha mãe, que é uma senhora dedicada. Não estudou, mas me fez querer estudar. Sou grata a ela pois, suas pequenas ações me fizeram querer continuar nessa escolha difícil de fazer uma dissertação. Obrigada, mãe, pelas palavras de apoio, pelo lanche nas madrugadas de estudo, pelas orações a meu favor.

E é claro, ao falar da família, não poderia esquecer dos meus sobrinhos, três crianças maravilhosas que me distraíam nos momentos de estresse com brincadeiras e muita alegria. Obrigada meus amores (Vitória, Athos e Natally).

No discurso de gratidão, não poderia deixar de agradecer ao orientador, Professor Dr Antonio Fabio Sabbá Guimarães Vieira, ou carinhosamente, o Prof., no qual já venho trabalhando desde a iniciação científica, com uma soma de cinco anos de trabalho desde a graduação até o final do mestrado. **Um muito obrigada ainda é pouco para agradecê-lo.** Seu apoio foi um dos mais fundamentais, desde a liberdade para a escolha do tema até a ida aos difíceis trabalhos de campo.

Sou grata por cada conselho, cada correção e orientação; se estou fazendo pesquisa, meu orientador tem uma grande parcela de participação. Muito Obrigada, Prof.!

Amigos são a família que nos permitirmos ter. Sendo assim, não poderia deixar de agradecer aos amigos que me acompanharam nessa jornada.

Obrigada aos amigos Sandra (por toda atenção e grande amizade); Anne (pela ajuda na logística), Armando (por todo apoio braçal e incentivos à publicação) e Welliton (por todo auxílio em campo e em laboratório). Nunca me esquecerei do apoio de vocês, principalmente em campo, uma vez que deixaram suas rotinas para me ajudar em uma pesquisa difícil, no meio da floresta, com onças, cobras, mosquitos e os perigos comuns da estrada de Silves (Obrigada, amigos!).

Obrigada ao “g.a”, grupo de amigas da igreja, vocês foram um apoio fundamental durante esses dois anos de estudo. Cada oração e palavras de incentivo fizeram toda diferença. Muito obrigada a Shesen, Hendrea, Mônica, Camila e Carol.

Sou grata a amiga Hosana, por todo apoio e amizade.

Agradeço ao ministério de orquestra. Durante meus dois anos de pesquisa tive a oportunidade de servir a Deus nesse ministério e nele encontrei apoio dos líderes (Oziam e Juli), apoio de amigos: Tati (me fez sorrir nas horas que não haviam motivos); Elice (ligou nas horas certas, mandou mensagens que me inspiraram); Kelly (me distraiu indo ao cinema ou somente com simplórias conversas informais); Deizy (sempre tinha uma palavra de apoio e incentivo) e um grande apoio, do amigo Luiz, trompetista da orquestra, que corrigiu as incoerências textuais da dissertação. Formado em jornalismo e letras, utilizou seus conhecimentos para ajudar, valeu amigo!

Agradeço ao estimado professor Drº Newton Falcão, que cedeu seu espaço no laboratório de análises químicas de solo, do INPA, para o tratamento das minhas amostras. Agradeço também ao técnico de laboratório, Mozanei Trindade, que me auxiliou durante todo o processo de análise química, tendo o maior cuidado com os detalhes dos resultados, muito obrigada!

Por fim, e também com grande importância, agradeço ao apoio da CAPES pelo fornecimento de 24 meses de bolsa. Sem a bolsa seria difícil sobreviver aos meses de pesquisa, por isso, muito obrigada!

*"Pela fé entendemos que o universo foi formado pela palavra de Deus, de modo de que aquilo que se vê não foi feito do que é visível." Hebreus 11:3*

## RESUMO

A presente pesquisa buscou definir unidades ambientais na bacia do rio Sanabani, em Silves Amazonas. A classificação teve o solo como elemento homogeneizador da unidade. Os procedimentos metodológicos utilizados passaram por três fases, na qual a primeira foi o trabalho em gabinete que consistiu no levantamento teórico e sistematização dos dados obtidos; a segunda fase foi em campo, a partir de obtenção de amostras de solo e quantificação da vegetação, a terceira foi em laboratório, aplicando análise química e física do solo obtido. Ao final dos procedimentos metodológicos elaboraram-se cartas-imagens espacializando as unidades ambientais e nivelando-as quanto aos graus de sustentabilidade (ambiente sustentável, ambiente médio e ambiente insustentável). A pesquisa teve como referencial a teoria geral dos sistemas (BERTALANFY, 2015), teoria da complexidade ambiental (MORIN, 2010), classificação de unidades pelos métodos de Bertrand (1971) e Tricart (1973), Sotchava (1977), no qual utilizou conceitos padronizados por cada autor adequando a área de estudo. A bacia hidrográfica Sanabani encontra-se "cortada" pelas estradas AM-330 e AM-363. O entorno dessas estradas estão com o solo desprotegido, movimentos de massa e com incisões erosivas, no total de 22 voçorocas. As margens do rio Sanabani não possuem vegetação, sendo uma das áreas mais vulneráveis da bacia Sanabani. No geral, identificaram-se dois tipos de solo, o Latossolo Amarelo e o Espodossolo, classificando, duas unidades ambientais. A bacia hidrográfica Sanabani encontra-se em três níveis de sustentabilidade, que são: Ambiente sustentável, ambiente médio e ambiente insustentável, representados, na presente pesquisa, por:  $EN+S=Pe$ , em que **EN** - refere-se aos elementos naturais; **S** - refere-se à sociedade; **Pe** - refere-se à paisagem equilibrada, sendo um pressuposto teórico fundamentado nas idéias de Bertrand (1971), com o ser humano inserido no sistema natural e à fórmula  $EN+S^2=Pi$ , em que **EN** - refere-se aos elementos naturais; **S<sup>2</sup>** - refere-se a intervenções da sociedade que modificam o sistema natural; **Pi** - refere-se à paisagem instável, sendo um pressuposto com bases na teoria de Sotchava (1977), no qual o ser humano está fora do sistema natural, uma vez que descaracterizou a paisagem, tornando-se um agente externo ao ambiente.

**Palavras Chaves:** Unidades Ambientais – Amazônia – Sanabani - Sustentabilidade

## ABSTRACT

The present study aimed to define the Sanabani basin's environmental units, located at Silves – Amazonas. The soil was the key element to delimit this unit. The methodological procedures use are divided in three steps: first -literature revision and systematization of data; second – work field, where collected soil samples, quantification of the local vegetation; third – laboratorial analyses, physical and chemical soil analyses. At the end of the methodological procedure were elaborated chart-maps spatializing the environmental units and dividing them by levels considering the sustainability degrees (sustainable environment, medium environment and unsustainable environment). The present dissertation have as referential the System General Theory, (BERTALANFY, 2015), Complexity Theory (MORIN, 2010), Units classification by the methods of Bertrand (1971) and Tricart (1973), Sotchava (1977), where were used concepts adapted from the each author to the study area. The Sanabani watershed is cross by the roads AM-330 and AM-363. The surroundings of these roads present unprotected soil, landslides and erosion features, a total of 22 gullies. The border the river Sanabani River do not present vegetation, being the most vulnerable areas at the Sanabani Watershed. In general, it's identified two types of soil, the yellow oxisoils and the Spodols, thus classifying two different environmental units. The Sanabani watershed presents three degree of sustainability:sustainable environment, medium environment and unsustainable environment, represented, in this research, by:  $EN+S=Pe$ , where **EN** –is referred to the natural elements; **S** –to society; **Pe**–is referred to the landscape in equilibrium,being a theoretical presupposed based on the ideas of Bertrand (1971), considering the human being insert in the natural system and to the formula  $EN+S^2=Pi$ ,where the **EN** – referees to the natural elements; **S<sup>2</sup>** - referrers to the intervention developed by the society which changes the natural system; **Pi** –means the instable landscape, being the presupposed at the Sotchava (1977) theory, where the human being is outside the natural system, once the landscape is uncharacterized, becoming external agent to the environment.

**Keywords:** Environmental Unit – Amazon – Sanabani – Sustainability

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Teoria Geral dos Sistemas.....	14
1.2 Teoria da Complexidade Ambiental.....	18
1.3 Classificação de Unidades Ambientais.....	20
1.4 Elementos Naturais e Classificação de Unidades Ambientais.....	23
1.5 Paisagem.....	25
1.6 Sustentabilidade.....	27
<b>2. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>32</b>
2.1 Geologia e Geomorfologia.....	32
2.2 Classes de Solo em Silves – Amazonas.....	37
2.3 Vegetação.....	38
2.4 Hidrologia.....	39
2.5 Clima.....	40
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Trabalho de Gabinete.....	42
3.2 Trabalho de Campo.....	43
3.3 Pesquisa Técnica.....	44
3.4 Procedimentos Para o Alcance dos Objetivos.....	44
3.4.1 Classificação de Unidades Ambientais da Bacia Hidrográfica Sanabani (1º Objetivo).....	45
3.4.2 Identificação das Alterações na Paisagem (2º Objetivo).....	59
3.4.3 Graus de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani (3º Objetivo).....	61
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
4.1 Classificação de Unidades Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani.....	64
4.2 Identificação das Alterações Realizadas na Paisagem Natural da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani.....	87
4.3 Mensuração do Grau de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica Sanabani.....	93
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>98</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Gráfico com dados do <i>Landsat</i> (desmatamento na Amazônia).....	30
Figura 02: Taxa de desmatamento na Amazônia Legal.....	31
Figura 03: Área de estudo.....	33
Figura 04: Morfologia do Relevo.....	34
Figura 05: Processos de riscos ambientais.....	35
Figura 06: Altimetria do terreno.....	36
Figura 07: Solos da bacia hidrográfica Sabanani.....	37
Figura 08: Vegetação da bacia hidrográfica.....	39
Figura 09: Precipitação total.....	41
Figura 10: Temperatura média.....	41
Figura 11: Procedimentos metodológicos.....	44
Figura 12: Análise física do solo.....	46
Figura 13: Análise química do solo.....	51
Figura 14: Teste de infiltrômetro.....	56
Figura 15: Teste de penetrômetro.....	56
Figura 16: Pontos de coleta.....	65
Figura 17: Unidades ambientais.....	66
Figura 18: Análise granulométrica.....	
Figura 19: Média da análise granulométrica.....	
Figura 20: Infiltração floresta Ombrófila Densa (Km 58-AM 363).....	78
Figura 21: Infiltração floresta Ombrófila Densa (Km 62-AM 363).....	78
Figura 22: Infiltração em área de queimada (Km 66-AM 363).....	78
Figura 23: Infiltração em floresta de Campinarana (Km 68-AM 363).....	78
Figura 24: Infiltração Floresta Ombrófila Densa (Km 72-AM 363).....	78
Figura 25: Infiltração em área de queimada (Km 76-AM 363).....	78
Figura 26: Infiltração em área com voçoroca (Km 77-AM 363).....	79
Figura 27: Infiltração em floresta de campinarana (Km 82-AM 363).....	79
Figura 28: Infiltração em área com voçoroca (Km 02-AM 330).....	79
Figura 29: Resultado do teste de penetrômetro.....	80
Figura 30: Floresta Ombrófila Densa (Km 58-AM 363).....	82
Figura 31: Floresta Ombrófila Densa (Km 62-AM 363).....	82
Figura 32: Floresta Ombrófila Densa (Km 72-AM 363).....	83
Figura 33: Floresta de Campinarana (Km 68-AM 363).....	83
Figura 34: Floresta de Campinara (Km 82-AM 363).....	83
Figura 35: Área com cultivo (Km 66-AM 363).....	84
Figura 36: Área degradada (Km 66, Km 76, Km 77 – AM 363 e Km 2 – AM 330).....	84
Figura 37: Análise temporal da bacia hidrográfica Sanabani.....	88
Figura 38: Paisagem da bacia hidrográfica Sanabani.....	89
Figura 39: Área de Solo exposto.....	90

Figura 40: Desmate na bacia do rio Sanabani.....	91
Figura 41: Voçorocas na bacia hidrográfica Sanabani.....	92
Figura 36: Graus de sustentabilidade da bacia hidrográfica Sanabani.....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Unidades da paisagem.....	21
Quadro 02: Distribuição de água por habitantes.....	29
Quadro 03: Pontos de coleta de amostra.....	43
Quadro 04: Tempo para coleta de argila.....	48
Quadro 05: Relação do pH do solo.....	52
Quadro 06: Valores padrões dos micronutrientes.....	54
Quadro 07: Interpretação da saturação por Al (Alumínio).....	54
Quadro 08: Relação dos macronutrientes do solo.....	55
Quadro 09: Estrato da vegetação.....	57
Quadro 10: Sociabilidade da vegetação.....	58
Quadro 11: Abundância e dominância.....	59
Quadro 12: Dados gerais das imagens <i>Landsat</i> .....	60
Quadro 13: Quantidade de amostras.....	64
Quadro 14: Pontos de coleta da amostra.....	66
Quadro 15: Valores da análise química.....	71
Quadro 16: Classificação quanto à quantidade de nutrientes no solo.....	72
Quadro 17: Densidade real do solo.....	73
Quadro 18: Densidade aparente do solo.....	74
Quadro 19: Porosidade do solo.....	77
Quadro 20: Características Principais das Unidades Ambientais.....	87

## INTRODUÇÃO

Os elementos naturais têm sido objeto de estudo do ser humano há muito tempo (século VII – V a.C). Um dos exemplos são os filósofos naturalistas ou pré-socráticos que buscavam compreender a origem de todas as coisas a partir da observação da natureza (GAARDEM, 1991).

Com o desenvolvimento de técnicas, a partir do século XIX, a natureza deixou de ser apenas objeto de observação para se tornar um elemento de troca e matéria prima. Assim, o solo não é somente onde se cultiva, mas é também um material que dependendo da sua estrutura granulométrica, poderá ser útil para a construção civil. As plantas, além de darem frutos, podem se tornar grandes fontes de lucro.

Com o passar dos anos, observou-se que a interferência humana no sistema natural trouxe à sociedade efeitos denominados de impactos, que dependendo do seu nível podem ser catastróficos. Atualmente, os problemas ambientais são mundialmente relatados e muitas foram as tentativas de solucionar tais problemáticas.

Em busca de melhorias na gestão dos recursos naturais, a ciência, mais poderes políticos-administrativos, retomaram os estudos da natureza, tendo como marco de discussão de propostas, conferências ambientais, tais como: Estocolmo (1972), Rio (1992), Joanesburgo (2002), Rio (2012), Paris (2015), intencionando definir um padrão de economia sem danos à natureza.

Em meados de 1975, Tricart argumentou o fato do modismo nos estudos ambientais e questionou a falta de solução para as problemáticas da natureza. Sales (2004) também ressaltou o crescimento dos estudos ambientais, em especial na geografia a partir da abordagem geossistêmica, e assim como Tricart (1975), relatou a falta de praticidade nesses estudos, enfatizando uma diferença entre teoria e prática.

Baseando-se na necessidade de compreender a organização da natureza e a aplicação das principais teorias ambientais (Teoria Geral dos Sistemas e Teoria da Complexidade Ambiental) a presente pesquisa realizou

um estudo de caso em uma bacia hidrográfica no município de Silves-AM (que está a 200 km de Manaus, pela AM 010, seguindo pela AM 330 e 363).

A área de estudo foi definida levando em consideração a possibilidade de analisar os recursos naturais (solo, água, vegetação, relevo) e as intervenções antrópicas no ambiente. A bacia hidrográfica pertence ao rio Sanabani e possui uma diversidade de características que permitem a classificação em unidades ambientais.

A caracterização em unidades ambientais buscou correlacionar os elementos naturais e as atividades humanas com a intenção de definir uma identidade da paisagem da bacia a partir da classificação de unidades ambientais. A sustentabilidade ambiental assim como a insustentabilidade também foi relatada.

Mesmo a bacia hidrográfica possuindo uma diversidade de recursos naturais, o solo foi o parâmetro utilizado para a classificação de unidades ambientais. Assim, em cada tipologia de solo, classificou-se uma unidade ambiental, pois se acredita que por ser o solo resultado do clima, relevo, vegetação e tempo, torna-se o recurso mais adequado para a classificação das unidades ambientais no sistema da bacia.

Apesar de haver estudos relatando sobre o tipo de relevo, vegetação, clima, solo, população amazônica, notou-se a necessidade de especificar as localidades, pois a paisagem amazônica não possui características homogêneas. De acordo com Gonçalves (2001), dentro da Amazônia há várias Amazônias.

Além da diferença de paisagem dentro de um mesmo domínio ecológico, existem as transformações resultantes da dinâmica da natureza e da intervenção humana no meio, por isso é necessário um estudo de uma área específica, classificando-a em unidades ambientais.

Para a realização da presente pesquisa foi definido alguns objetivos, sendo o objetivo geral: Definir unidades ambientais na bacia hidrográfica do rio Sanabani e os específicos; Classificar as unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Sanabani; identificar as alterações realizadas na paisagem natural da bacia hidrográfica do rio Sanabani e mensurar o grau de

sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Com base nesses objetivos, organizou-se todo o procedimento metodológico com a finalidade de obter os resultados que serão relatados no final desta dissertação.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

Classificar Unidades ambientais requer bases teóricas e conceitos que contribuam para a melhor caracterização, definição e identidade dessas unidades. Considerando tal necessidade, a presente pesquisa fundamentou-se na teoria geral dos sistemas a fim de compreender a relação entre a totalidade e a teoria da complexidade ambiental que busca compreender o todo a partir da singularidade de cada elemento que forma um conjunto complexo.

A classificação de Unidades ambientais baseou-se em três principais autores: Bertrand (1971) Tricart (1973), Sotchava (1977) que definem escalas, características e padrões de classificação de unidades ambientais. Apesar de alguns dos autores serem críticos da abordagem teórica do outro, a exemplo de Bertrand; Sotchava; Bertalanffy e Morin, utilizou-se os conceitos e idéias dos referidos cientistas com a finalidade de compreender cada processo da área de estudo, em especial, para os resultados.

Para compreender as questões atuais que envolvem os recursos naturais e sociedade, foi considerado relevante abordar sobre sustentabilidade, uma vez que essa temática é um elemento de discussão geográfica devido ter sido objeto de uma política de desenvolvimento e utilização dos recursos naturais voltados para seus conceitos e ideais.

As teorias e os conceitos apresentados na pesquisa formam um conjunto explicativo dos objetivos que foram desenvolvidos. Cada teoria realizou a identificação da espacialidade da bacia, apresenta uma base para a classificação das unidades ambientais e a busca da identidade desse espaço geográfico.

### **1.1 Teoria Geral dos Sistemas**

De acordo com Bertalanffy (2015), a história do estudo sistêmico está relacionada a diversas áreas do conhecimento científico. Na década de 1920, surgiram diversas teorias sistêmicas, dentre elas a teoria do sistema cultural, demográfico, estatístico, físico, e por vezes, surgiam teorias que apesar de não

ter na nomenclatura o nome “sistema”, possuíam características da referida teoria, tal como a teoria de filosofia natural.

Bertalanffy (2015), em meados da década de 1920, com base na lei da termodinâmica (lei de ordem e desordem), foi o pioneiro ao introduzir a teoria sistêmica nos estudos da natureza, elaborando a Teoria Geral do Sistema - TGS.

Rodrigues (2001) argumenta que até meados do século XX essa teoria era pouco difundida, mas uma série de apropriações de diversos ramos científicos ocorreu inserindo-a nas mais diversas pesquisas. Bertalanffy (2015) relata que tal teoria foi reconhecida como uma disciplina em cursos universitários, textos, livros e artigos, sendo o ideal de “ciência nova”, uma realidade. De acordo com o autor, “se alguém se dispusesse a analisar as noções correntes e os *slogans* em moda, encontraria bem no alto da lista a palavra sistema” (p.21).

Segundo Tricart (1975) sistema é “um conjunto de fenômenos interdependentes entre si” sendo formado por matéria, energia e estrutura, em paralelo. Bertalanffy (2015) relata que a teoria geral dos sistemas é uma ciência da totalidade. Segundo o autor “é necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica” (p.55).

Bertalanffy (2015) enumerou alguns propósitos da teoria geral dos sistemas no qual se destaca a tendência geral no sentido da integração das várias ciências, naturais e sociais, o desenvolvimento de princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais; a condução da integração na educação científica. Assim, a teoria propõe romper com a metodologia de análise positivista e fragmentada do meio para alcançar uma visão geral do sistema.

De acordo com Christofolletti (1999), essa é uma visão holística da natureza que concebe o mundo como um todo integrado e não como uma coleção de partes dissociadas. Além disso, “certos sistemas podem exibir propriedades que emergem da interação entre suas partes. Por isso a somatória das partes não será igual ao todo” (VITTE e GUERRA, 2004 p.90).

Tricart (1975), de forma simplificada descreve a interação dos elementos naturais (vegetação, solo, água, relevo, clima) no sistema. O autor argumenta que desde o clima até o solo existe uma relação de interdependência e influência entre os elementos, pois o sol aquece as plantas e a energia emitida atua na vegetação para a produção de fotossíntese.

A vegetação, em contrapartida, regula a energia emitida pelo sol, distribuindo-a adequadamente, captando parte da água da chuva, minimizando os impactos de suas gotas no solo e distribui de maneira equilibrada a água na superfície terrestre.

A partir das diversas transformações do ambiente, nota-se que o sistema não é estático. Hack (1965) *apud* Christofolleti (1973) relata na teoria do equilíbrio dinâmico, a suscetibilidade do ambiente em ser modificado através da interferência de energia externa, pois sendo os aspectos naturais integrantes de um sistema, tudo se encontra interligado: solo, vegetação, rios, clima. Segundo o autor, intervenção em um dos fatores da natureza leva a uma modificação na paisagem que poderá causar um impacto positivo ou negativo. Tal noção vê o sistema como um ambiente aberto.

Entende-se por sistema aberto quando o mesmo sofre influência do ambiente externo a partir de importação e exportação de matéria e considera-se fechado quando nenhum material entra ou sai dele (BERTALANFFY, 2015).

Tricart (1975) exemplifica a influência que o ambiente externo possui em um sistema aberto a partir do estudo do solo, demonstrando um caso de intervenção negativa. De acordo com o autor, atividades agrícolas testificam o quanto um elemento isolado dos demais elementos naturais torna-se vulnerável a alterações contrárias ao equilíbrio natural.

Um solo exposto e sem utilização adequada, recebe diretamente gotas de chuva, que com o impacto, compacta e diminui a porosidade, dificultando a circulação do ar no solo, fazendo-o, conseqüentemente, passar por processo de erosão. Dessa forma, Tricart (1975) argumenta:

A degradação do meio ambiente pelas práticas destrutivas de exploração dos recursos biológicos repousa sobre as interdependências que caracterizam o sistema natural. Ocasionalmente por uma intervenção ao nível da cobertura vegetal, ela afeta a pedogênese, os processos morfogênicos, as condições de

escoamento de água e, por retroação, alguns aspectos do clima. O mérito, não negligenciável, da abordagem sistêmica é evidenciar essas diversas relações de causa e efeito (TRICART, 1975. p.16).

O interessante nessa passagem de Tricart (1975) é a definição que o autor atribui à degradação, concluindo que tal fato se deve a interdependência dos elementos no sistema, e quando acontece uma interferência não-natural, passa a existir degradação no ambiente.

Toda intervenção humana na natureza ocasiona uma nova espacialidade no ambiente modificado (BENJAMIM, 1993; MORAIS, 2004; POSSAMAI, 2010; ABREU, 2012). Não só a paisagem é transformada, mas as relações sociais entram em uma metamorfose que ocasiona em uma nova configuração da paisagem.

## **1.2 Teoria da Complexidade Ambiental**

A teoria da complexidade ambiental complementa a proposta da teoria sistêmica, uma vez que o pensamento complexo busca o conhecimento do todo devido à necessidade de definir o ambiente, sendo que para torná-lo complexo é necessário estudar suas particularidades e possíveis dinâmicas não-naturais. Segundo Morin (2010), a complexidade não é uma resposta, mas põe em dúvida todo conhecimento, que até o momento demonstra-se cego. Para Christofletti (1998, p.3), “o estudo da complexidade vem sendo considerado como uma importante revolução na ciência, reformulando e ultrapassando a concepção mecanicista e linear dos sistemas”.

Mariotti (2000) relata que o pensamento complexo origina-se a partir da obra de vários autores, cujos trabalhos vêm tendo ampla aplicação em biologia, sociologia, antropologia social e desenvolvimento sustentado. Santos (2009, p. 17) relata que “a palavra complexidade pode ser entendida como um tecido: *complexus*, o que é tecido junto de forma inseparável. Pode ser entendido de forma mais ampla, como um tecido de acontecimentos, ações, interações, determinações, acasos, que constituem o mundo fenomenal”.

Segundo Morin (2000, p. 204), “o pensamento da complexidade se apresenta como um edifício de muitos andares. A base está formada a partir das três teorias (informação, cibernética e sistema) e comporta as ferramentas necessárias para uma teoria da organização”.

Apesar da teoria sistêmica ser relacionada à teoria da complexidade ambiental, houveram mais bases teóricas que fundamentaram o pensamento complexo; tal como Morin (2000) argumentou, a teoria da informação e a cibernética também conceituam a complexidade. A seguir, encontra-se, a definição básica das três teorias que fundamentam o pensamento complexo:

- **A teoria da informação** é uma ferramenta para o tratamento da incerteza, da surpresa, do inesperado (MORIN, 2000).

- **A cibernética** é uma teoria das máquinas autônomas. A ideia de retroação rompe o princípio da causalidade linear e introduz a ideia de círculo causal. **A** age sobre **B** e **B** age em retorno sobre **A**. A causa age sobre o efeito e o efeito sobre a causa (MORIN, 2000).

- **A teoria dos sistemas** lança igualmente as bases de um pensamento de organização. A primeira lição sistêmica é que ‘o todo é mais do que a soma das partes (MORIN, 2000).

Com essas bases teóricas fundamentadas na incerteza, causa agindo no efeito e o efeito na causa, o todo maior que a soma das partes, forma-se a teoria do pensamento complexo que é “capaz de reunir (*complexus*: aquilo que é tecido conjuntamente), de contextualizar, de globalizar, mas, ao mesmo tempo, capaz de reconhecer o singular, o individual, o concreto” (MORIN, 2000 p. 206).

A referida teoria busca, a partir de toda sua base de fundamentação, romper com o pensamento linear cartesiano, e implantar o pensamento complexo dos sistemas em geral, considerando que entre os elementos A e B existe uma série de ordem e desordem que os constituem, e que ao haver alteração em um dos elementos, o outro também será afetado, mas não de

forma linear, pois no pensamento complexo, a interferência deverá considerar todas as particularidades que formam A e B.

Nesse contexto de complexidade ambiental se torna necessário definir as paisagens geográficas e classificar unidades ambientais, estudando o conjunto e suas interdependências, sem esquecer o singular, individual e concreto que cada elemento natural possui.

Tendo em vista a referida teoria, que percebe a natureza como um organismo complexo e dotado de variáveis, buscou-se compreender um padrão de classificação de unidades, a fim de definir uma identidade para o ambiente de estudo.

### **1.3 Classificação de Unidades Ambientais**

Classificar unidades ambientais é definir configurações de paisagem em um determinado sistema. No decorrer da história das ciências da natureza, surgiram algumas metodologias de classificação do ambiente, no qual se destaca: Classificação Geossistêmica (SOTCHAVA, 1977); Paisagem Global (BERTRAND, 1971); Classificação Ecodinâmica (TRICART, 1975).

A Classificação Geossistêmica foi idealizado por Sotchava (1977), em que o autor se baseou na Teoria Geral dos Sistemas para definir geossistemas. De acordo com Sotchava (1977) os geossistemas são fatores naturais que se desenvolvem em uma determinada ordem hierárquica permitindo uma análise da geografia física pautada em resultados práticos. Bertalanffy (1973) ressalta que geossistemas são umas classes peculiares dos sistemas abertos hierarquicamente organizados.

Sotchava (1978) relata que, apesar dos geossistemas serem fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais o influencia. De acordo com o autor, "as ditas paisagens antropogênicas nada mais são do que estados variáveis de perímetros geossistêmicos naturais, podendo ser referidos à esfera de estudo do problema da dinâmica da paisagem" (SOTCHAVA, 1978

p.7). O autor deixa claro que o ser humano não está incluído no geossistema, mas pode influenciá-lo a partir da interação de energias externas.

Segundo Sotchava (1977), o geossistema possui um significado pluralizado, dividido em geômero (paisagens com características homogêneas) e geócoros (paisagens com características diversificadas). De acordo com o autor, apesar dos geômeros e geócoros serem de estruturas diferentes, eles se interligam, pois um geócoro pode ser formado por um conjunto de geômeros. A partir dessas estruturas de análise, a análise geossistêmica de Sotchava classifica o ambiente em duas unidades: homogênea (geômero) e diversificada/integrada (geócoros).

Bertrand, refere-se ao geossistema como uma unidade de paisagem, apresentando conceitos diferentes ao de Sotchava, e inserindo novos critérios de análise de unidades da paisagem, tal como: Zona; Domínio; Região; Geossistema; Geofácies; Geótopo. Da zona ao domínio Bertrand denomina de unidades superiores; do geossistema ao geótopo, denominou-se de unidades inferiores. A seguir, encontra-se o quadro especificando a escala de abordagem e o critério de classificação de cada unidade ambiental a partir de Bertrand (2004) (quadro 01).

**Quadro 01**  
Unidades de Paisagem

UNIDADES DA PAISAGEM	ESCALA TEMPORO-ESPACIAL (A. CAILEUX J. TRICART)	EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGEM	UNIDADES ELEMENTARES				
			RELEVO (1)	CLIMA (2)	BOTÂNICA	BIOGEOGRAFIA	UNIDADE TRABALHADA PELO HOMEM (3)
ZONA	G I grandeza G. I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
DOMÍNIO	G. II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
REGIÃO NATURAL	G. III-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
GEOSSISTEMA	G. IV-V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faixa higrofila a <i>Asperula odorata</i> em "terra fusca")	Unidade estrutural	local		Zona equipotencial	
GEOFÁCIES	G. VI	Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
GEÓTOPO	G. VII	"Lapiés" de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

**Organização:** BERTRAND (2004).

De acordo com o critério de Bertrand (2004), o geossistema abrange grandes áreas, como bacias sedimentares. Geofácies é uma unidade ambiental inserida no geossistema, possui uma escala menor que o geossistema, como matas e dunas. Para classificação ambiental, considera os fatores homogêneos. Geótopo é uma unidade ambiental de  $m^2$  (metros quadrados) e  $dec^2$  (decímetros quadrados), estando assim inserido nos geofácies.

Segundo Amorim (2012), as concepções de Geossistema de Sotchava (1977) e Bertrand (2004) apresentam algumas divergências na sua concepção conceitual e na sua delimitação. Enquanto para Sotchava (1977) os Geossistemas definiriam o objeto de estudo da Geografia Física, constituído de elementos do meio natural, que podem sofrer alterações na sua funcionalidade, estrutura e organização em decorrência da ação antrópica, Bertrand (2004) considera a ação antrópica como um integrante dos Geossistemas, ou seja, para Bertrand (2004) o ser humano não influencia externamente o geossistema pelo fato de ser parte componente dessa linha conceitual.

De acordo com Bertrand (1971), o geossistema é uma unidade que pode ser compreendida em quilômetros quadrados até centenas de quilômetros quadrados. Nesta unidade, segundo o autor, ocorrem as maiores modificações da paisagem a partir da interferência entre seus elementos.

O geossistema proporciona boas análises por ser acessível à escala de estudo humano; nessa escala ocorrem diferentes sucessões da paisagem, fazendo com que não seja uma unidade de paisagem homogênea. Contudo, as partes iguais inseridas no geossistema fazem parte da sexta classificação de Bertrand (1971), os geofácies, e conseqüentemente, as partes de análise dos geofácies de  $cm^2$  (centímetros quadrados) e  $dec^2$  (decímetros quadrados) são denominadas de geótopo.

Além de Bertrand (1971) e Sotchava (1977) o geógrafo Tricart (1973) empenhou-se na abordagem sobre classificação de unidades, ou como é denominada pela ecologia, classificação do ambiente em táxons.

Tricart (1973) definiu três classes taxonômicas, que são: meios estáveis, meios intergrades e os meios fortemente instáveis. O autor considera a

natureza dinâmica, portanto, mutável. Tal classificação foi definida levando em consideração a morfogênese (formação do relevo) e a pedogênese (formação do solo).

Para um meio estável, considera-se a condição ambiental do meio analisado, assim como sua interação ecológica. Nessa classificação considera-se a formação do solo (pedogênese).

Para o ambiente intergrades, considera-se a morfogênese-pedogênese, acreditando que os dois fatores atuando ao mesmo momento, distribuem energias que se encontram.

Caracteriza-se ambiente instável quando há presença de processo de morfogênese, sem formação de novos solos, um ambiente que está com instabilidade tectônica e com a paisagem natural em desequilíbrio.

#### **1.4 Elementos Naturais e a Classificação de Unidades Ambientais**

Atualmente, a classificação de unidades ambientais ou zoneamento ambiental é realizado a partir das teorias bases de Sotchava, 1977; Bertrand, 1971; Tricart, 1973 e a concepção de homogeneidade do meio que pretende-se classificar.

Para a classificação de unidades ambientais, utilizam-se os elementos naturais como critérios de classificação, em geral, vegetação e relevo são os critérios mais utilizados para a definição de ambientes, mas o solo (elemento natural não muito utilizado para a classificação de unidades ambientais) torna-se essencial para a compreensão da complexidade ambiental e o agrupamento da natureza em sistema, uma vez que segundo Dokuchaiev (1883) *apud* Lepsch (2011) o solo é resultado de vários aspectos naturais (clima, relevo, vegetação).

Segundo Jenny (1941), o solo está em função de cinco variáveis independentes: clima, organismos, material originário, relevo e tempo. De acordo com Soil Taxonomy (1975) *apud* IBGE (2007, p.16):

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo ser humano,

contendo matéria orgânica viva e servindo e sendo capaz de servir a sustentação das plantas ao ar livre. Em sua parte superior limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. **Mas o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações do clima, material originário e relevo, através do tempo (Grifo nosso).**

Segundo Lepsch (2009), o solo possui dependência da água, assim como a vegetação é dependente do solo e da água. Tal fato está relacionado com a teoria do sistema que relata que um elemento depende do outro.

Tendo em vista a origem do solo, Ross (2009) relata que apesar da vegetação ser o elemento utilizado com maior frequência para a delimitação de unidades (sendo o solo o resultado de diversos outros elementos, inclusive vegetação), ele se torna um fator para a classificação de unidades ambientais.

A importância de considerar o solo como classificador ambiental, além do fato dele ser resultado de diversos outros fatores, refere-se ao fato de que esse elemento possui participação essencial no ciclo hidrológico. Ao ocorrer troca de água entre hidrosfera e atmosfera, essa água também passa pela pedosfera. Após a evaporação das águas dos rios e transpiração da vegetação, a água condensada forma nuvens que precipitam na superfície terrestre, depositando água entre os espaços vazios do solo (poros), lagos e demais locais da pedosfera.

De acordo com Lepsch (2009), essa capacidade que faz com que o solo armazene água será útil tanto para a vegetação quanto para a formação de reservas de águas subterrâneas.

A partir do que foi exposto, considerar o solo como elemento classificador de unidades ambientais é trabalhar com um conjunto de elementos que o solo está articulado. A unidade ambiental definida pelas interações do solo com os demais elementos, mais as intervenções humanas, pode não ser a identificação mais fiel de uma unidade, mas será ao certo uma descrição aproximada dos processos que formam a paisagem dessa unidade.

## 1.5 Paisagem

O termo paisagem, segundo Christofolletti (1999) surgiu da palavra Italiana *paesaggio*, influenciada pelos quadros pintados sobre a natureza. Depois o termo paisagem evoluiu, e em alguns casos foi confundido com ambiente. Porém, ambiente também é uma palavra de múltiplos significados, que depende do contexto a ser utilizado. Um exemplo é o ambiente terrestre, ambiente humano, ambiente de trabalho, ambiente das plantas, ambiente natural e por isso, paisagem não pode ser sinônimo de ambiente.

Segundo Soares Filho (1998), a primeira definição sobre paisagem, no meio científico, surgiu de Humboldt, no século XIX, preocupando-se sempre em estudar os fatores naturais, inter-relacionando-os com a sociedade.

Segundo Gomes (2000), ainda no século XIX, a geografia era muito ligada a relatos de viagens e interpretações individuais. Nesse contexto, a geografia passou a ter a necessidade de criar um método. A geografia, conhecida como física do mundo, colocou sob sua responsabilidade a interpretação da dinâmica da natureza e de suas relações possíveis com a marcha histórica.

Para a maioria dos historiadores da geografia, Humboldt é o primeiro a verdadeiramente estabelecer as novas regras do pensamento geográfico moderno, em especial da paisagem. Segundo Gomes (2000), Humboldt pode ser caracterizado como eclético cosmopolita. Sua visão sobre a natureza funcionava como um conjunto orgânico. Um dos eixos fundamentais desta corrente é justamente a Filosofia da Natureza.

De acordo com Tricart (1981) uma paisagem não se restringe apenas ao relevo, ela comporta muitos outros elementos os quais toda uma série de disciplinas tradicionais tem se proposto a estudar. Segundo o autor, os geógrafos alemães acreditavam ser a paisagem a combinação de elementos da natureza, como: solo, vegetação e relevo, porém, erraram por um fato: não consideraram as modificações humanas no ambiente, sendo o ser humano

apenas coadjuvante. Ratzel, também geógrafo alemão, tentou inserir a visão antrópica, mas seus relatos da relação natureza e ser humano era uma visão mais voltada para a influência das condições naturais na sociedade.

No início do século XIX, La Blache, geógrafo francês, introduziu nos estudos da paisagem a ação antrópica, considerando para isso o fato de que o ser humano consegue sobreviver em diversas condições, adaptando-se ao ambiente a partir de técnicas e hábitos.

Segundo Christofletti (1999), a maior contribuição para a inserção do ser humano nos estudos sobre paisagem surgiu a partir de Trool em 1938, quando o mesmo relatou sobre ecologia da paisagem, interligando o estudo da geografia e ecologia, dando a esse estudo a essência de perceber a natureza e o ser humano como integrantes e formadores da paisagem.

Nesse contexto, de acordo com Tricart (1981), a partir da ecologia, mais especificamente da ecologia de comunidades, surge a necessidade de compreender os aspectos históricos de transformação da natureza. Sendo assim, ao longo das últimas décadas, muitos cientistas passaram a reconhecer o papel da história ambiental.

Para Ab'Saber (1969) a paisagem é uma herança histórica que passa para as pessoas de geração em geração. Segundo Suertegaray (2005), a paisagem é um conceito operacional, ou seja, um conceito que permite analisar o espaço geográfico sob uma dimensão, qual seja a da conjunção de elementos naturais/tecnificados, sócio-econômicos e culturais.

Para Bertrand (2004), paisagem é um termo pouco usado e impreciso, e por isto mesmo, cômodo, que cada um utiliza de acordo com a necessidade de definição momentânea, na maior parte das vezes anexando um qualificativo de restrição que altera seu sentido. Para o autor:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos dispartados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em

perpétua evolução. A dialética tipo-indivíduo é próprio fundamento do método de pesquisa. É preciso frisar bem que não se trata somente da paisagem “natural” mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica (BERTRAND, 2004. p.142).

Segundo Bertrand (2004, p.149), é comum utilizar a vegetação para classificar a paisagem, "todavia, não se pode fazer disso uma regra geral porque o tapete vegetal não é sempre o elemento dominante ou característico da combinação”.

É certo que há uma diversidade de conceitos de paisagem, mas a ideia central do estudo da natureza e a integração do ser humano como parte dos elementos que a constituem, predominam na maioria das definições sobre paisagem, assim como nessa pesquisa.

## **1.6 Sustentabilidade**

A natureza tem sido objeto de estudo há muitos anos (GAARDEM, 1991; MORAIS, 2004; SANTOS, 2006; MORIN, 2010), observações filosóficas e religiosas sempre buscaram explicação acerca da existência e dos fenômenos naturais. Com os acontecimentos atuais de impactos ambientais negativos, como: mortes, transmissão de doenças, aumento de desabrigados (BRANJAMIM, 1993), a ciência tem buscado compreender como dominar os fenômenos naturais, em especial, a geografia busca compreender a relação da sociedade com a natureza.

Um dos termos mais utilizados pela ciência, de um modo geral, é a sustentabilidade que busca definir um padrão de convívio entre o meio natural e social. Segundo Moraes (2004), foram desenvolvidos vários encontros e reuniões mundiais para discutir a sustentabilidade, tais como Estocolmo (1972) Rio (1992), Joanesburgo (2002), Rio (2012) e a mais recente conferência em Paris (2015). Dessas reuniões, formularam-se propostas e ideais de sustentabilidade, mas com “avanços” desproporcionais ao tamanho da problemática, com ações pontuais, como: distribuição de água potável para um grupo, compras de carbono, redução do desmatamento, enfim, algumas

propostas que precisam ser melhoradas e ampliadas, pois os impactos (poluição de ar, água, desmatamento descontrolado, deslizamento de terras etc.), ainda fazem parte da realidade do mundo contemporâneo (BENJAMIM, 1993; MORAIS, 2004). Como relata um texto bíblico, "a natureza geme até agora como em dores de parto" (BÍBLIA, Romanos 8, 22).

Segundo Baumgarten (2002), a noção de sustentabilidade desenvolve-se com múltipla e longa crise que se instala no último terço do século XX, durante o processo contraditório desigual e heterogêneo de formação da sociedade global.

Nesse contexto, o termo sustentabilidade surgiu em 1980, em um relatório internacional, porém, só foi consolidado pelo relatório de Brundtland (1987), que definiu sustentabilidade como: "desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades".

Morais (2004) argumenta que a sustentabilidade não é algo de "utópico" ou discurso da indústria ambiental (pelo menos em sua essência), mas deve ser uma busca de toda a sociedade.

Segundo Mendonça (1993), a sustentabilidade dificilmente será alcançada enquanto a massa populacional não for inserida e todas as potências industriais se comprometerem. Assim, as conferências de sustentabilidade e climáticas continuarão sem propostas sólidas, em que somente a minoria cumpre.

De acordo com Moraes (2004), a problemática ambiental não é uma questão tão contemporânea como se acredita. Registros de documentos pretéritos revelam que ações insustentáveis ao equilíbrio ecológico sempre foi algo comum entre os hábitos humanos, assim, o autor afirma:

Os saqueadores estão por toda parte; (...) os campos não são lavrados, e uns dizem aos outros: não sabemos o que acontece a este país. (...) O país gira como um torno de oleiro. (...) Roubam-se detritos dos chiqueiros porque todos têm fome. (...) Arrombam-se as repartições do Estado para roubar os registros dos escrivães. (...) O segredo dos reis é posto a nu. (...) Os que são mais assassinaam os que são menos. (...) Oh! que os

homens acabassem na terra, nenhuma mulher concebesse e nada nascesse (Escrito egípcio com mais de 2000 anos a.C, (HERMAN, 1923 *apud* MORAIS, 2004, p.15).

Na atualidade temos a certeza de que tal problemática está se agravando, um exemplo disto é o histórico dos recursos naturais.

De acordo com Marengo (2008, p. 83), "o planeta Terra tem dois terços de sua superfície ocupados por água – são aproximadamente 360 milhões de km<sup>2</sup> de um total de 510 milhões". Entretanto, 98% da água disponível no planeta são salgadas. De acordo com Barros e Amim (2007), dos 2% de água disponível no planeta, somente 0,3% são de fácil acesso, e com o advento das necessidades do modo de vida contemporâneo, a água tem sido cada vez mais utilizada, e esses 0,3% ainda competem com a poluição desse recurso.

A Amazônia, segundo Marengo (2008), detém 74% de toda água doce do planeta. Mesmo assim, em 2005 passou por uma forte estiagem. Barros e Amim (2007) apresentam dados que relatam que, com o passar dos anos, a distribuição de litros de água por pessoa diminui, tanto em função do aumento demográfico com em função dos novos hábitos (Quadro 02).

**Quadro 02**  
Distribuição de água por habitantes em 1000m<sup>3</sup>

<b>Região</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>2000</b>
África	20,6	16,5	12,7	9,4	5,1
Ásia	9,6	7,9	6,1	5,1	3,3
América Latina	105,0	80,2	61,7	48,8	28,3
Europa	5,9	5,4	4,9	4,4	4,1
América do Norte	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5
<b>Total</b>	<b>178,3</b>	<b>140,2</b>	<b>110,6</b>	<b>89,0</b>	<b>58,3</b>

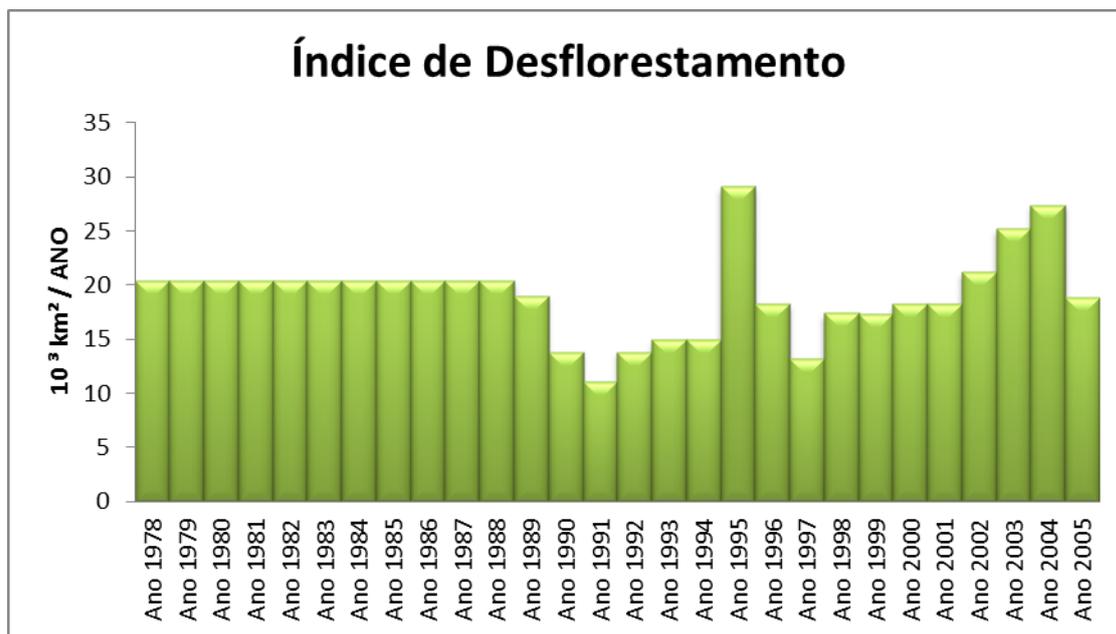
**Organização:** AYIBOTELE, 1992 *apud* BARROS e AMIM (2007)

O solo, um elemento natural também essencial para a manutenção da vida, possui os índices de degradação com aumentos anuais. Segundo FAO

(1980), apud Araujo et al. (2010), somente 11% da área mundial não apresenta limitações para usos agrícolas, em 28% o clima é muito seco; em 10% é muito úmido; em 23% o solo apresenta desequilíbrios químicos; 22% são muito rasos e 6% estão congelados.

Isric/Unep (1991) apud Araujo et al. (2010) relata que 15% do globo encontra-se com o seu potencial de solo agricultável em estado de degradação por atividades humanas. Na América do Sul, 1% de terras estavam devastados até o ano de 1991, 11% moderadamente degradados e 1% fortemente degradado.

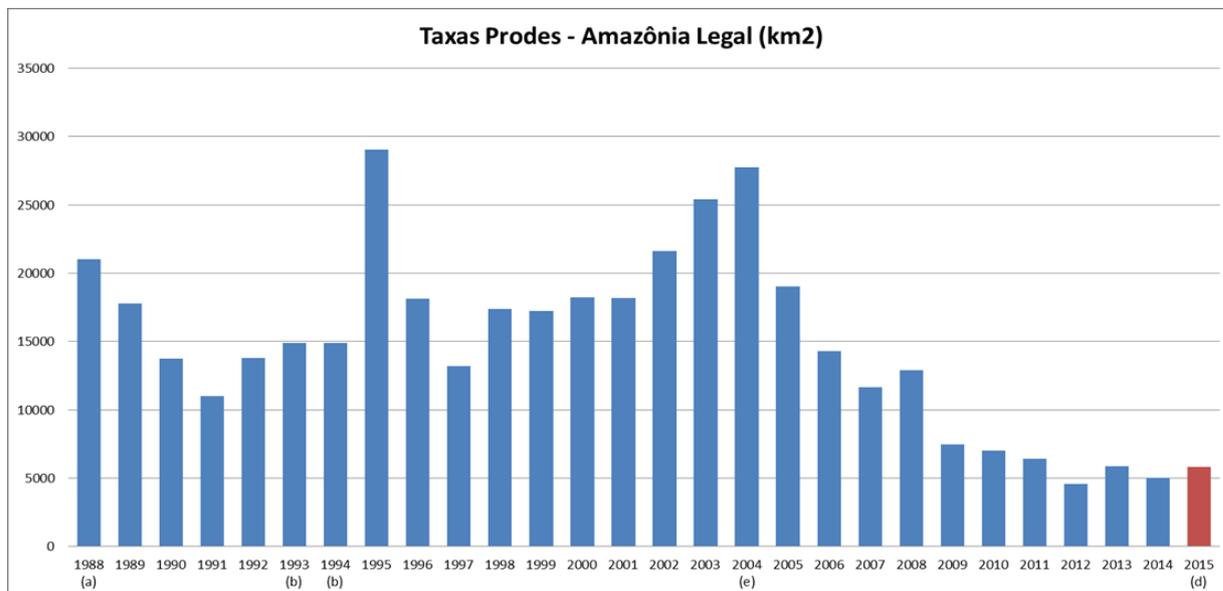
O desmatamento também é uma problemática, que segundo Fearnside (2006), na Amazônia brasileira tem aumentado continuamente desde 1991, variando de acordo com as mudanças relacionadas às forças econômicas. O autor demonstra um gráfico anual com as taxas de desmatamento extraídos de dados fornecidos pelo Landsat (Figura 01).



**Figura 01:** Gráfico com dados extraído do Landsat., dos anos de desmatamento de 1978 a 2005. **Organização:** Fearnside, 2006.

Porém, dados atuais do sistema criado por órgãos ambientais governamentais, sistema (PRODES), relatam que a taxa de desmatamento tem diminuído na Amazônia devido ao programa de monitoramento. Assim, o

gráfico fornecido pelo INPE apresenta uma perspectiva positiva em relação ao desmatamento, com dados fixos até 2013 e um dado acumulado de estimativa do desmate para 2014 (Figura 02).



**Figura 02:** Taxa de desmatamento na Amazônia Legal. **Organização:** INPE, 2015.

Nesse contexto, a classificação de unidades ambientais necessita abordar a sustentabilidade, uma vez que toda intervenção nos elementos naturais pode ocasionar mudanças na paisagem.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Segundo D'Albuquerque e Marinho (1999) o nome primitivo dado à cidade de Silves foi Saracá. Sua fundação se deu pelo frei Raimundo, em 1660, tendo como primeiros habitantes os indígenas Caboquenas, Buruburus e Guanavenas.

O município de Silves, segundo o IBGE (2010) faz parte do Estado do Amazonas, possui 8.444 habitantes distribuídos em um território de 3.748,8 km<sup>2</sup>, resultando assim em uma densidade demográfica de 2,25 hab./km<sup>2</sup>. O município é banhado pelos rios Amazonas, Urubu, Uatumã, Anibá, Caru e **Sanabani**.

A área de pesquisa localiza-se na bacia do rio Sanabani situada no município de Silves-AM, de aproximadamente **742,3 km<sup>2</sup>** de extensão. Em se tratando de estudos ambientais, a bacia hidrográfica se torna um ambiente didático para um estudo de caso da natureza e a formação da paisagem.

De acordo com Araujo et al., (2010), as bacias hidrográficas se caracterizam por serem constituídas por um rio principal e seus afluentes, que transportam água e sedimentos ao longo dos seus canais. Elas são delimitadas pelos divisores de águas, que separam uma bacia da outra e, internamente, existem elevações que são denominadas de interflúvios, que dividem sub-bacias hidrográficas.

Segundo Chistofolletti (1974), as bacias hidrográficas, de acordo com a teoria geral dos sistemas, é a exemplificação de um sistema aberto, pois nos estudos de bacia hidrográfica é possível obter uma visão geral das interações dos elementos naturais e a sociedade, assim como as alterações que a sociedade pode realizar na paisagem dessa bacia (Figura 03).

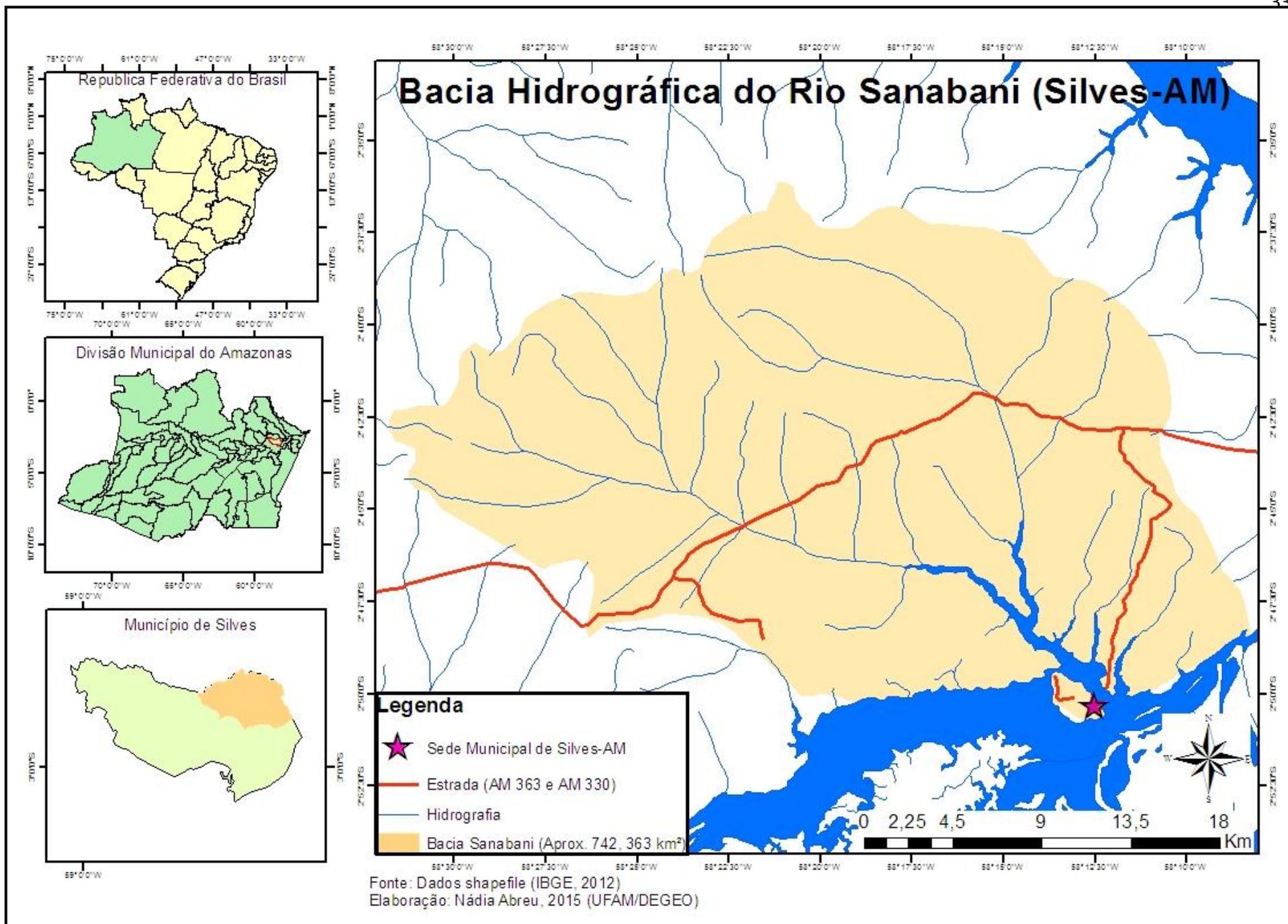


Figura 03: Área de estudo

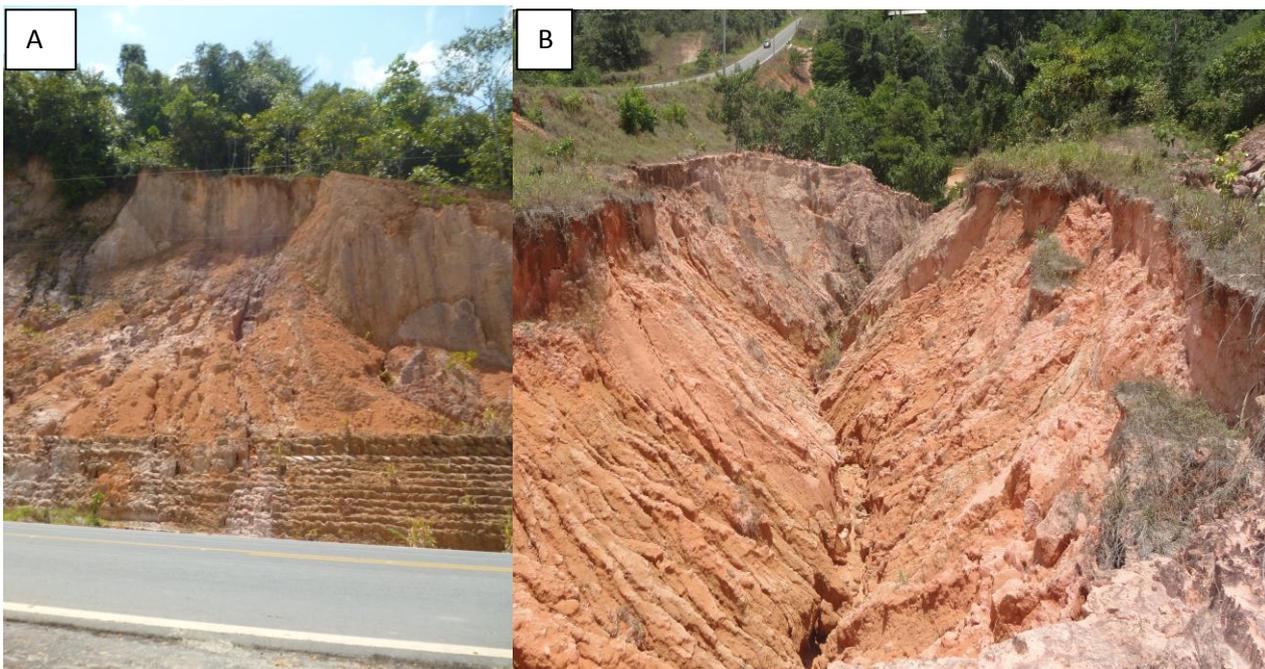
## 2.1 Geologia e Geomorfologia

Segundo a CPRM (2010), a área está inserida numa unidade geotectônica denominada de Bacia Sedimentar do Amazonas no qual se desenvolveu a Formação Alter-do-Chão, constituída por: Arenitos, argilitos, arenitos caulíníticos e restritos arenitos silicificados em um extenso domínio de baixos platôs dissecados com graus e intensidade diversificados (Figura 04).



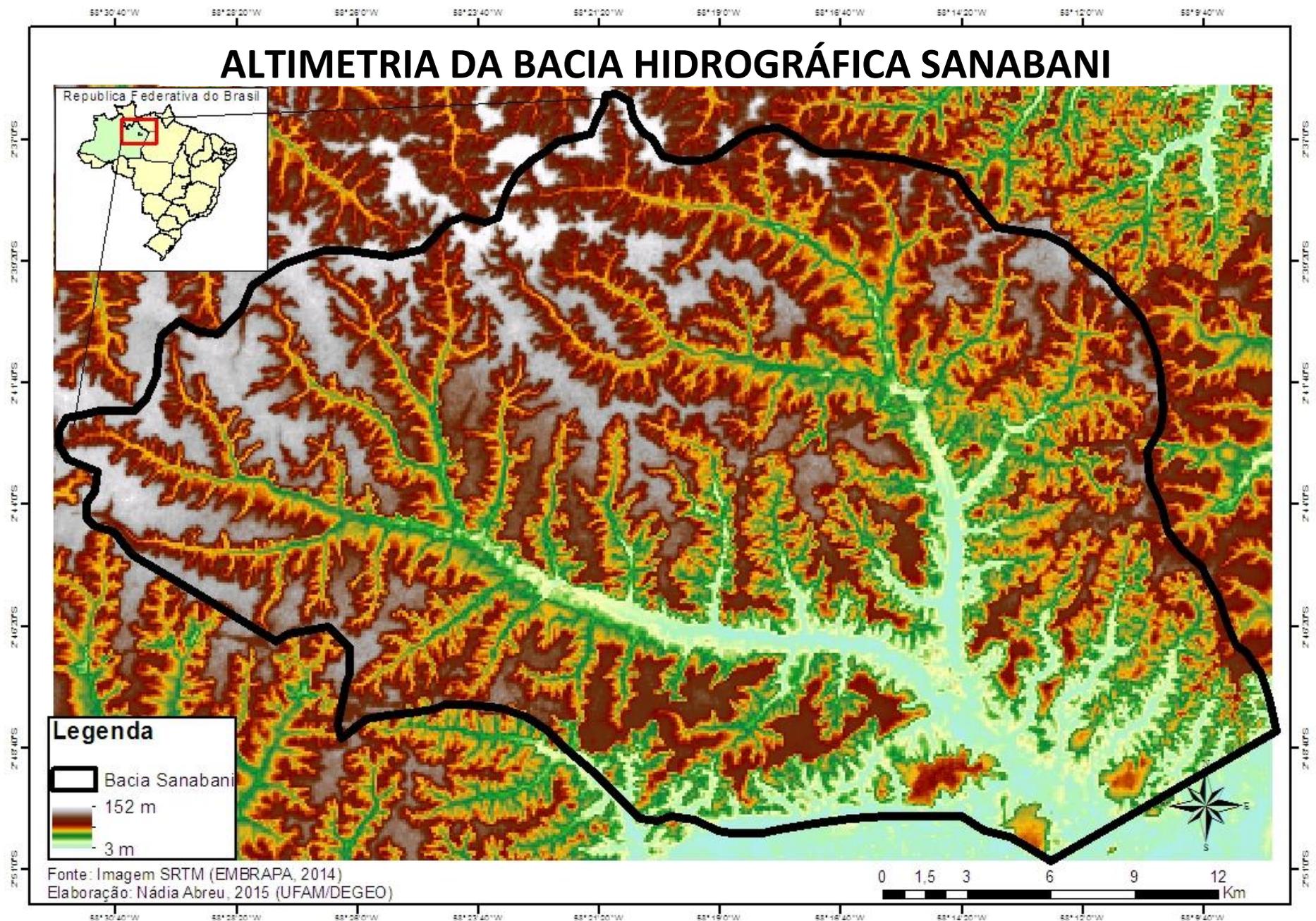
**Figura 04:** Morfologia do relevo, apresentando-se dissecado.  
Organização: Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2015.

De acordo com o Serviço Geológico Brasileiro - CPRM (2006), esta área está vulnerável a riscos ambientais (Figura 05), tais como: escorregamentos, deslizamentos e voçorocas (CPRM, 2006). Pesquisas recentes (ABREU, 2013 e DIAS, 2013), nas estradas da AM-363 e AM-330, revelam que a área possui movimentos de massa (translacional e queda em bloco) e incisões erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas).



**Figura 05:** Processos de riscos ambientais. Em (A), movimento de massa; em (B), voçoroca.  
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2015.

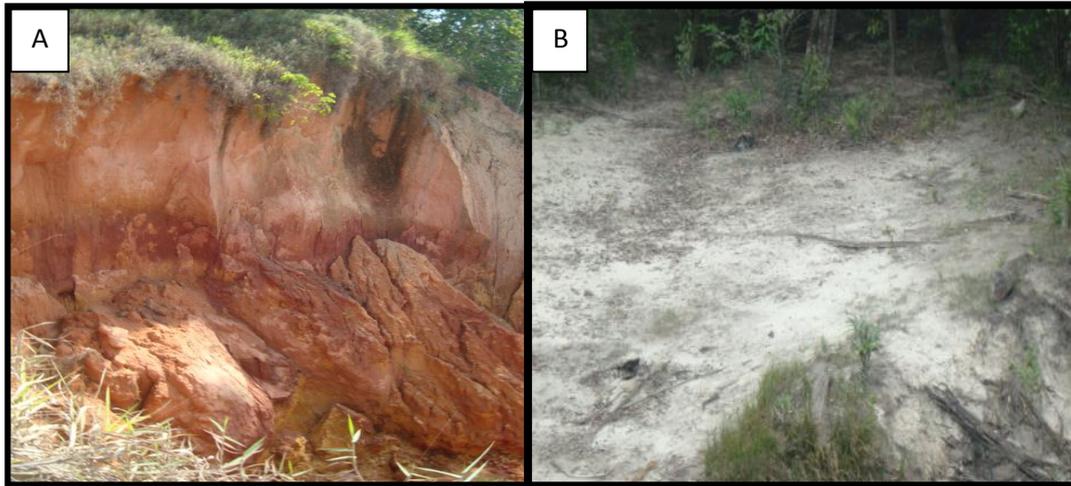
Na imagem a seguir (Figura 06) é possível observar que existem ambientes com elevações de até 160 metros, porém, com grandes variações na topografia.



**Figura 06:** Altimetria do terreno na bacia hidrográfica Sanabani.

## 2.2 Classes de Solo em Silves-Amazonas

Foi identificado duas classes de solo na bacia do rio Sanabani: Latossolo e Espodossolo (Figura 07).



**Figura 07:** Solos da bacia hidrográfica Sanabani. Em A, Latossolo Amarelo; em B, Espodossolo.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

### 2.2.1 Latossolo

De acordo com Lepsh (2011), o Latossolo ocupa 41,1% do solo encontrado em toda a Amazônia. Segundo a EMBRAPA (2003), o Latossolo amarelo é um solo muito argiloso, sendo possível ser encontrado em diversos tipos de relevo, dos mais planos aos mais ondulados, e é considerado distrófico por possuir baixa fertilidade. Na área de estudo, este solo possui sua pedogênese ligada à formação alter-do-chão, tendo a floresta densa como local de desenvolvimento (RADAM, 1976).

### 2.2.2 Espodossolo

Segundo Lepsh (2011), esse tipo de solo representa 2% dos solos que constituem todo o território da Amazônia. A floresta nesse tipo de solo é mais aberta, diferente da floresta que se desenvolve sobre o Latossolo Amarelo, que é densa.

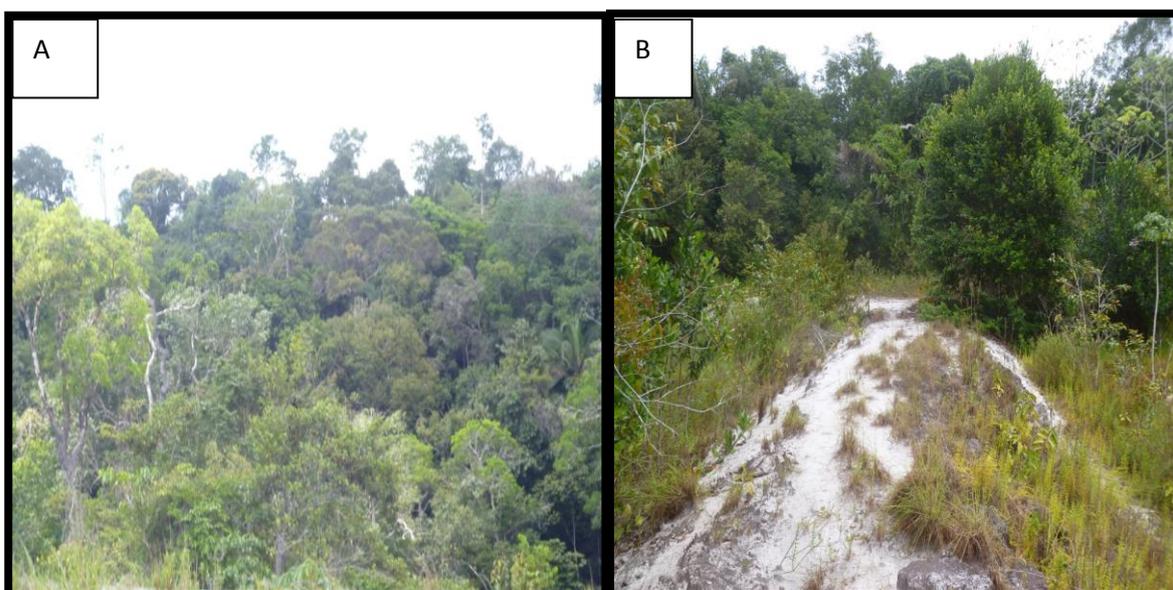
Segundo Embrapa (2006) esta classe de solo é definida pela presença de horizonte B espódico em sequência o horizonte E (álbico ou não) ou horizonte A.

Em campo, pode ser identificada pela cor do horizonte espódico, que varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada, e pela nítida diferenciação de horizontes.

São solos, em geral, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa (distróficos), podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. A textura é predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa (tendente para média ou siltosa) no horizonte B espódico (EMBRAPA, 2006).

### 2.3 Vegetação

Na área de estudo foi identificado duas classes florestais: Floresta Ombrófila Densa e Floresta de Campinarana (Figura 08). Vale ressaltar que alguns trechos de floresta, denominado popularmente de “floresta de Várzea”, não foi caracterizado, para essa pesquisa, como Várzea<sup>1</sup>.



**Figura 08:** Vegetação da bacia hidrográfica Sanabani. Em A, floresta Ombrófila Densa; em B, floresta de campinarana.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

<sup>1</sup>- Estrada da “Várzea” é assim denominada devido o processo de inundação que periodicamente o local recebe desde que foi feito o corte para construção da estrada. Tal efeito caracteriza o processo natural do ambiente de várzea (ambiente periodicamente inundado), mas o fenômeno que ocorre no local foi devido a alteração antrópica, que modificou a paisagem, não sendo, porém, um processo natural.

### 2.3.1 Floresta Ombrófila Densa

Em grego, ombrofila significa "amigo da chuva". Esse tipo de vegetação é uma das mais identificadas na Amazônia, pois, segundo Ab'Saber (1993), a pluviosidade mantém a floresta ombrófila sustentada.

De acordo com o IBGE (2012), esse tipo de vegetação possui uma grande diversidade de espécies vegetais. Segundo Silva (2005), dentre as diversidades vegetais pode ser encontrado: Açaí (*Euterpe precatoria* Mart.); Amapá Doce (*Brosimum* sp.) Abuta (*Abuta* SP); Araçá (*Pysidium* sp.); Babaca (*Oenocarpus bacaba*); Breu Branco (*Protium* sp.); Curuá (*Attalea attaleoides* Mart.). Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.); Arumã (*Ischnosiphon* sp.) Quina-Quina (*Geissospermum serceum* (Sagot.) Benth. E Hook), dentre outras espécies.

Além da diversidade ambiental, a floresta Ombrófila possui uma grande umidade que a mantém em equilíbrio em todas as épocas do ano. Sua vegetação possui copas fechadas e árvores de grande porte.

### 2.3.2 Floresta de Campinarana

As florestas de transição ecológica, ou, de acordo com AB'Saber (2000), áreas de enclave na Amazônia, são denominadas de floresta de campinas e campinaranas. Possuem uma tipologia bastante diferenciada, com uma vegetação mais aberta e com pouca diversidade ambiental. O tipo de solo, bastante arenoso, é uma das principais diferenças identificadas em relação à floresta Ombrófila Densa.

Segundo o IBGE (2012) esse nome, Campinarana, é sinônimo de campina e está associado ao fato de os primeiros fitogeógrafos reconhecê-la como um falso campo, ou uma "Caatinga do rio Negro".

## 2.4 Hidrologia

A Amazônia é a região dos gigantes, pois além de possuir a maior floresta tropical do mundo, possui também o maior rio do mundo (ESCOBAR,

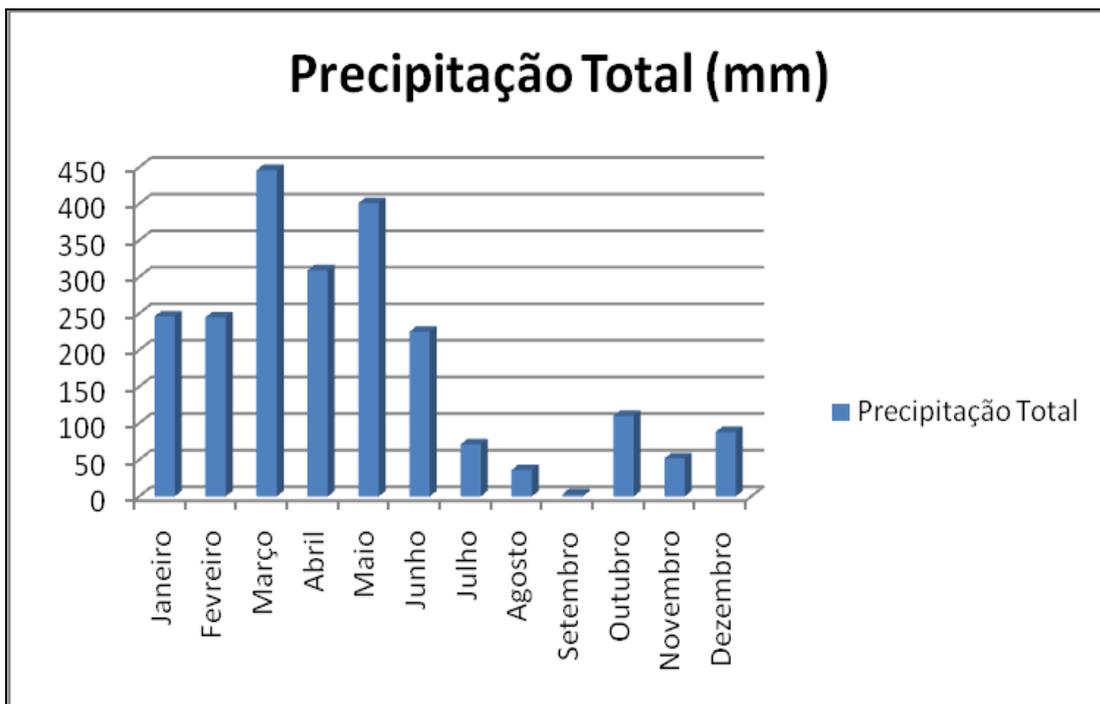
2007). Existem basicamente três tipos de águas na Amazônia; águas claras, águas escuras e águas brancas. De acordo com a cor do rio ou do canal d'água, podemos saber o tipo de material que ele transporta.

O rio Sanabani, afluente do rio Amazonas, é um rio de água branca (barrenta). Segundo Sioli (1950), “águas-brancas”, turvas, rica em material particulado em suspensão, com elevada concentração de nutrientes e eletrólitos, pH variando de 6,2 a 7,2, e tem sua origem Andina e Sub-Andina.

## **2.5 Clima**

O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen pertence ao grupo A do tipo climático Amw (clima tropical chuvoso). A precipitação média é de 2.750 mm ao ano e o período chuvoso geralmente se inicia em novembro estendendo-se até maio. Nos gráfico abaixo, estão os dados de precipitação do ano de 2015, e a média de temperatura do ano de 2014 .

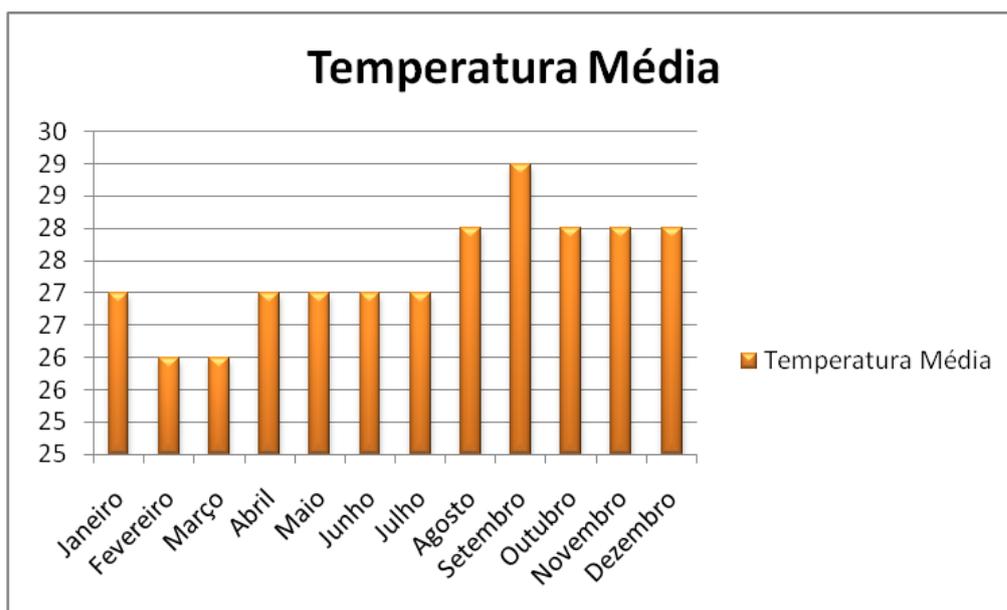
O gráfico de precipitação (Figura 09) demonstra que a intensidade de chuva iniciou-se em Dezembro, chegando até meados de maio, tendo uma gradativa redução em Junho até setembro. Abril e maio apresentam-se como os meses mais chuvosos, e junho e setembro demonstram poucas médias de precipitação.



**Figura 09:** Precipitação total nas proximidades da bacia do rio Sababani.

**Organização:** INMET, 2015.

O gráfico de temperatura média (Figura 10) demonstra que os meses menos chuvosos, a exemplo do mês de setembro, são os que possuem as maiores médias de temperatura, em torno de 29°C.



**Figura 06:** Temperatura média nas proximidades da bacia do rio Sanabani.

**Fonte:** INMET, 2014.

### **3. METODOLOGIA**

A Classificação de unidades ambientais foi realizada na bacia hidrográfica do rio Sanabani, no município de Silves (AM). O solo, por ser resultado das interações do clima, relevo, vegetação e tempo, foi o elemento que definiu as unidades ambientais.

Após a classificação das unidades ambientais, foi realizado a caracterização dessas unidades, sendo verificado: o solo, relevo, vegetação, porte arbóreo, resistência do solo, capacidade de infiltração e impactos ambientais.

A pesquisa baseou-se em três principais objetivos: Classificar as unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Sanabani; identificar as alterações realizadas na paisagem natural da bacia hidrográfica do rio Sanabani e mensurar o grau de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Realizaram-se diversos procedimentos técnicos e científicos para o alcance dos objetivos, dividindo a pesquisa em três etapas: trabalho de gabinete (parte teórica); trabalho de campo (obtenção de dados primários) e trabalho técnico (elaboração de mapas, gráficos, tabelas e análise de amostras).

#### **3.1 Trabalho de Gabinete**

O trabalho de gabinete baseou-se em sistematizar referenciais teóricos relevantes para a pesquisa, que teve como base teórica: a teoria geral dos sistemas (BERTALANFFY, 1973), teoria da complexidade ambiental (MORIN, 2010), métodos diferenciados de Classificação de Unidades Ambientais (BERTRAND, 1971; TRICART, 1975; SOTCHAVA,1977) e relatos sobre sustentabilidade ambiental (BENJAMIM, 1993; MORAIS, 2004).

Essas teorias auxiliaram a busca pela compreensão da totalidade, uma vez que a natureza é um sistema em que seus elementos estão interligados. Essa interligação ocorre de forma complexa, sendo necessário compreender as particularidades de cada elemento. Para a pesquisa, tornou-se essencial a

busca de um padrão de classificação ambiental interligado com a busca de um padrão ambiental sustentável.

### 3.2 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado a partir da escolha de pontos de coleta de amostras pré-selecionados em imagens de satélite (*Google Earth*). Após a seleção dos pontos, identificaram-se as áreas que seriam realizadas coletas de amostra de solo, caracterização da vegetação quanto ao porte, teste de infiltração, teste com o penetrômetro de impacto e identificação de alterações antrópicas no ambiente por meio de: queimada, desmatamento, terraplanagem e aceleração de processos erosivos. No total, foram verificados 10 pontos de coleta de amostras em áreas com diferenças quanto à vegetação, solo e intervenções antrópicas (Quadro 03).

**Quadro 03**  
Pontos de coleta de amostra.

	Área Verificada	Quantidade de Pontos de Coleta de Amostras
1º	Área de Floresta Ombrófila Densa	3
2º	Área degradada com queimada	2
3º	Área de Floresta de Campinarana	2
4º	Área degradada com voçorocamento	2
5º	Área com cultivo	1

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2015.

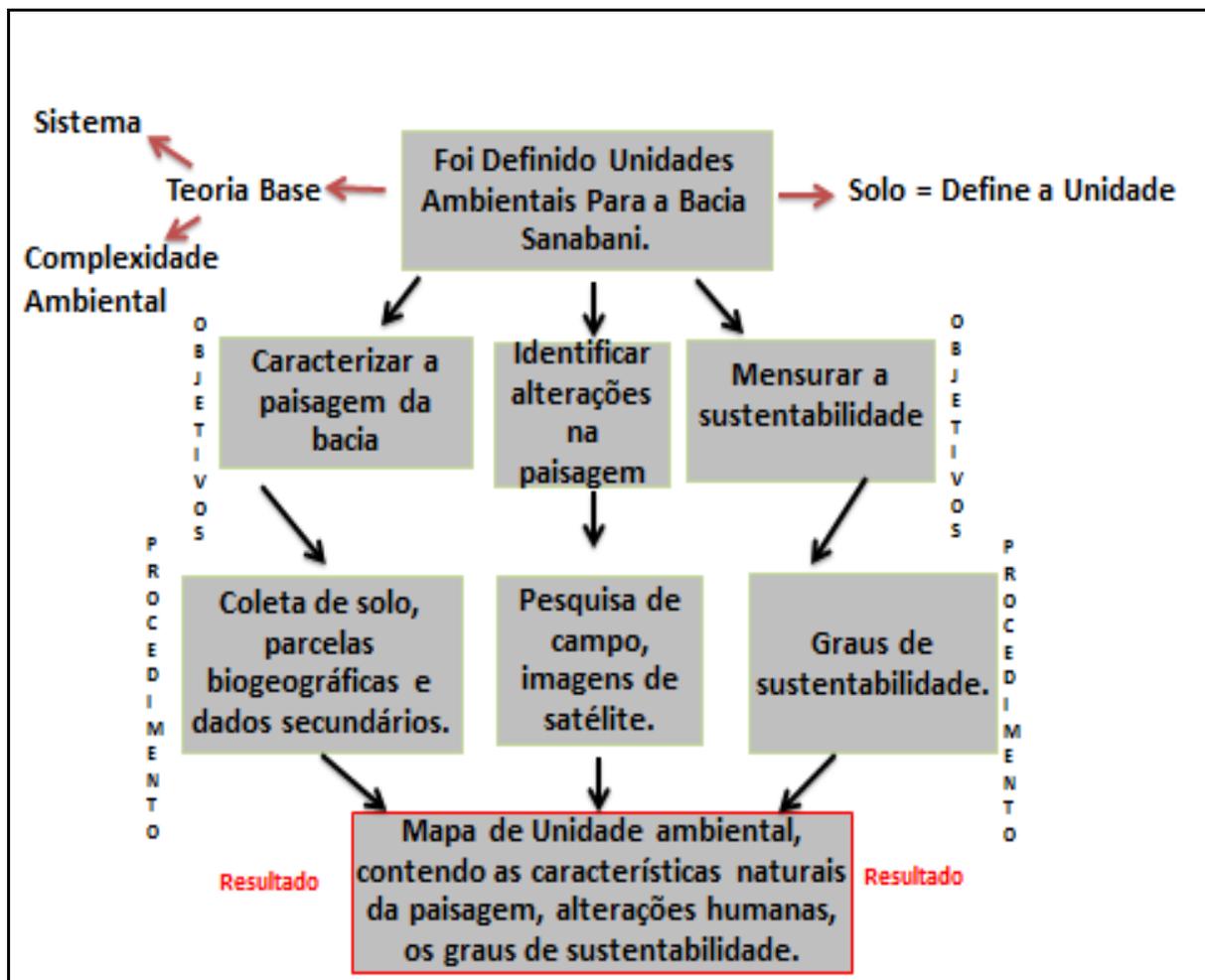
Os dez pontos de coleta de dados foram a base para a caracterização da paisagem da bacia hidrográfica do rio Sanabani. Os pontos foram em ambientes que se diferenciavam quanto à composição natural e antrópica, no entanto, alguns foram de ambientes similares devido à necessidade de uma amostragem mais detalhada.

### 3.3 Pesquisa Técnica

A parte técnica consistiu em análise de solo (tanto física quanto química), elaboração de pirâmides da vegetação, interpretação dos dados do penetrômetro e infiltrômetro, obtenção de imagens Landsat 5 e 8, elaboração de gráficos, quadros e mapas e identificação de áreas similares aos pontos que foram analisados em campo.

### 3.4 Procedimentos Para o Alcance dos Objetivos

As fases do trabalho (de gabinete, de campo e de laboratório) foram inseridos na metodologia da pesquisa. Os procedimentos utilizados estão sistematizados no fluxograma (**Figura 11**):



**Figura 11:** procedimentos metodológicos da pesquisa.  
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2015.

A caracterização das Unidades Ambientais da Bacia foi realizado de acordo com os objetivos estabelecidos (classificar as unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Sanabani; identificar as alterações realizadas na paisagem natural da bacia hidrográfica Sanabani e mensurar o grau de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Sanabani). Cada objetivo foi alcançado com um procedimento metodológico adequado ao resultado almejado. A seguir estão descritos os procedimentos realizados para o alcance dos objetivos:

### **3.4.1 Classificação de Unidades Ambientais da Bacia (1º Objetivo)**

A definição de unidades ambientais para a bacia do rio Sanabani baseou-se nos diferentes tipos de solo existentes na área de estudo. Considerando que o solo é a interação entre clima, vegetação e relevo foi definido, para essa pesquisa, que cada classe de solo constitui uma unidade ambiental.

Dentro dessa unidade ambiental foi realizado o trabalho de campo, caracterização do solo (morfologia, resistência a penetração e capacidade de infiltração) e definidas as parcelas biogeográficas (pirâmide da vegetação). Soma-se a isso a caracterização geral e o levantamento teórico da área no que se refere ao clima (INMET, 2015), relevo e hidrografia (IBGE, 1972).

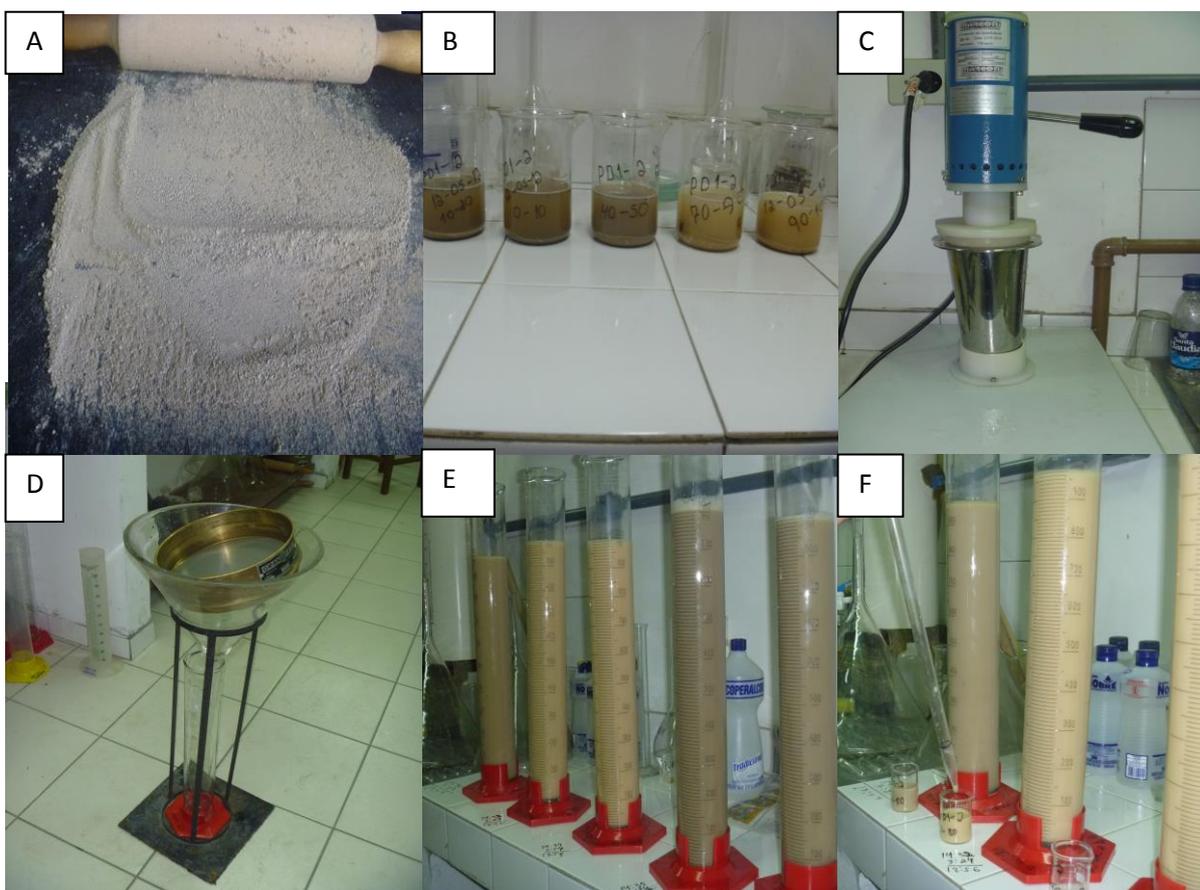
#### **• Caracterização do Solo na Unidade Ambiental**

As amostras de solos foram coletadas por gradagem e após a coleta passaram por análise física no Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos - LATOSSOLO/DEGEO-UFAM, conforme o método da EMBRAPA (1997) para identificação da classe textural, densidade real, densidade aparente e porosidade. Realizou-se também, análise química (macro e micro nutrientes e pH do solo) no Laboratório de análise química de solo do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais). Ainda em campo, foram realizados testes para caracterizar as taxas de infiltração de água no

solo, utilizando, para isso, o Infiltrômetro Turf-Tec (2 cilindros) e a verificação do grau de resistência do solo à penetração, com o Penetrômetro de Impacto.

### - Análise Física do Solo

A análise física do solo foi realizada em todas as 78 amostras. O processo de análise considerou a verificação textural do solo (areia, silte e argila), densidade real, densidade aparente e porosidade (Figura 12).



**Figura 12:** Mosaico do procedimento de análise física em laboratório. Em A, as amostras estão sendo destorroadas; em B foi adicionado dispersante nas amostras, deixando-as em repouso; em C é o aparelho agitador de amostras; em D é o procedimento para separação da areia; em E o silte e a argila estão em repouso, em F a argila contida na amostra está sendo obtida.  
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

### • Caracterização Textural do Solo

As amostras analisadas em laboratório devem ser secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm a fim de se obter a *Terra Fina*

*Seca ao Ar* – TFSA, de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997). Com a amostra de TFSA realiza-se os procedimentos para a análise granulométrica.

Na presente pesquisa realizou-se a análise granulométrica com o método da pipeta (EMBRAPA, 2012) tendo como procedimento para a análise: pesar 20 g de TFSA, adicionar os 20 g da amostra em um béquer, inserir na amostra que está no béquer 10 ml do dispersante hexametáfosfato de sódio e 100 ml de água destilada. Após ter inserido todos os elementos, mistura-os e os deixa em repouso por 12 horas.

Finalizando o período de repouso, a amostra é transferida para o agitador elétrico *stirrer*, permanecendo por 15 minutos. Ao término dos 15 minutos no qual a amostra é agitada, é realizado o procedimento de separação de areia, silte e argila.

O primeiro elemento a ser separado da amostra é a areia. A separação é realizada com a peneiração da areia que por ser um material mais grosseiro que fica retido na peneira de 0,05 cm. Os materiais mais finos (silte e argila), que conseguem passar pela malha da peneira e são transferidos para um cilindro de 1000 ml. Com o peso total da areia, o valor é lançado em uma fórmula ( $\text{Peso da Areia} \times 5$ ) para que assim possa ser obtido a porcentagem de areia na amostra de solo. Após o silte e a argila serem transferidos para o recipiente, adiciona-se água destilada no cilindro das amostras até atingir os 1000 ml e realiza-se, de acordo com a lei de *Stockes* (Quadro 04), o procedimento para medir a temperatura dessas amostras. A partir da temperatura é definido o tempo que levará para a argila ficar em suspensão e o silte decantar. Após decorrido o tempo estipulado pela lei de *Stockes*, é obtido com o auxílio de uma pipeta, a argila que está em suspensão no recipiente.

**Quadro 04**  
**Tempo para coleta de argila de acordo com a temperatura**

Temperatura °C	Tempo	Temperatura °C	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'

**Organização:** Embrapa, 2007.

Para a obtenção da quantidade de silte, soma-se o valor do peso da areia com o valor do peso da argila; o resultado obtido é subtraído pelo peso inicial da amostra (20g); esse valor da subtração será o peso do silte na amostra.

Após identificar o peso da areia, silte e argila, realiza-se alguns cálculos para a obtenção da porcentagem de cada elemento. A porcentagem da areia é obtida com a seguinte fórmula :

$$\% \text{ de areia} = PA \times 5,$$

**Onde:**

PA é o peso da areia multiplicado por 5.

A porcentagem da argila é obtido com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de argila} = (PA - 0,0088) \times 250,$$

nessa fórmula, PA é peso da argila,

A porcentagem do Silte é obtida a partir da soma da porcentagem de areia e de argila, o resultado da soma é subtraído de 100%, o valor final será a porcentagem de silte, a fórmula para esse procedimento é:

$$\% \text{ de silte} = (\% \text{ de areia} + \% \text{ de argila}) - 100\%$$

Com a finalização dos cálculos, é obtido a porcentagem de cada elemento da amostra. Na presente pesquisa, os procedimentos para a obtenção dos valores granulométricos foram realizados para todas as 78 amostras.

- **Densidade de Partículas (real)**

A densidade de partículas ou real corresponde à massa por unidade de volume de uma amostra de solo seco, ou melhor, a medida da densidade de todas as partículas do solo, sem considerar os espaços porosos (LEPSCH, 2011).

Para obtenção da densidade de partículas (real), utiliza-se o método da EMBRAPA, que tem como procedimento: inserir em um béquer 21 g de solo e deixá-lo por 24 horas na estufa a uma temperatura de 105° C. Após o tempo referido, a amostra é recolhida e colocada no dessecador por 5 minutos para esfriar. Posteriormente, pesa-se a amostra deixando somente 20g no béquer.

Os 20 g de amostra seca são transferidos para um balão volumétrico de 50 ml. Após a transferência, insere-se, com o auxílio de uma pipeta, 20 ml de álcool etílico, em seguida, a amostra que está no balão é agitada de modo que não fique nenhum espaço vazio no balão. Quando toda a amostra de solo estiver preenchida por álcool e sem bolhas, adiciona-se mais álcool até completar a capacidade de 50 ml do balão. O resultado da densidade será obtido com o auxílio da seguinte fórmula:

$$dp = \frac{a}{50 - b}$$

**onde:**

**dp**=Densidade de partículas (real), em g/m<sup>3</sup>;

**a**=Peso da amostra seca a 105° C;

**b**=Volume de álcool gasto, em que b=20 ml+volume de álcool é usado para completar os 50 ml do balão volumétrico.

#### • Densidade Aparente

Segundo Lepsch (2011), a densidade mais útil às aplicações práticas é a do solo ou aparente porque inclui o espaço poroso, ou seja, aquele que corresponde à massa de solo seco por volume. A densidade do solo baseia-se no volume ao natural, levando em conta a porosidade.

Para obter a densidade aparente, realiza-se um simples procedimento que consiste em inserir, em um balão de 100 ml, a amostra de solo seco. O peso da amostra no balão corresponderá à massa ocupada em um volume de 100 ml. Após o processo, aplicam-se os valores obtidos na seguinte fórmula:

$$Da = \frac{M}{V}$$

**Onde:**

**Da**=densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>);

**M**=massa (quantidade de amostra de solo necessária para preencher o balão);

**V**=volume (corresponde à capacidade do balão de 100 ml)

#### • Porosidade

A porosidade corresponde aos espaços não ocupados em um corpo de solo, segundo Lepsch (2011), pode ser obtida a partir dos dados de densidade real e aparente através de uma das seguintes fórmulas:

$$Pt(1) = [1 - (Ds/Dp)] \times 100$$

$$Pt(2) = [(Dp - Ds) / Dp] \times 100$$

**Onde:**

**Ds** é densidade real e **Dp** é a densidade aparente.

### • Análise Química do Solo

A análise química do solo foi realizada nas primeiras amostras devido ser nessa profundidade, as informações de concentração dos nutrientes necessários para o equilíbrio solo-vegetação. Todos os 10 pontos de coleta de solo obtiveram amostras utilizadas na análise química. Em solos de floresta Ombrófila foi analisado as três primeiras amostras, e em solo de campinarana, analisou-se as quatro primeiras amostras. A análise consistiu em verificar o pH do solo (em água e Cloreto de Potássio - KCl) os micronutrientes do solo (Ferro – Fe, Zinco – Zn e Manganês – Mn) e os macronutrientes do solo (Fósforo – P, Potássio – K ; Cálcio – Ca, e Magnésio – Mg). A seguir encontra-se a descrição dos procedimentos utilizados em cada uma das 31 amostras de solo que passaram por análise química (Figura 13).



**Figura 13:** Mosaico dos procedimentos para análise química. Em A, aparelho leitor de macronutrientes; em B, aparelho leitor de micronutrientes; em C, material de água destilada e aparelho leitor de pH; em D, procedimento para obtenção dos macronutrientes; em E, as amostras estão sendo agitadas.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

• **Ph**

Os valores de Ph quanto ao solo ser ácido ou menos ácido, foram determinados em laboratório a partir da utilização do aparelho peagâmetro. O ph em água é o método mais tradicional, já o em Kcl é realizado para se ter uma noção mais ampla do ph. A seguir está a tabela que determina o grau de acidez no solo.

**Quadro 05**  
Relação do Ph do solo

PH	ESTADO DO SOLO
Abaixo de 4.5	Excessivamente ácido
De 4.5 a 5.2	Muito ácido
De 5.3 a 5.8	Ácido
De 5.9 a 6.4	Pouco ácido
De 6.5 a 7.1	Praticamente neutro
De 7.2 a 8.0	Alcalino
Acima de 8.0	Muito alcalino

Organização: Embrapa, 2005

**- Ph em Água destilada:**

Pesou-se, em um recipiente, 10g de amostra de solo seco e em seguida foi adicionado 25 ml de água destilada. Os materiais no recipiente foram misturados com um bastão durante 1 minuto. Depois de homogeneizados, a amostra ficou em repouso por 30 minutos. Tendo feito todo o procedimento, a amostra com água destilada foi lida no aparelho peagâmetro.

**- Ph em Cloreto de Potássio (Kcl)**

Com a amostra seca, foi pesado 10g de solo em um recipiente adicionando em seguida, 25 ml de água destilada e 3g de Kcl. Com todos os elementos no recipiente, houve o processo de homogeneização no qual consistiu em misturar as amostras com o auxílio de um bastão pelo tempo de 1

minuto. Após estarem homogeneizadas, a amostra foi deixada em repouso por 10 minutos. Decorrido o tempo de repouso, a amostra foi lida no aparelho peagâmetro.

#### • **Micronutrientes do Solo**

Os micronutrientes do Solo (Fe, Zn, Mn e Al) foram determinados com a extração de duplo ácido (método de *Melinch*). Para iniciar a análise, pesou-se 5g de amostra de solo seco e adicionou-se 50 ml da solução extratora de duplo ácido (25 ml de Ácido Clorídrico-Hcl mais 25 ml de Ácido Sulfúrico-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, diluídos em 1L de água destilada).

Com a solução extratora de duplo ácido adicionada à amostra de solo, foi necessário homogeneizá-las, deixando-as 15 minutos no agitador de amostras. Decorrido o tempo de mistura, material da amostra foi filtrado.

Com o material filtrado, foi organizado o processo para a leitura do Fósforo; dessa forma, foi adicionado:

- 5ml da solução extratora de duplo ácido
- 1 ml de Molibidato de Amônio.
- 1 ml de ácido ascórbico ( vitamina C ).

Com todo o material necessário adicionado, agitou-se a amostra aguardando 30 minutos para fazer a leitura de fósforo. Os demais micronutrientes (Fe, Zn e Mn) foram lidos com uma diluição de:

- 2 ml do extrato
- 8 ml de Água destilada.

Que ao serem adicionadas na amostra, foram agitadas e lidas no aparelho leitor de nutrientes. No quadro a seguir, é possível observar os valores padrões de micronutrientes do solo.

### Quadro 06

Valores padrões dos micronutrientes do solo

Nutriente	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom
Fe	≤ 8	07 – 18	19 – 30	> 30
Mn	≤ 2	03 - 05	06 – 08	> 8
Zn	≤0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	> 1,5

Organização: Embrapa, 2005.

O alumínio requereu maior vigor para o processo de leitura. Depois da filtragem, foi pipetado 25 ml da solução do filtro, e com a amostra pipetada, foi adicionado 3 gotas de azul *Bromotímol*. Em seguida, a amostra foi titulada em uma bureta graduada de precisão, e de forma graduada, adicionou-se Hidróxido de Sódio (NaOH), até que a cor da solução modificasse.

Já os valores de Alumínio, segundo Malavolta (1989), são determinados pelos valores do quadro 07:

### Quadro 07

Interpretação da saturação por Al (em%)

Teor m%	Interpretação
< 15	Baixo – não é prejudicial
16 – 35	Médio – levemente prejudicial
35 – 50	Alto – prejudicial
> 50	Muito alto – muito prejudicial

Organização: Malavolta, 1989.

#### • Macronutrientes do Solo

A leitura dos macronutrientes do solo (P, K, Ca e Mg) foi feita com o preparo da solução de KCl, no qual consistiu em diluir 74,55g de KCl para 1L de água destilada.

O processo de obtenção dos nutrientes foi realizado com a pesagem de 5 g de amostra de solo seco e a adição de 50 ml da solução de KCl. Tendo adicionada a solução, a amostra é agitada por 15 minutos. Decorrido o tempo de agitação, a amostra é filtrada e após 12 horas de filtragem, os nutrientes de Cálcio e Magnésio foram lidos.

No quadro abaixo (08) encontra-se a classificação dos valores de macronutrientes no solo.

**Quadro 08**  
Relação dos Macronutrientes do Solo

Nutriente	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom
Ca	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	> 2,40
P	≤ 2,7	2,8	5,5 - 8,0	> 8,0
K	≤ 15	16 - 40	41 > 70	> 70
Mg	≤ 0,16	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	> 0,90

**Organização:** Embrapa, 2005

#### • Infiltrômetro

O infiltrômetro é um equipamento que possibilita verificar taxas de infiltração de água no solo. O procedimento consiste em inserir água no recipiente e verificar, a cada minuto, a altura infiltrada (mm). Para a confiabilidade dos dados, realiza-se esse procedimento por no mínimo 20 minutos. Após esse tempo, o teste termina quando um mesmo valor infiltrado se repete 3 vezes (Figura 14).



**Figura 14:** Teste de infiltrômetro.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2014.

#### • Penetrômetro

O penetrômetro é um equipamento que auxilia na caracterização do solo, tendo como finalidade identificar a resistência à penetração. O aparelho possui, em geral, 1 metro. A técnica do penetrômetro consiste em contar quantas batidas são necessárias para penetrar cada 5 cm da haste. Quanto maior o número de batidas, mais resistente será o solo (Figura 15).



**Figura 15:** Teste de Penetrômetro - em destaque encontra-se o peso que é lançado ao solo.  
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2014.

Depois de finalizado o teste de penetração, os dados foram lançados em uma planilha, possibilitando a geração de um gráfico com a média da resistência dos solos analisado.

• **Caracterização da Vegetação na Unidade Ambiental**

A vegetação da bacia foi analisada em pesquisa de campo a partir do método da Pirâmide. De acordo com Vieira et al. (1999) a pirâmide de vegetação é um gráfico construído a partir dos dados obtidos em campo. O resultado dessa técnica consistiu na delimitação de parcelas que estatisticamente delimitam algumas espécies de vegetação para classificar o ambiente como um todo, a partir do estrato da vegetação, em **arbórea, arborescente, arbustiva, subarbustiva e herbácea**.

O tamanho das parcelas seguiu o padrão especificado por Vieira et al (1999). A área ficou delimitada em uma extensão de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Dentro da área especificada, classificou-se a vegetação a partir do estrato (Quadro 9).

**Quadro 9**  
Estrato da vegetação

<b>Estrato</b>	<b>Tamanho em metros</b>
Estrato Arbóreo	acima de 10m
Estrato Arborescente	entre 5 e 10 m
Estrato Arbustivo	entre 3 e 5 m
Estrato Subarbustivo	entre 1 e 3m
Estrato Herbáceo	até 1m

**Organização:** BERTRAND, 1966 *apud* VIEIRA et al, 1999.

Após definido, em campo, o estrato da vegetação, foi realizado uma análise estatística que consiste em contar, em campo, os estratos e observar a sociabilidade dos indivíduos, ou seja, a forma como cada espécie se relaciona dentro daquele perímetro de observação (Quadro 10).

**Quadro 10**  
Sociabilidade da vegetação

<b>Sociabilidade</b>	<b>Grupo</b>
População contínua e manchas densas	A
Crescimento em pequenas colônias e manchas densas pouco extensas	B
Crescimento em grupos	C
<b>Agrupados em 2 ou 3</b>	D
Indivíduos isolados	E
Planta rara ou isolada	F

**Organização:**BERTRAND, 1966 *apud* VIEIRA et al, 1999.

Em seguida, foi quantificado a abundância ou dominância em relação à cobertura da copa dessa vegetação, de acordo com a densidade identificada em campo (Quadro 11). Essa abundância ou dominância está interligada com a abrangência com que a copa das árvores cobre a parcela (VIEIRA et al., 1999).

**Quadro 11**  
Abundância e dominância da vegetação

<b>Abundância e Dominância</b>	<b>Grupo</b>
Cobrindo entre 75% e 100%	1
Cobrindo entre 50% e 75%	2
Cobrindo entre 25% e 50%	3
Cobrindo entre 10% e 25%	4
Planta abundante, porém com valor de cobertura baixo, não superando a 10%	5
Alguns raros exemplares	6

**Organização:**BERTRAND, 1966 *apud* VIEIRA et al, 1999.

Com esse procedimento foi possível compreender, em campo, se a vegetação encontra-se em regressão ou expansão.

Além disso, foi utilizado imagens de satélite *Landsat 8*, do ano de 2014, para verificar se houve extração de vegetação de forma contrária ao estabelecido pelo novo código florestal (**Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**) no que tange a vegetação em nascentes.

### • **Caracterização da Hidrografia/Relevo/Clima na Unidade Ambiental**

A hidrografia foi analisada de acordo com dados do IBGE (1972), imagens de satélite (*Landsat 8*, 2015), e em pesquisa de campo. O relevo foi verificado de acordo com as bases de dados SRTM disponíveis no *site* da Embrapa, dados do IBGE (1972) e em pesquisa de campo. Além desses dados, foram trabalhados dados mensais de temperatura do ano de 2014 e dados de precipitação do ano de 2014, obtidos da estação de Itacoatiara, que fica distante aproximadamente **40** km (em linha reta) da área de estudo. Tais dados estão disponíveis no *site* do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sendo esses os dados climatológicos mais próximos da área de estudo.

### • **Sistematização dos dados obtidos**

A partir dos dados gerais de todos os pontos de análise, referente ao solo, vegetação, hidrografia, relevo e clima, os dados foram localizados espacialmente. A localização foi realizada a partir da coordenada geográfica de cada ponto. Para trabalhar as coordenadas e as imagens de satélite (*Google Earth* e *Landsat 5* e *8*), utilizou-se o *software* ArcGis10.1. Com a identificação dos pontos, foi separado a partir das classes de solo, as unidades ambientais da bacia Sanabani, e para cada unidade identificada, foi descrito os aspectos gerais dos elementos naturais, tais como: solo, vegetação, relevo, hidrografia e clima.

#### **3.4.2 Identificação das Alterações na Paisagem (2º Objetivo)**

A identificação das alterações na paisagem da bacia pelas intervenções humanas foi feito em pesquisa de campo, com o objetivo de identificar processos erosivos (voçorocas, ravinhas e Sulcos), assoreamento de canal, queimadas e movimento de massa. Foram verificados em imagens de satélite, *Landsat 5* (1991, 2000, 2005, 2008) e *Landsat 8* (2015), de resolução espacial de 30 m, as intervenções temporais na bacia, principalmente no que tange a extração de vegetação e área de solo exposto. As imagens foram compostas nas bandas 3, 4 e 5.

As imagens *Landsat 5* foram corrigidas a partir de imagens bases, já as imagens *Landsat 8* não necessitaram de correção por já serem georreferenciadas. O software utilizado para o tratamento das imagens e elaboração das cartas-imagem foi o Arc Gis 10.1, licenciado pelo laboratório de cartografia – UFAM. No quadro a seguir estão os dados gerais das imagens trabalhadas para a presente pesquisa (Quadro 12).

**Quadro 12**  
Imagens obtidas pelo satélite *Landsat*

Imagem	Bandas	Resolução	Composição
<i>Landsat 5</i> 1991	3, 4 e 5	30 m.	RGB (Colorida)
<i>Landsat 5</i> 2000	3,4 e 5.	30 m.	RGB (Colorida)
<i>Landsat 5</i> 2005	3, 4 e 5.	30 m.	RGB (Colorida)
<i>Landsat 5</i> 2008	3, 4 e 5.	30 m.	RGB (Colorida)
<i>Landsat 8</i> 2015	3, 4 e 5	30 m.	RGB (Colorida)

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Foram utilizadas imagens dos anos de, 1991, 2000, 2005, 2008 e 2015. Esses anos foram selecionados por terem um bom espaço de tempo possibilitando uma noção maior que 20 anos. O ano 2000 foi selecionado por apresentar praticamente uma década após 1991; o ano de 2005 destaca-se pela ocorrência de uma seca histórica no Amazonas, o ano de 2008 apresentou uma cheia histórica e 2015 representa a imagem mais atual da bacia.

Foi delimitado um polígono para contabilizar cada área sem vegetação, dos anos de 1991, 2000, 2005, 2008 e 2015 e uma classificação supervisionada de cada ano.

### 3.4.3 Mensuração dos Graus de Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani (3º Objetivo)

Foi realizado a quantificação das intervenções humanas (área de cultivo, estrada, residências, utilização dos recursos naturais, construções) para identificar se houve um desequilíbrio na paisagem e assim definir níveis de equilíbrio nas unidades ambientais classificadas. Enumeraram-se três níveis de equilíbrio para as unidades ambientais: **ambiente sustentável, ambiente médio e ambiente insustentável**. Ao final da pesquisa, para sistematização dos dados, criou-se um mapa da distribuição espacial dos níveis de sustentabilidade da bacia hidrográfica. Essa classificação teve a finalidade de quantificar as intervenções antrópicas no ambiente, e definir, dentro das unidades ambientais classificadas, os níveis de antropização do meio.

Tal classificação é baseada na proposta de Tricart (1972), que define padrões ambientais (meio estável, meio integrades e meio instável), mas, para a presente pesquisa, adaptou-se o modelo do autor, tanto na classificação ambiental quanto na nomenclatura do grau de equilíbrio, utilizando: ambiente sustentável, ambiente médio e ambiente insustentável. Além disso, utilizou-se a concepção geossistêmica de Bertrand (1971) e Sotchava (1977). O primeiro percebe a ação antrópica como uma energia externa ao sistema natural (nessa pesquisa tal externalidade do ser humano ao sistema cria ambientes com sustentabilidade média e ambientes insustentáveis). O segundo percebe o ser humano como um agente do sistema, sendo portanto parte da natureza. Para a presente pesquisa, ao perceber o ser humano como integrante do sistema, criam-se ambientes sustentáveis. A seguir, encontra-se a definição de cada um dos três níveis no ambiente:

- **Ambiente sustentável** foi considerado quando identificou-se, na área de estudo, solo em perfeito estado de equilíbrio apresentando todos os seus horizontes principais, em especial o Horizonte Orgânico. A vegetação nesse ambiente também está em perfeito estado natural. O uso e ocupação da terra são realizados para subsistência e a exploração dos recursos naturais é realizada somente para subsistência familiar.

- **Ambiente médio** é considerado quando, no local, foi identificado processos erosivos tais como: sulcos e ravinas, movimento de massa do tipo rastejo, área do solo com terraplanagem e com cultivo para fins domésticos e comerciais (com técnicas inapropriadas, como queimadas). A vegetação nesse ambiente encontra-se parcialmente degradada para o uso.

- **Ambiente insustentável** é considerado quando o solo está com grandes níveis de erosão apresentando feições de voçorocamento. A vegetação encontra-se em um grande nível de exploração. Nesse ambiente há movimento de massa do tipo queda em bloco, rastejo e translacional.

A classificação dos graus de sustentabilidade foi realizado a partir de pesquisa de campo (área degradada, assoreamento de canais, área desmatada, área de cultivo, área com voçorocas, terraplanagem), conversas informais com alguns moradores que praticam cultivo da terra (finalidade do cultivo para venda ou subsistência), e análise da bacia em imagens de satélite (*Landsat 8* e *Google Earth*), para verificação de desmate.

Em paralelo ao grau de sustentabilidade foi atribuído aos ambientes a seguinte fórmula:

$$EN + S = Pe$$

**Onde:**

**EN** é igual a Elementos Naturais;

**S** igual à Sociedade e

**Pe** igual a paisagem equilibrada .

Tal fórmula foi estipulada para identificar de forma simbólica, os ambientes classificados. Observou-se que com as transformações nos elemento naturais, a fórmula adquire uma nova configuração, passando a ser:

$$EN + S^2 = Pi$$

**Onde:**

**EN** é igual a Elementos Naturais;

**S<sup>2</sup>** igual à Sociedade com modificação do espaço geográfico de forma acelerada e

**Pi** igual a paisagem instável.

Ao relatar essa fórmula, será feito uma análise comparativa da realidade identificada na bacia com a teoria da complexidade ambiental, que visa interligar os saberes a fim de explicar o ambiente. A fórmula será atribuída à classificação de sustentabilidade. Os ambientes sustentáveis receberão a classificação da fórmula na sua essência **EN + S = Pe**, e os ambientes médio e insustentáveis serão considerados pela fórmula: **EN + S<sup>2</sup> = Pi**.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa tiveram como base os três objetivos específicos: Classificar as unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Sanabani; identificar as alterações realizadas na paisagem natural da bacia hidrográfica do rio Sanabani e mensurar o grau de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Cada objetivo, atrelado a um procedimento metodológico, alcançou resultados que caracterizam a bacia hidrográfica Sanabani.

### 4.1 Classificação de unidades ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani

Na figura a seguir é possível localizar os pontos de análise (Figura 16). As áreas que serviram como referência para a caracterização da pesquisa, estão espacializadas, possibilitando identificar a localização dos pontos de dentro da bacia hidrográfica Sanabani e a heterogeneidade entre as áreas.

Os pontos de coletas serviram como base para identificar as classes de solo existente na bacia Sanabani, uma vez que o solo é o fator que definiu a classificação de unidades.

O solo foi coletado em todos os pontos selecionados, totalizando 78 amostras, sendo 21 amostras em área de Floresta Ombrófila Densa, 24 em área de Floresta de Campinarana, 24 em solo degradado por queimada, 6 em área degradada por voçorocamento e 3 amostras em área de cultivo.

**Quadro 13**

Quantidade de amostra de solo por área de coleta

Área	Total de amostras
Floresta Ombrófila Densa	21
Área Degradada Com Queimada	24
Área Degradada Com Voçoroca	6
Área de Floresta de Campinarana	24
Área com cultivo	3
<b>Total</b>	<b>78</b>

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2015.

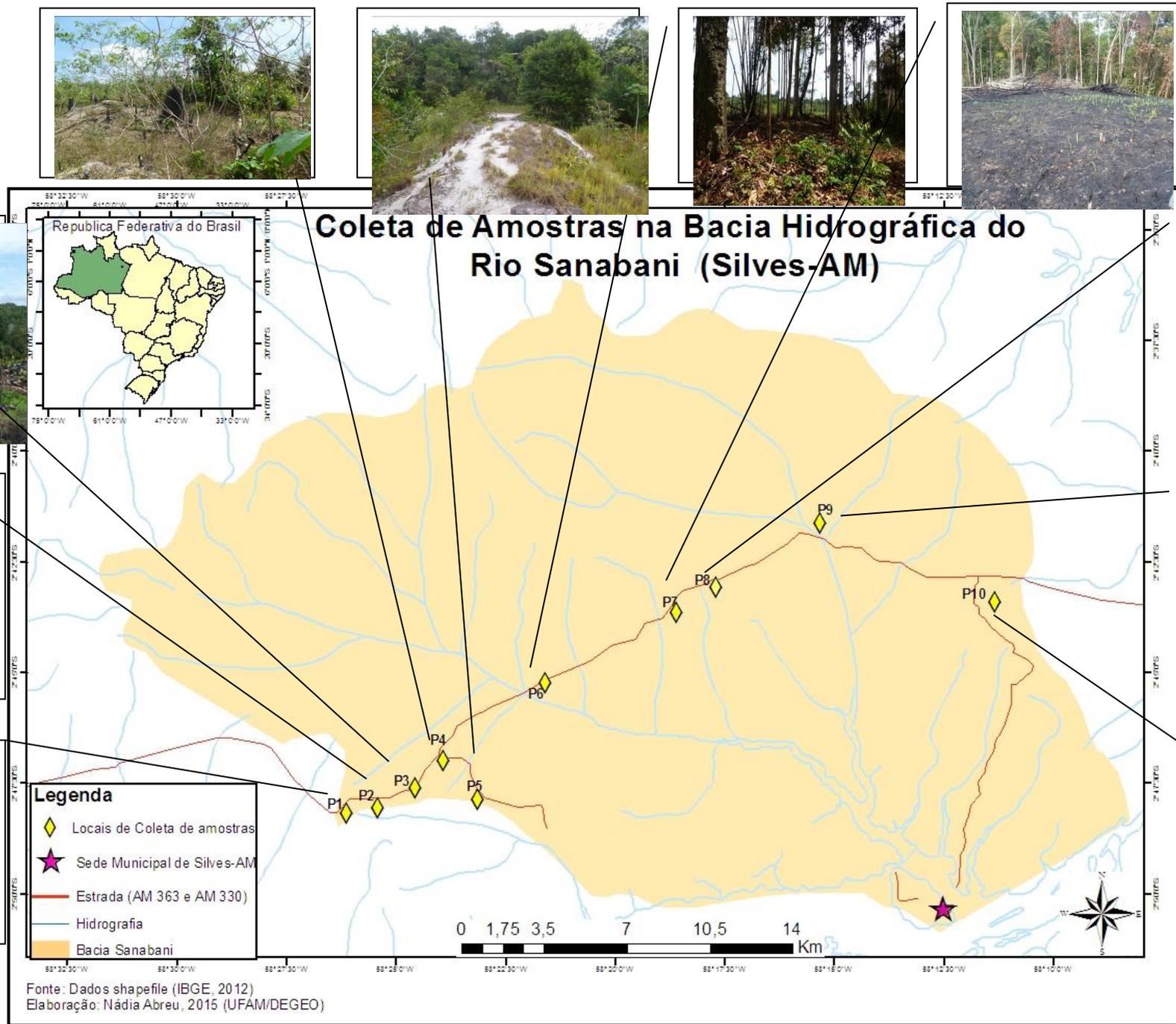


Figura 16: Pontos de coleta.

No quadro (14) a seguir encontra-se a relação dos pontos de coleta, a característica da área de coleta e a extensão da estrada no qual a amostra foi coletada.

**Quadro 14**  
Pontos de Coleta de Amostras

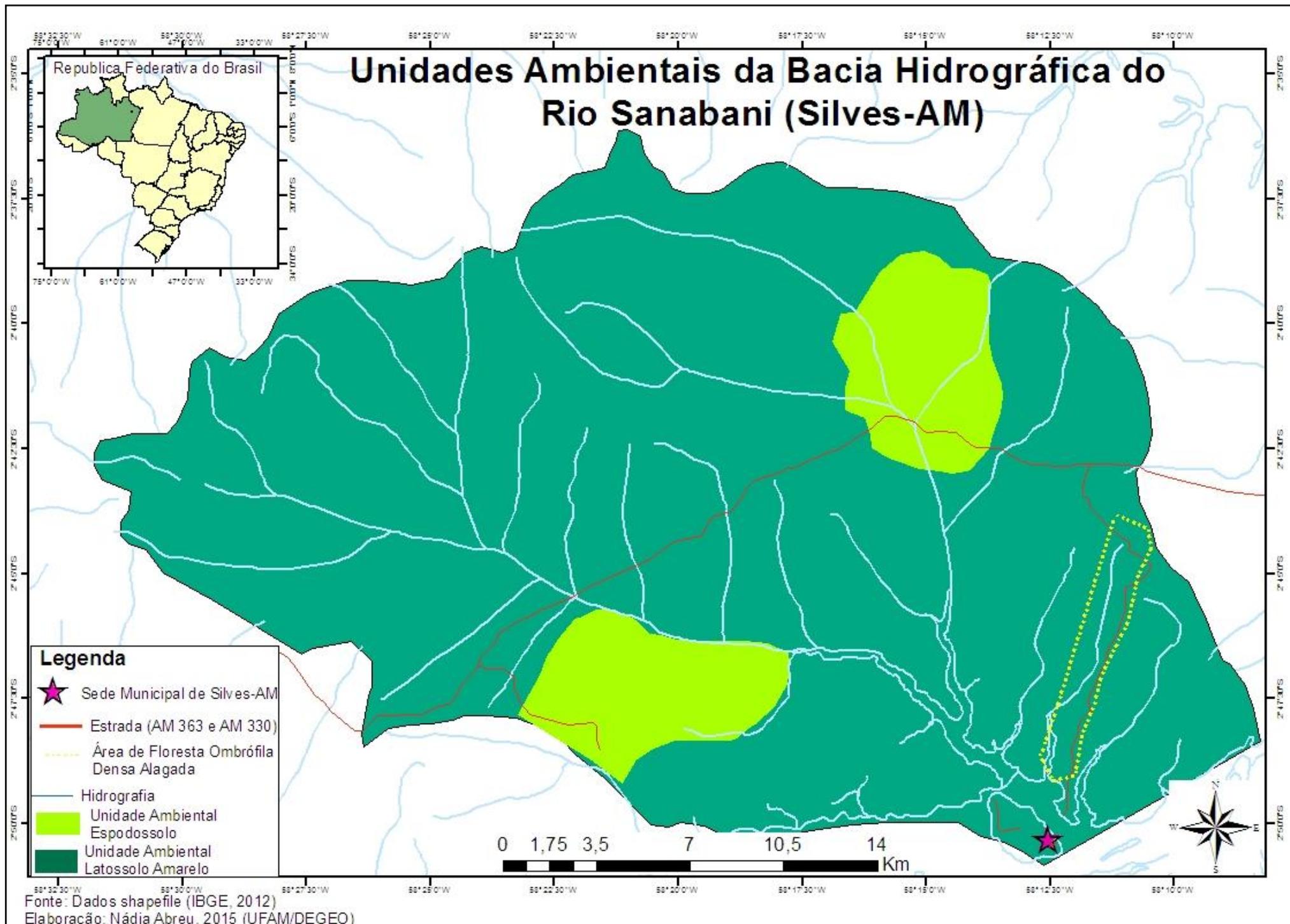
Ponto de Coleta	Característica da Área	Km - AM
1	Floresta Ombrófila Densa	58 – AM 363
2	Floresta Ombrófila Densa	62 – AM 363
3	Área com Queimada	66 – AM363
4	Área com cultivo (Mandioca)	66 – AM 363
5	Floresta de Campinarana	68 – AM 363
6	Floresta Ombrófila Densa	72 – AM 363
7	Área com Queimada	76 – AM363
8	Área com Voçoroca	77 – AM 363
9	Floresta de Campinarana	82 – AM 363
10	Área com Voçoroca	02 – AM 330

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Na área de estudo foi identificado duas classes de solo, sendo Latossolo Amarelo e Espodossolo, a partir das quais foi classificado as unidades ambientais apresentadas na figura a seguir (17).

Cada unidade possui uma identidade, compondo uma paisagem que as diferenciam. Mesmo as unidades sendo classificadas pela homogeneidade que apresentam, existem diferenças de equilíbrio ambiental em uma extensão de uma mesma unidade.

A unidade ambiental do Latossolo Amarelo é aproximadamente 90% da bacia Sanabani, mas isso não significa que todas as áreas do Latossolo amarelo serão tal como as exemplificadas no quadro 14. Voçorocas, por exemplo, são encontradas nas proximidades da estrada; há locais com áreas degradadas e outros com áreas preservadas; há locais com habitação e outros sem habitação; há floresta Ombrófila Densa em terra firme e em áreas alagas, em suma, a bacia hidrográfica Sanabani é diversificada quanto a sua variabilidade ambiental, tornando-a uma área de estudo de relevância quanto à compreensão das formações da paisagem na Amazônia.



**Figura 17:** Unidades ambientais.

#### **4.1.1 Análise dos pontos de coleta**

- **Análise Física dos Solos**

- **Granulometria**

A análise granulométrica demonstra os valores de areia, argila e silte existentes nas amostras de solo. Segundo os dados, há solos com mais de 50% de argila e solos que compõe mais de 90% de areia.

Segundo a análise granulométrica os solos de floresta Ombrófila Densa, representados pelos pontos 1, 2 e 6, possuem valores de argila com maior predominância, seguido de silte.

As áreas com queimadas, pontos 3 e 7, deram resultados diferenciados, sendo o primeiro ponto mais siltoso e o ponto 7 mais arenoso. Ambas as áreas são utilizadas para cultivo.

A área com adubação, ponto 4, segundo a análise, possui um solo muito argiloso. Os pontos de floresta de Campinarana, 5 e 9, apresentaram valores com mais de 90% areia. Os pontos 7 e 10, de áreas degradadas com voçoroca, assim como na área degradada com queimada, também apresentaram valores diferenciados, sendo o ponto 7 classificado como argila arenosa e o ponto 10 franco siltoso (Figura 18).

Segundo Reinert e Reichert (2006) áreas com predominância de areia, tais como a campinarana, são áreas com elevados índices de permeabilidade, coesão e com, grãos maiores. Os pontos com valores elevados de argila, a exemplo das áreas de floresta Ombrófila Densa apresentam grãos microscópios, o material é fácil de ser moldado (“plásticos”) e a área possui padrões de impermeabilidade.

# Análise Granulométrica

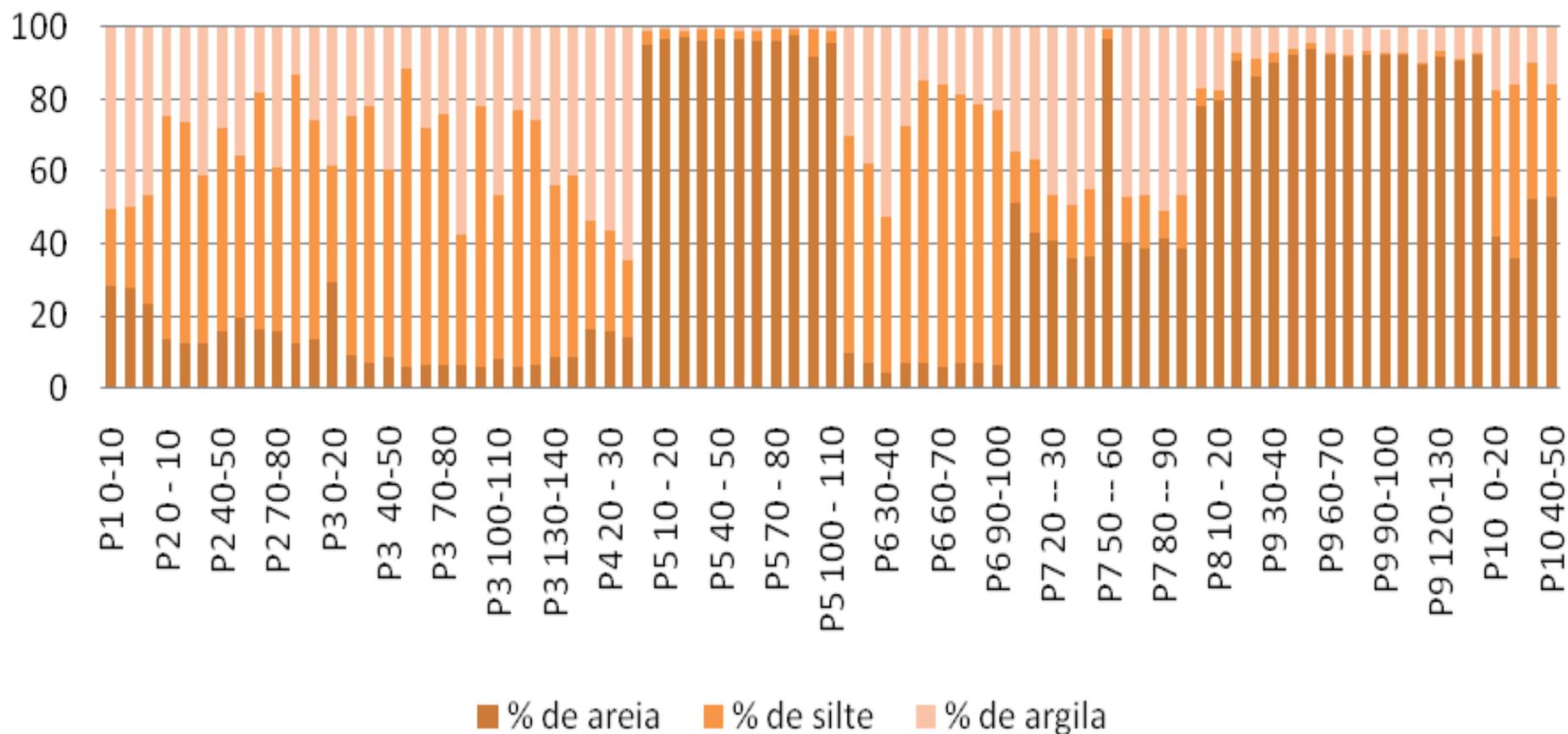
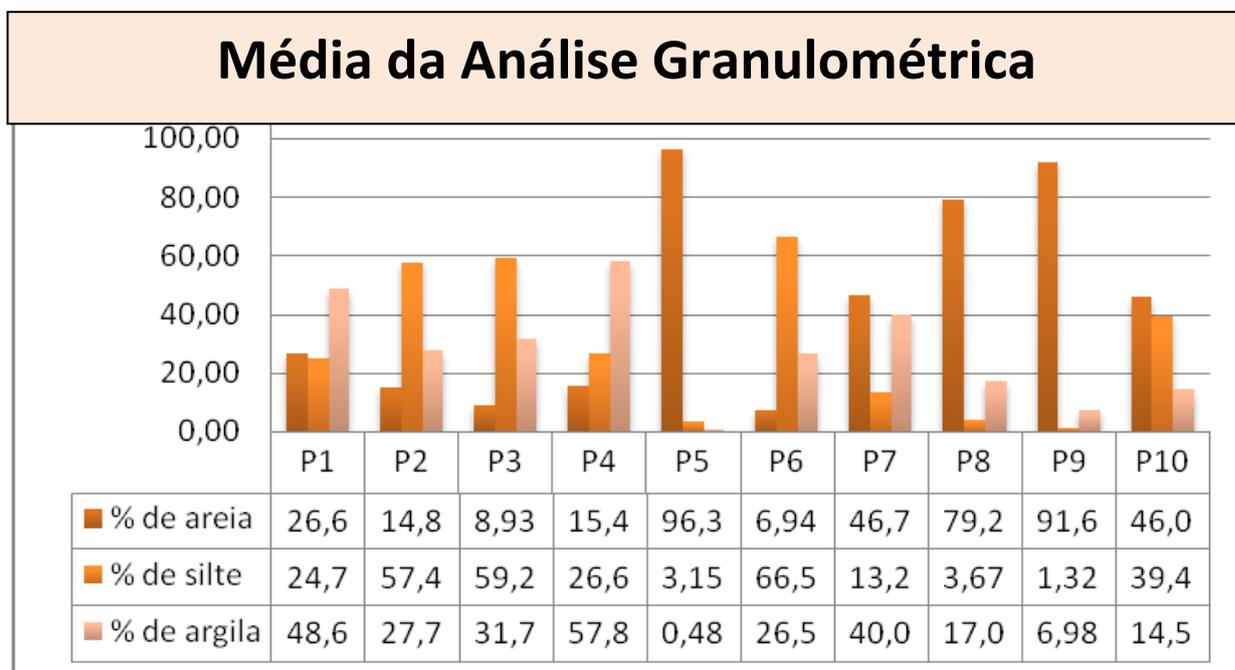


Figura 18: Análise granulométrica do solo na bacia hidrográfica Sanabani

Na figura abaixo (19) estão a média dos valores de cada ponto de coleta de solo, possibilitando verificar a distribuição dos grãos no perfil de solo quanto a sua composição: Areia, silte e argila.



**Figura 19:** Média da análise granulométrica dos pontos de análise.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

## - Análise Química dos Solos

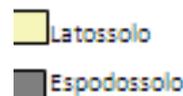
No quadro (15) a seguir estão os valores da análise química dos pontos de coleta.

**Quadro 15**  
Valores da Análise Química

Ponto	Profundidade	PH		K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Zn	Mn
		H2O	KCI								
p1	0-10	4,30	3,81	0,06	0,00	0,02	1,84	6,99	184,2	1,30	1,00
p1	10-20	4,31	3,89	0,07	0,00	0,02	1,77	6,81	197,7	1,40	1,10
p1	20-30	4,48	4,08	0,04	0,00	0,01	1,91	3,48	150,7	1,10	0,90
p2	0-20	4,20	4,11	0,05	0,00	0,01	1,23	2,21	56,2	0,80	0,60
p2	20-30	4,52	4,35	0,02	0,00	0,00	0,84	0,91	44,7	0,70	0,50
p2	30-40	4,53	4,33	0,03	0,00	0,01	0,84	0,67	50,7	0,70	0,60
p3	0-20	4,82	4,28	0,15	0,39	0,17	1,22	6,46	91,7	2,30	19,60
p3	20-30	4,34	4,06	0,04	0,04	0,04	2,02	1,99	113,7	0,90	1,10
p3	30-40	4,42	4,14	0,03	0,03	0,03	1,32	1,79	90,7	0,80	1,10
p4	0-20	4,26	3,98	0,06	0,03	0,02	1,76	3,89	129,2	1,00	1,80
p4	20-30	4,54	4,18	0,03	0,01	0,01	1,28	1,15	122,2	0,90	0,90
p4	30-40	4,50	4,18	0,05	0,01	0,01	0,46	2,41	145,7	0,80	1,00
p5	0-10	4,57	3,24	0,03	0,01	0,01	0,43	3,03	14,7	0,80	1,00
p5	10-20	4,83	3,67	0,01	0,00	0,00	0,10	0,56	11,7	0,70	0,30
p5	30-40	4,28	3,92	0,01	0,00	0,00	0,07	0,68	12,7	0,80	0,10
p5	40-50	5,35	4,07	0,01	0,00	0,00	0,05	0,22	11,7	0,60	0,20
p6	0-20	4,09	3,95	0,07	0,01	0,02	1,66	3,73	134,2	0,80	1,70
p6	20-30	4,56	4,22	0,03	0,00	0,01	1,11	0,82	77,7	0,70	0,60
p6	30-40	4,60	4,30	0,03	0,00	0,00	1,01	0,42	83,7	0,80	0,80
p7	0-10	5,02	4,24	0,13	0,10	0,05	0,66	5,17	191,7	1,20	4,60
p7	10-20	4,75	4,17	0,05	0,03	0,02	0,86	2,18	172,7	0,90	1,30
p7	20-30	4,72	4,22	0,04	0,01	0,01	0,89	1,58	149,2	0,80	1,20
p8	0-10	5,26	4,66	0,01	0,00	0,00	0,16	1,20	13,7	0,90	0,10
p8	10-20	5,27	4,68	0,01	0,00	0,00	0,17	0,65	14,2	0,70	0,10
p9	0-20	4,81	4,35	0,04	0,06	0,01	0,42	1,02	23,2	1,00	0,30
p9	20-30	4,84	4,36	0,02	0,04	0,00	0,45	0,52	26,7	0,60	0,30
p9	30-40	4,97	4,42	0,01	0,02	0,00	0,39	0,75	18,2	0,60	0,20
p10	0-20	4,79	3,77	0,02	0,01	0,00	0,84	6,11	25,2	0,80	1,40
p10	20-30	4,59	4,38	0,02	0,00	0,00	1,51	29,58	52,2	0,90	4,90
p10	30-40	5,23	4,61	0,01	0,00	0,00	0,54	16,57	19,2	0,90	2,60
p10	40-50	5,37	4,72	0,01	0,00	0,00	0,38	9,10	15,7	0,70	0,70

Organização: Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Legenda:



Os resultados demonstram que na área de floresta, o solo apresentou um ph abaixo de 4,5. Os dados de ph em água foram superiores aos dados de ph em KCL, revelando assim que os solos da área de análise estão com um balanço de cargas negativas, com pouca predominância de óxidos<sup>2</sup>. A classificação dos solos quanto ao ph indica que nas áreas de floresta Ombrófila Densa (p1, p2 e 06) o ph é **excessivamente ácido**; nas áreas de campinarana (p5 e p9) o solo variou de **muito ácido a ácido**. Nas áreas degradadas com voçorocas (p8 e p10) o ph do solo apresenta-se **ácido**. Nas áreas degradadas com queimada (p3 e p7), o solo encontra-se de **ácido a muito ácido**, e na área com cultivo de mandioca (p4), o resultado apresenta um solo **muito ácido**.

A análise para macros e micronutrientes apresenta resultados esperados para solos da região amazônica, com valores baixos de nutrientes, com algumas exceções. No quadro abaixo (16), está a relação dos pontos de análise e sua classificação quanto aos nutrientes do solo.

**Quadro16**

Classificação Quanto a Quantidade de Nutrientes no Solo

Ponto	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Zn	Mn
P1	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Médio	Muito Baixo
P2	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Bom	Baixo	Muito Baixo
P3	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Bom	Baixo	Muito Baixo
P4	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Bom	Baixo	Muito Baixo
P5	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Muito Baixo
P6	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Bom	Baixo	Muito Baixo
P7	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Bom	Baixo	Muito Baixo
P8	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Baixo	Baixo	Muito Baixo
P9	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Muito Baixo
P10	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixo	Bom	Bom	Baixo	Muito Baixo

Legenda:

Latossolo

Espodossolo

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Assim como o dado gerado no ph do solo com balanço de cargas negativas apontando baixo índice de óxidos nos solos analisados. Os valores

<sup>2</sup>- Se o pH em KCL for maior que em H<sub>2</sub>O, isso indica a predominância de cargas positivas, e caso H<sub>2</sub>O seja maior que em KCL, indicará cargas negativas. Cargas positivas indicam elevados níveis de óxidos, cargas negativas indicam baixos índices de óxido.

de micro e macro nutrientes obtiveram resultados com valores baixos, tendo um bom resultado somente para o teor de Ferro (Fe), e para o ponto 10, um bom resultado para os valores de Fósforo (P).

### - Densidade Real

A densidade real do solo, que indica a facilidade de penetração das raízes e armazenamento de água, está exposta no quadro 17, abaixo.

A densidade real entre os solos analisados não apresentaram grande variação, uma vez que esse tipo de densidade não considera os espaços porosos entre os solos, mas sim à massa por unidade de volume do solo. O menor valor foi 2,02 g.cm<sup>3</sup> e o maior 2,74 g.cm<sup>3</sup>, repetindo-se em diferentes tipos de solo.

**Quadro 17**

Densidade Real do Solo em g.cm<sup>3</sup>

Profundidade	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10
0-10	2,53	2,56	2,02	2,38	2,53	2,44	2,56	2,63	2,53	2,41
10- 20	2,56	2,44	2,74	2,53	2,60	2,70	2,47	2,60	2,47	2,44
20-30	2,50	2,30	2,27	2,74	2,74	2,60	2,60	-	2,27	2,63
30-40	-	2,33	2,50	-	2,60	2,70	2,56	-	2,44	2,38
40-50	-	2,63	2,47	-	2,70	2,50	2,63	-	2,56	-
50-60	-	2,60	2,30	-	2,56	2,47	2,53	-	2,63	-
60-70	-	2,53	2,35	-	2,63	2,41	2,70	-	2,63	-
70-80	-	2,53	2,56	-	2,53	2,78	2,67	-	2,99	-
80-90	-	2,60	2,44	-	2,56	2,47	2,56	-	2,63	-
90-100	-	-	2,35	-	2,60	-	-	-	2,56	-
100-110	-	-	2,35	-	2,67	-	-	-	2,67	-
110-120	-	-	-	-	-	-	-	-	2,53	-
120-130	-	-	2,41	-	-	-	-	-	-	-

Organização: Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Legenda:	
	Latossolo
	Espodossolo

### - Densidade Aparente

A densidade aparente, mais completa que a densidade real, apresenta a densidade levando em consideração os espaços porosos do solo. Os valores desse tipo de densidade, para os solos analisados na presente pesquisa, estão demonstrados no quadro 18, abaixo.

As maiores médias de densidade aparente identificadas nas amostras encontram-se no p5 (3,06 g.cm<sup>3</sup>) e p9 (3,82 g.cm<sup>3</sup>), áreas de floresta de Campinarana. Os menores valores identificados estão na área com cultivo (p4), apresentando resultado de 1,47 g.cm<sup>3</sup> de densidade.

As áreas com queimada obtiveram valores diferenciados - a área p3 apresentou valores altos de densidade (maior valor de 3,72 g.cm<sup>3</sup> e menor de 2,34 g.cm<sup>3</sup>). O ponto 7 possui valores menores (maior valor 1,63 g.cm<sup>3</sup> e menor valor 1,57 g.cm<sup>3</sup>).

Acredita-se que os resultados diferenciados entre as duas áreas com queimada são consequência da composição granulométrica, demonstrada na figura 10. O ponto 3 possui bastante silte, enquanto o ponto 7 possui elevados valores de argila e areia.

Os pontos com voçorocas (p8 e p10) também obtiveram valores diferenciados e, assim como os pontos com queimada, possuem valores granulométricos distintos. O ponto 8 possui bastante areia e o ponto 10 possui valores equilibrados entre areia, silte, com baixo valor de argila.

As áreas de floresta Ombrófila Densa obtiveram valores similares, sendo o menor valor 1,50 g.cm<sup>3</sup> e o maior 2,94 g.cm<sup>3</sup> com 90% da frequência dos valores acima de 2,28 g.cm<sup>3</sup>.

Para Reinert e Reichert (2006) os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g.cm<sup>3</sup>, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g.cm<sup>3</sup>. Valores de densidade do solo associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g.cm<sup>3</sup> para solos arenosos e 1,45 g.cm<sup>3</sup> para solos argilosos.

**Quadro 18**  
Densidade Aparente em g.cm<sup>3</sup>

Profundidade	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10
0 -- 10	2,28	2,46	2,53	1,50	2,64	2,90	1,57	1,80	3,62	2,68
10 - 20	1,52	2,80	2,40	1,51	2,96	2,94	1,58	1,75	3,35	2,48
20 - 30	1,50	2,45	2,8	1,47	3,06	2,26	1,57	-	3,62	2,80
30 – 40	-	2,46	2,74	-	3,09	2,86	1,63	-	3,65	3,25
40 – 50	-	2,45	2,34	-	3,02	2,81	1,58	-	3,67	-
50 – 60	-	2,85	2,71	-	2,98	2,82	1,58	-	3,69	-
60 – 70	-	2,41	2,72	-	3,03	2,31	1,61	-	3,72	-
70 – 80	-	2,87	2,70	-	3,01	2,48	1,61	-	3,72	-
80 - 90	-	2,81	2,40	-	3,03	2,51	1,62	-	3,72	-
90 – 100	-	-	2,36	-	2,92	-	-	-	3,82	-
100 – 110	-	-	2,75	-	2,91	-	-	-	3,75	-
110 - 120	-	-	2,66	-	-	-	-	-	3,75	-
120 – 130	-	-	2,71	-	-	-	-	-	3,73	-
130 - 140	-	-	3,72	-	-	-	-	-	3,59	-

**Legenda:**

Latossolo

Espodossolo

**Organização:** Nádía Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Conforme o padrão de densidade aparente estipulado, os pontos de coleta (Quadro 17 e 18) encontram-se com uma densidade fora dos valores normais para o crescimento radicular, tanto para solos arenosos, quanto para argilosos.

Os solos compostos por mais de 50% de areia apresentaram densidade aparente maior que os solos com composição granulométrica argilosa e siltosa. Segundo Lepsch (2011), esse é um resultado esperado, uma vez que “em solos arenosos, as partículas de maiores dimensões ocupam maior volume em relação aos solos argilosos”.

### **- Porosidade**

A porosidade dos pontos de coleta da bacia Sanabani, ou seja, os espaços entre as partículas de solo ocupado pelo ar e água, estão expostos no quadro (19), abaixo.

De acordo com os dados apresentados na análise física, a porosidade dos solos coletados na bacia Sanabani encontram-se 99% abaixo de 50% de porosidade. Segundo Lepsch (2011), solos com boa porosidade possuem em torno de 50% de seu volume ocupado por poro.

Os menores índices de porosidade encontram-se nos solos de floresta Ombrófila Densa (p1, p2 e p6), com predominância do silte. Vale ressaltar que o p1 apresentou maiores resultados de porosidade a partir dos 10 cm (40%), e menos silte que os outros pontos de floresta Ombrófila Densa.

Os maiores índices foram na área com cultivo (p4), nas áreas com queimada (p3 e p7), seguido da área de floresta com Campinarana (p9) e área com voçoroca (p8).

A área com Campinarana (p5) e a área com voçoroca (p10) obtiveram valores medianos de porosidade.

**Quadro 19**  
Porosidade do Solo

Profundidade	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10
0 -- 10	10,01	15,76	39,45	36,93	3,93	15,76	38,82	31,50	30,15	10,12
10 – 20	40,67	8,07	12,33	40,15	12,11	8,07	36,05	48,61	26,19	1,75
20 – 30	66,11	12,86	28,97	85,70	10,56	12,86	65,12	-	37,19	6,10
30 - - 40	-	5,44	8,78	-	16,04	5,44	36,20	-	33,22	26,82
40 – 50	-	11,05	42,66	-	10,64	11,05	39,83	-	30,23	-
50 – 60	-	12,53	15,32	-	13,94	12,53	59,46	-	28,74	-
60 – 70	-	4,07	36,70	-	13,02	4,07	40,08	-	29,40	-
70 – 80	-	10,81	5,07	-	15,84	10,81	39,51	-	19,91	-
80 – 90	-	1,65	42,44	-	15,40	1,65	57,50	-	29,40	-
90 – 100	-	-	0,51	-	11,15	-	-	-	32,98	-
100 – 110	-	-	36,27	-	8,29	-	-	-	28,94	-
110 – 120	-	-	9,59	-	-	-	-	-	32,62	-

Legenda:

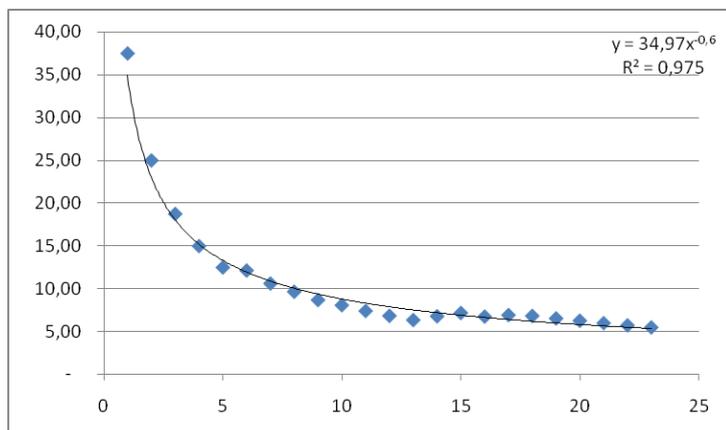
Latossolo

Espodossolo

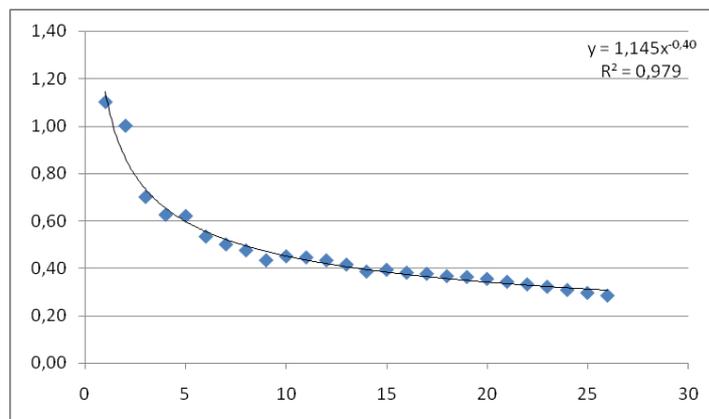
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

## - Infiltração

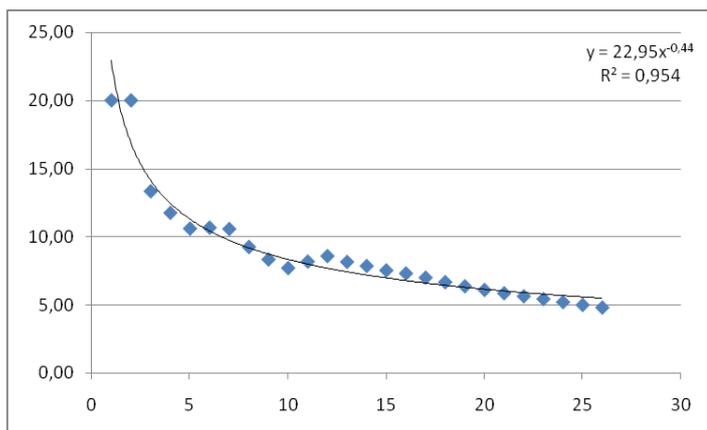
Nas figuras abaixo estão expressos os valores de infiltração no solo de cada ponto de coleta da bacia hidrográfica Sanabani (Figuras 20 a 28).



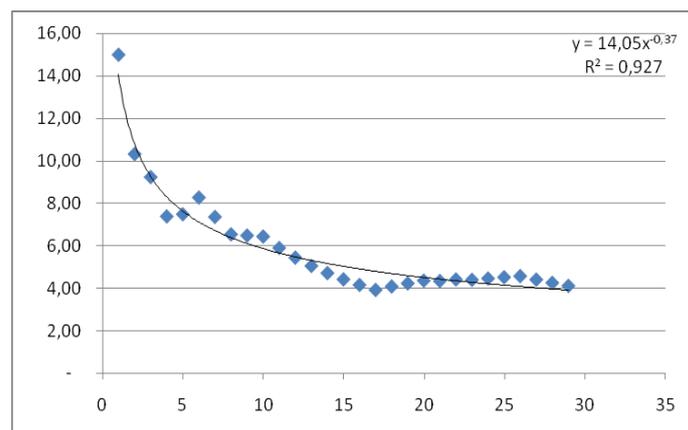
**Figura 20:** Infiltração Floresta Ombrófila Densa, Km 58-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



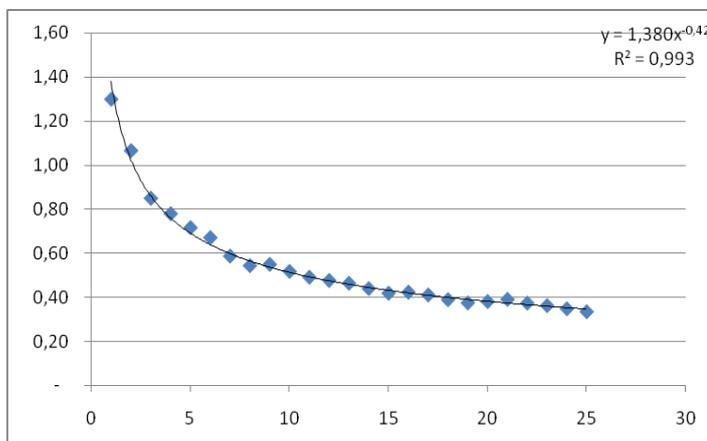
**Figura 21:** Infiltração Floresta Ombrófila Densa, Km 62-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



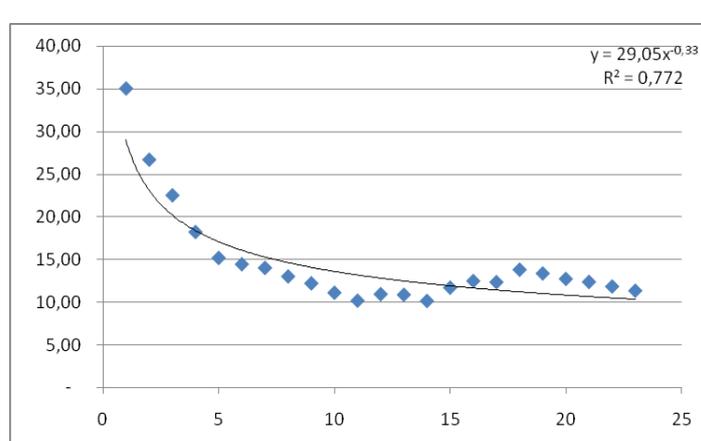
**Figura 22:** Infiltração em área de queimada, Km 66.-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



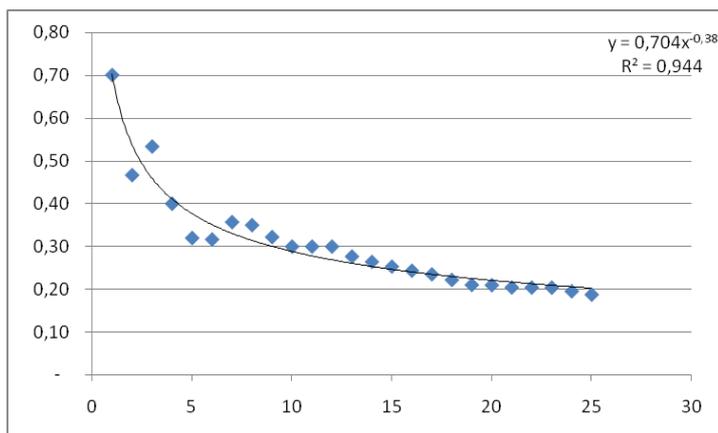
**Figura 23:** Infiltração Floresta de Campinarana, Km 68-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



**Figura 24:** Infiltração Floresta Ombrófila Densa, Km 72-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

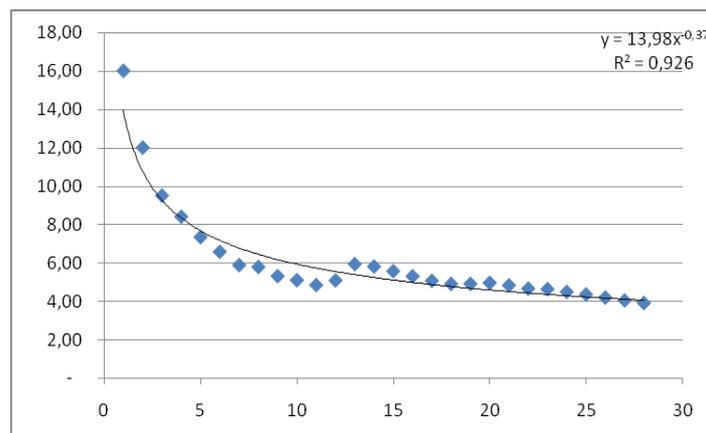


**Figura 25:** Infiltração em área de queimada, Km 76-AM363.  
**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



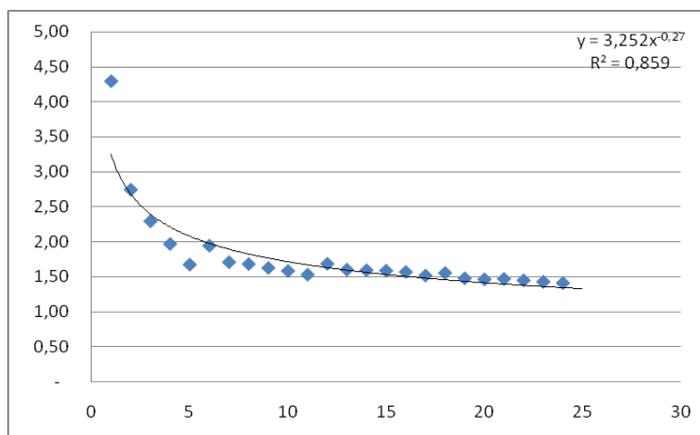
**Figura 26:** Infiltração em área com voçoroca, Km 77-AM363.

**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



**Figura 27:** Infiltração em Campinarana, Km 82-AM363.

**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.



**Figura 29:** Infiltração em área com voçoroca, Km 02-AM330.

**Fonte:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

O teste de infiltração possibilita observar a capacidade do solo em armazenar água em seus espaços porosos. De acordo com os gráficos, os pontos 2 e 6 de floresta Ombrófila Densa (Figura 21 e 24), de composição granulométrica argilosa e com porosidade em torno de 10%, possuem os menores índices de infiltração de água no solo, com aproximadamente 1,5 ml/min. O ponto 1 (Figura 20), apesar de também ser um solo de floresta Ombrófila Densa, apresentou uma infiltração com índices elevados (35ml), e em paralelo com o resultado de porosidade, observa-se que a partir dos 10 cm, apresentou 40% de espaços porosos, influenciando a infiltração.

Os pontos de floresta de Campinarana apresentaram resultados diferenciados. O ponto 5 (Figura 23) apresentou infiltração inicial de 35 ml e

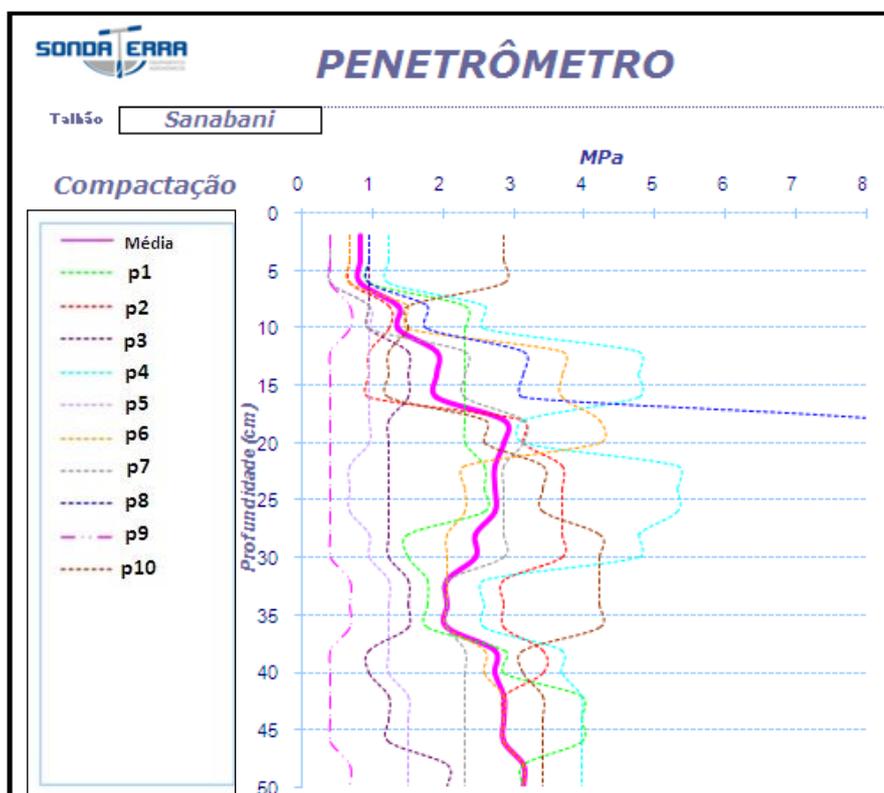
final de 10 ml, com estabilidade aos 24 min. O ponto 9 (Figura 27) apresentou infiltração inicial de 16 ml e final de 2 ml aos 28 min.

Os pontos com queimada não apresentaram muita divergência nos gráficos de infiltração. O ponto 3 (Figura 22) obteve infiltração inicial de 20 ml final de 4 ml, estabilizando-se aos 25 min; o ponto 7 (Figura 25) obteve infiltração inicial de 14 ml e final de 4 ml, estabilizando-se aos 28 min.

Os pontos com voçorocas obtiveram resultados de infiltração sem grandes divergências, o ponto 8 (Figura 26) obteve infiltração inicial de 0,70 ml e final de 0,30 ml, com estabilização aos 25 min. O ponto 10 (Figura 28) obteve infiltração inicial de 4,5 ml e final de 1,5 ml, com estabilização aos 25 min.

### - Teste de Penetrômetro

O teste de penetrômetro permite analisar a resistência do solo a penetração e à pressão que uma força exerce de  $1 N$  ( um Newton ) sobre uma superfície de  $1 m^2$ . Na figura 29 estão os dados de penetração de cada ponto que foi realizado coleta de amostras (p1 a p10).



**Figura 29:** resultado do teste de penetrômetro nos pontos de coleta.  
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

A linha de tendência dos pontos 5 e 9, com concentração maior de areia, revela que o solo possui uma facilidade gradativa de infiltração de água no solo, pois a linha de tendência encontra-se retilínea. Tal fato demonstra que o solo possui boa capacidade de migração da água infiltrada, percorrendo grande profundidade do solo.

Para os solos dos pontos com maior concentração de argila (p1, p2, p3, p4, p6, p7, p8, p10), a linha de tendência possui muitas ondulações, revelando uma instabilidade no solo quanto à resistência à infiltração de água. Em termos médios significa que a superfície do solo até cerca de 15 cm de profundidade possui resistência relativamente moderada, ao passo que de 15 cm a 40 cm a resistência aumenta consideravelmente, diminuindo novamente a resistência até os 50 cm. Em termos práticos, significa que, após uma chuva moderada, a infiltração será mais rápida nos 15 primeiros centímetros e após esta profundidade as taxas de infiltração tenderão a diminuir. Como resultado após períodos constantes de chuvas moderadas, ocorrerá o escoamento superficial da água da chuva em face da saturação da camada superior do solo, aumentando os efeitos erosivos e ampliando as incisões já existentes.

O p8, área com voçoroca, foi o ponto que apresentou maior irregularidade, ultrapassando o limite de 8Mpa. O gráfico demonstra que a resistência do solo a partir dos 15 cm aumenta consideravelmente, facilitando o escoamento superficial do solo. O ponto 10, também de área com voçorocamento, demonstra a mesma irregularidade, mas em uma intensidade menor.

O p8 foi coletado de um solo irregular, com elevada dureza e com grande influência antrópica. Tal fato o fez diferenciado dos demais resultados, de solos sem grande influência humana, pois o p8, apesar de ter uma cor de Latossolo Amarelo, possui composição granulométrica maior que 70%.

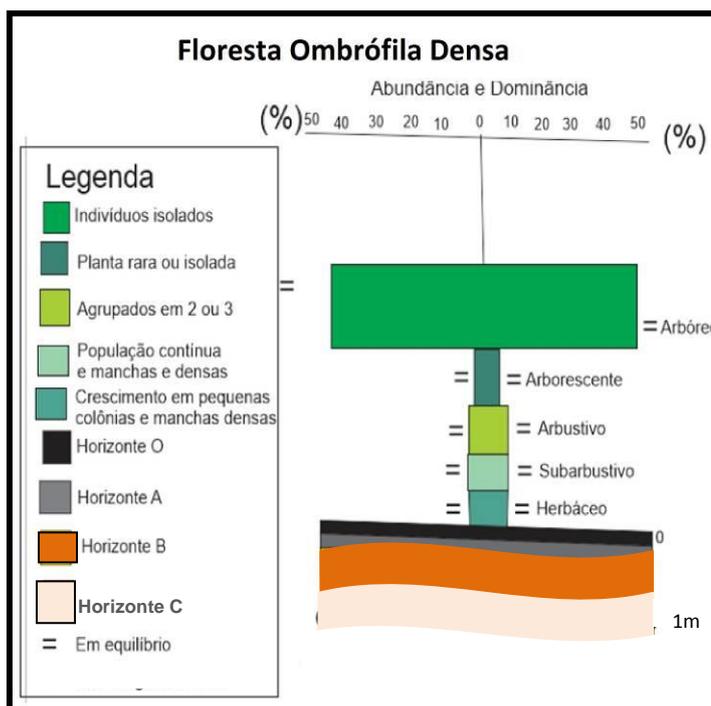
Em paralelo ao resultado de infiltração, observa-se que há compatibilidade nos resultados de resistência, com exceção ao p8. A infiltração

tende a ser regular em solos mais arenosos, enquanto solos mais argilosos possuem uma infiltração mais superficial, facilitando os processos de erosão.

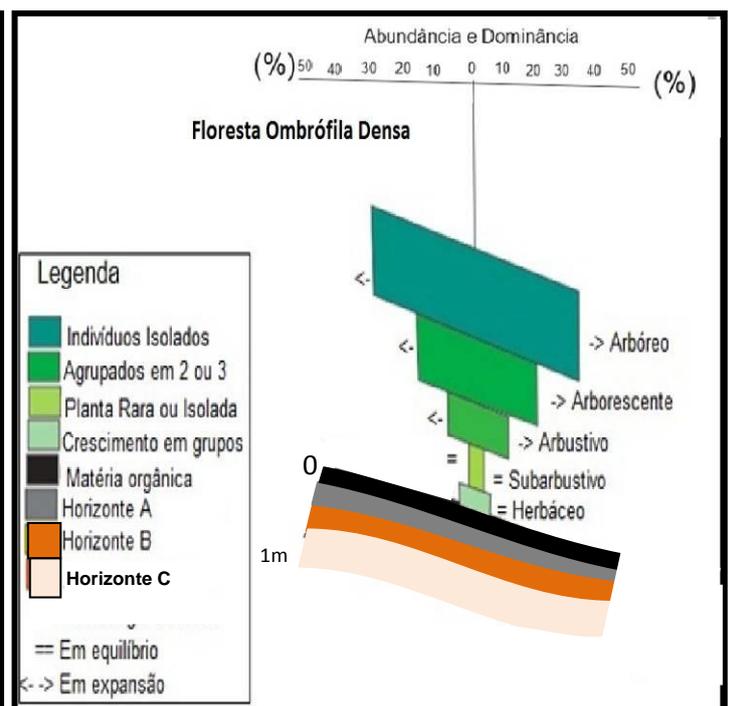
### - Pirâmide da Vegetação

Para a melhor descrição da vegetação, realizou-se uma análise estatística aplicada pelo método das parcelas e da pirâmide. Tal análise possibilitou identificar os estratos da vegetação (altura), sua sociabilidade com as outras vegetações e a abundância e dominância de cada estrato arbóreo. As figuras 30 a 36 representam os pontos de análise, possibilitando observar a variação de porte arbóreo dentre as áreas de coleta.

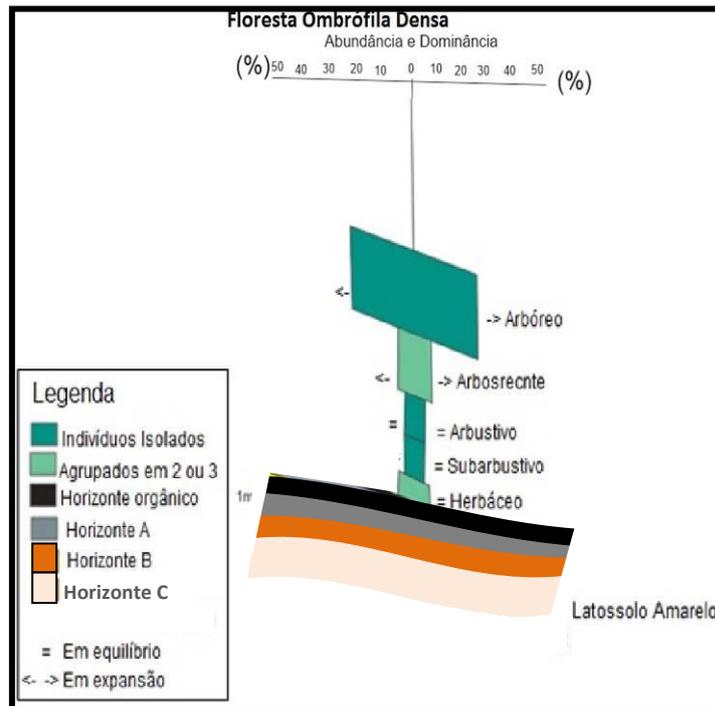
Na figura 30, 31 e 32, encontra-se a vegetação de floresta Ombrófila Densa, Km 58, Km 62 e Km 72 da AM 363. Observa-se que a vegetação dessas áreas possuem todos os estratos, indo do herbáceo ao arbóreo. A diferença encontra-se nos estratos; a figura 30, ponto 1, possui todos os estratos em equilíbrio enquanto na figura 31, p2, o equilíbrio encontra-se no estrato herbáceo até o subarbustivo, passando para vegetação em expansão do arbustivo até o arbóreo. Na figura 32, ponto 6, a vegetação em equilíbrio vai do estrato herbáceo até o arbustivo, ficando em expansão a partir do arborescente.



**Figura 30:** Floresta Ombrófila Densa, Km 58-AM 363, p1.  
**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

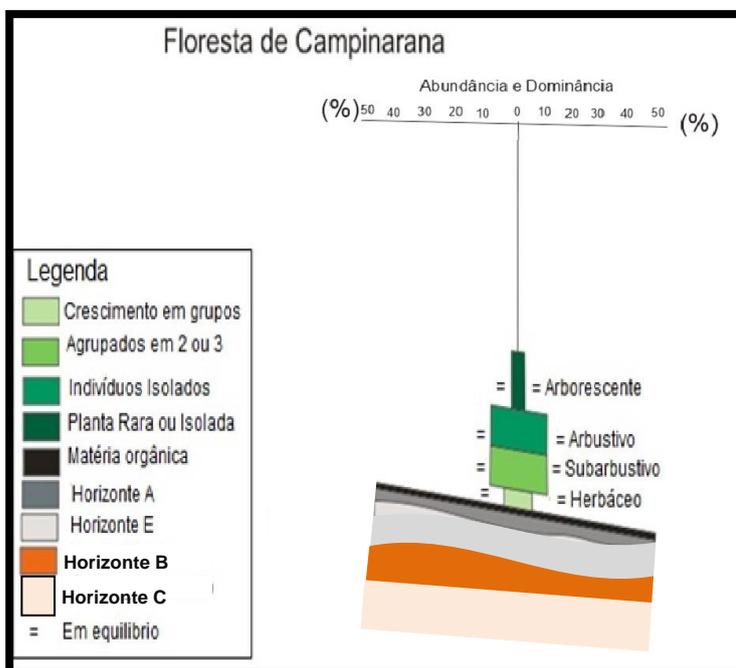


**Figura 31:** Floresta Ombrófila Densa, Km 62-AM 363, p2.  
**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

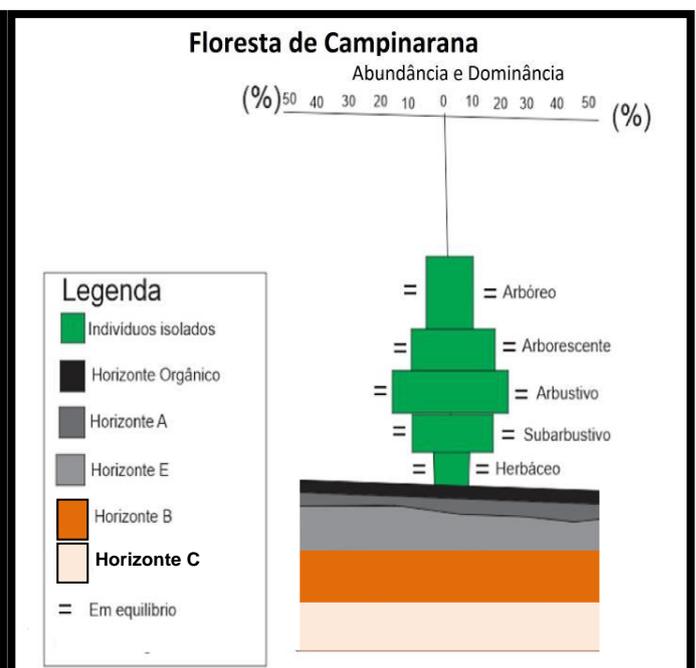


**Figura 32:** Floresta Ombrófila Densa, Km72-AM363, p6.  
**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

Os pontos de floresta Campinarana possuem estrato com pouca abundância e dominância. A figura 33, ponto 5, não possui o estrato arbóreo, enquanto o gráfico da figura 34, ponto 9, apresenta um estrato arbóreo com 10% de abundância da copa das árvores. As duas áreas com Campinarana apresentam estratos em equilíbrio, sem demonstrarem um crescimento progressivo.

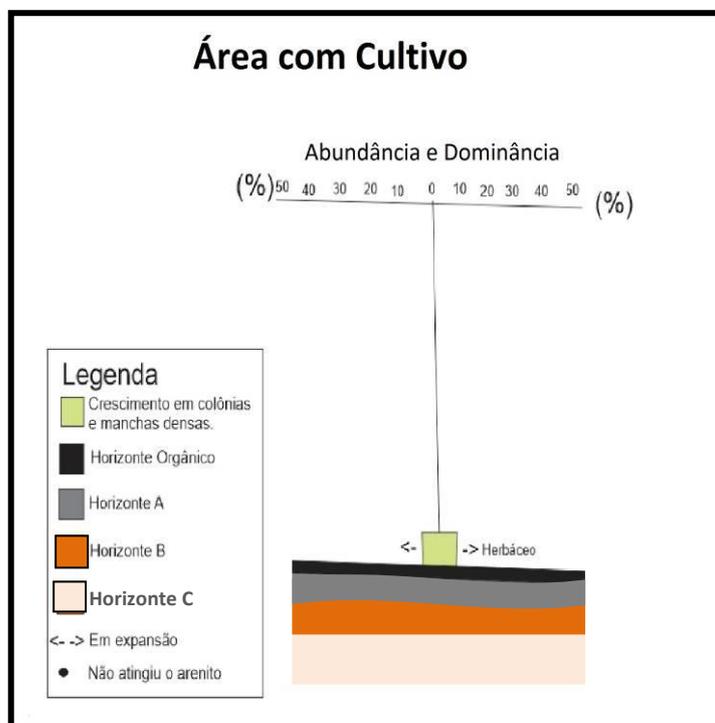


**Figura 33:** Floresta de Campinarana, Km 68-AM363, p5.  
**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.



**Figura 34:** Floresta de Campinarana, Km 82-AM363, p9.  
**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

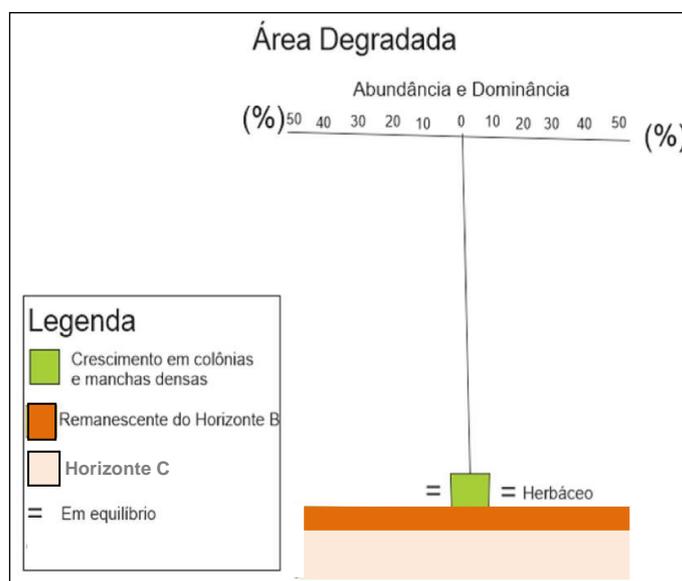
Na figura 35, a área de cultivo apresenta somente o estrato herbáceo em expansão, uma vez que a área foi modificada para a cultura de mandioca, não apresentando assim estratos maiores.



**Figura 35:** Área com cultivo, km 66-AM363, p4.

**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

O último gráfico, figura 36, representa todas as áreas degradadas analisadas na pesquisa (queimada e voçoroca). Nessas áreas identificou-se estrato herbáceo em equilíbrio, com abundância e dominância menor que 10%.



**Figura 36:** Área degradada. (km 66, Km 76, km 77-AM 363) Km 02, AM 330. P3, p7, p8 e p10.

**Fonte:** Antonio Vieira e Nádia Abreu, 2016.

Os solos de floresta Ombrófila Densa e de Campinarana possuem os horizontes do solo conforme o padrão para essas áreas, apresentando horizonte orgânico, A e B bem definidos. Na área com cultivo o perfil do solo também apresenta todos os horizontes, mesmo com a intervenção humana.

O gráfico das áreas degradadas não apresenta horizonte orgânico e A, sendo identificado como ponto inicial, o horizonte B.

Com a representação gráfica é possível observar que áreas de floresta Ombrófila Densa possuem áreas com maior estratificação (indo do herbáceo ao arbóreo); essas áreas de floresta possuem copas com uma extensiva abundância e dominância (densidade), e os indivíduos (árvores) crescem em pequenos grupos ou de forma isolada, possuindo um pequeno agrupamento no estrato herbáceo.

As áreas com campinarana, assim como a floresta Ombrófila Densa, predomina indivíduos com crescimento isolado, mas o porte arbóreo é menor em relação à floresta Densa. As copas das árvores não são densas, apresentando assim uma floresta “aberta”.

Na área com cultivo os estratos estão em deformidade quando comparados à áreas de floresta, apresentando, em seu ambiente, somente o estrato herbáceo, representado pelo cultivo do solo.

Nas áreas degradadas a vegetação é mínima, predominando resquícios de gramíneas, classificadas no estrato herbáceo; o solo, diferente das outras áreas, encontra-se descaracterizado, sem predomínio de horizonte orgânico e A, e em grande parte, esse solo está desprotegido de vegetação.

#### **- Aspectos Gerais das Unidades Ambientais**

Como verificado na figura 17, as unidades ambientais foram classificadas em duas ordens: Unidade ambiental do Latossolo Amarelo e Unidade Ambiental do Espodossolo. Essas duas classificações são as diferenças mais perceptíveis na área de estudo, pois a paisagem extensiva da floresta Ombrófila Densa é substituída em alguns quilômetros por uma

paisagem menos densa e com presença de um solo arenoso, que, segundo Ab' Saber (1993), representa uma área de enclave dentro da Amazônia, fazendo-nos questionar sua gênese.

Apesar de ter sido identificado duas áreas de enclave em meio à floresta Ombrófila Densa, teoriza-se a possibilidade de existir outras áreas de campinarana, uma vez que elas estão nas proximidades de cursos d'água mais claros e são uma ruptura na densidade da floresta Ombrófila.

No quadro abaixo (20) encontra-se as características básicas de cada unidade.

**Quadro 20**  
Características Principais das Unidades Ambientais

Unidade	Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Hidrologia	Clima	Vegetação	Uso Atual	Dinâmica
Latossolo	Formação Alter-do-Chão	Relevo dissecado	Latossolo Amarelo	Rios de águas escuras	Amw (tropical chuvoso)	Floresta Ombrófila Densa	Agricultura, Extrativismo Comercial Habitacional Voçorocas	Ambiente com parâmetros sustentável, médio e insustentável
Espodossolo	Formação Alter-do-Chão	Relevo plano	Espodossolo	Rios de águas claras	Amw (tropical chuvoso)	Floresta de Campinarana	Algumas habitações	Ambiente sustentável

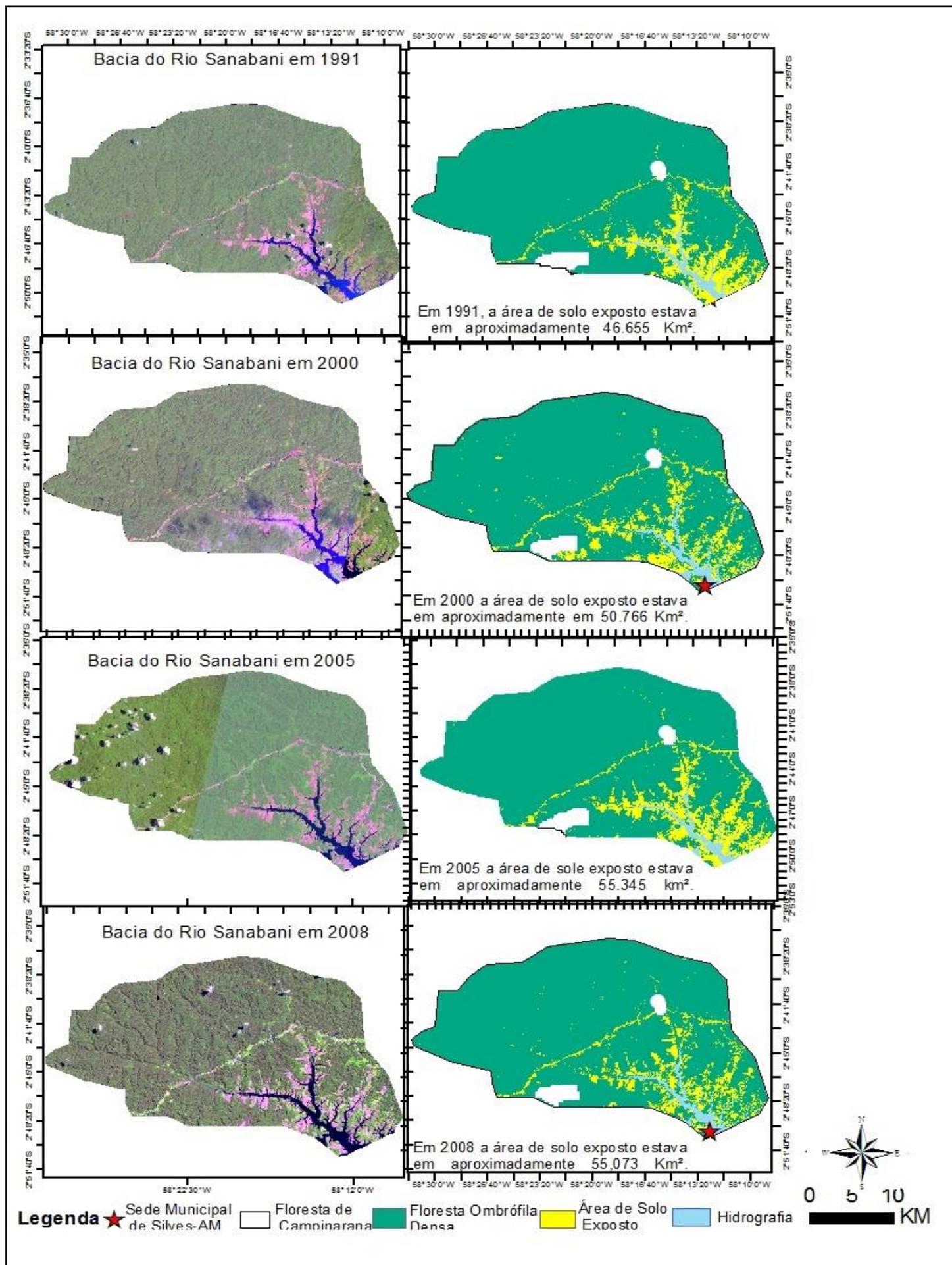
**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

## **4.2 Identificação das alterações antrópicas realizadas na paisagem natural da bacia hidrográfica do rio Sanabani**

A imagem a seguir (Figura 37) identifica a paisagem com uma análise temporal da vegetação, área de solo exposto e área com predominância de cursos d'água, dos anos de 1991, 2000, 2005 e 2008.

Com as imagens de diferentes anos, procurou-se identificar a variação da intervenção humana no meio natural a partir desses intervalos de tempo e as consequências das intervenções no meio natural.

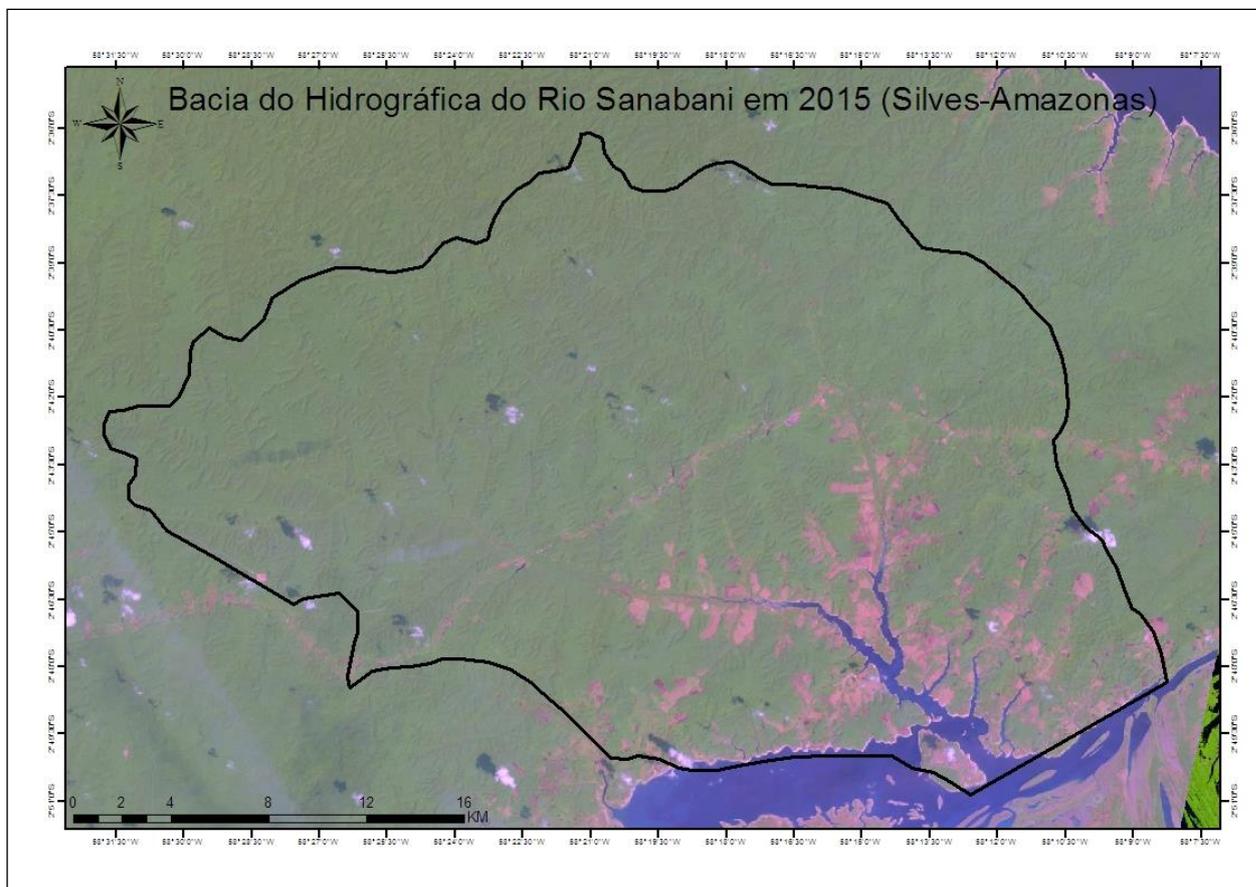
Observa-se que houve mudanças na paisagem, em especial na parte Sudeste da bacia Sanabani e nas proximidades do rio Sanabani. A floresta Ombrófila Densa, por ser a maior unidade na bacia, é a área que mais sofreu alterações antrópicas. Observa-se nas imagens que a vegetação, seguido do solo, foram os elementos que mais sofreram alterações, tais como: desmatamento e aceleração de processos erosivos.



**Figura 37:** Análise temporal da bacia hidrográfica do rio Sanabani.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Na figura a seguir (38) encontra-se a imagem do ano de 2015 da paisagem da bacia Sanabani.

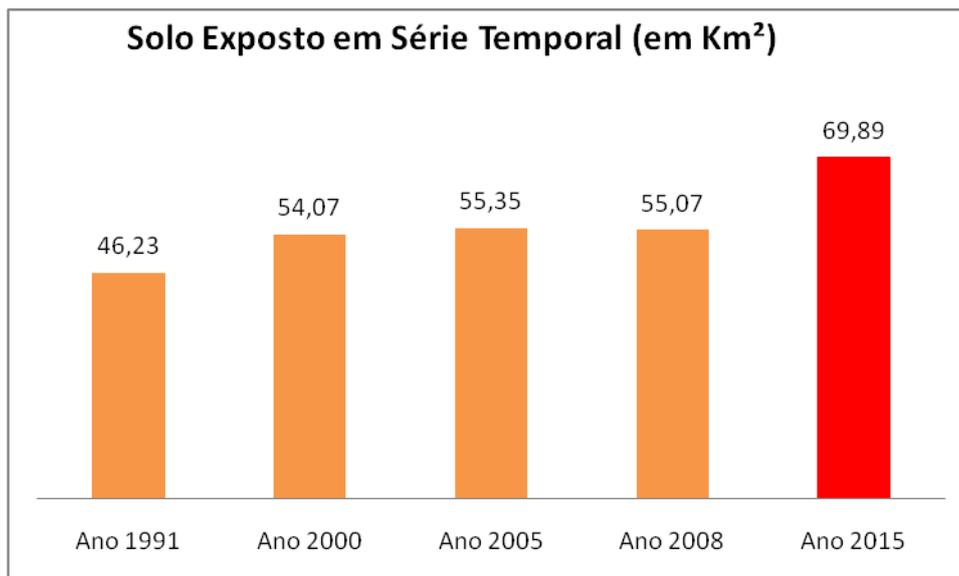


**Figura 38:** Paisagem da bacia hidrográfica do rio Sanabani em 2015.

**Organização:** Nádya Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Na imagem de 2015 observa-se que a área padrão de desmate manteve-se como estabelecido em 1991, havendo somente algumas pequenas alterações na parte Sudeste da bacia hidrográfica, em especial nas proximidades da estrada e do rio Sanabani.

Na figura abaixo (39) observa-se o total de área desmatada em cada ano (1991, 2000, 2005, 2008 e 2015), possibilitando observar as alterações temporais na bacia Sanabani de forma gráfica.



**Figura 39:** Área de solo exposto em uma análise temporal.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

No gráfico observa-se que houve alteração na paisagem da bacia hidrográfica Sanabani, mas com valores pouco expressivos quando comparado o tempo de análise (1991, 2000, 2005, 2008 e 2015) e a área da bacia (742, 363 km<sup>2</sup>). De 1991 a 2015, a área de solo exposto cresceu 23,66 km<sup>2</sup>, representando um aumento da área de solo exposto de 33,85% em 24 anos.

A exceção para o aumento do desmate está para o ano de 2008, no qual apresenta uma pequena redução, possivelmente ocasionada pela regeneração natural da vegetação e pelo processo de sazonalidade do rio sanabani.

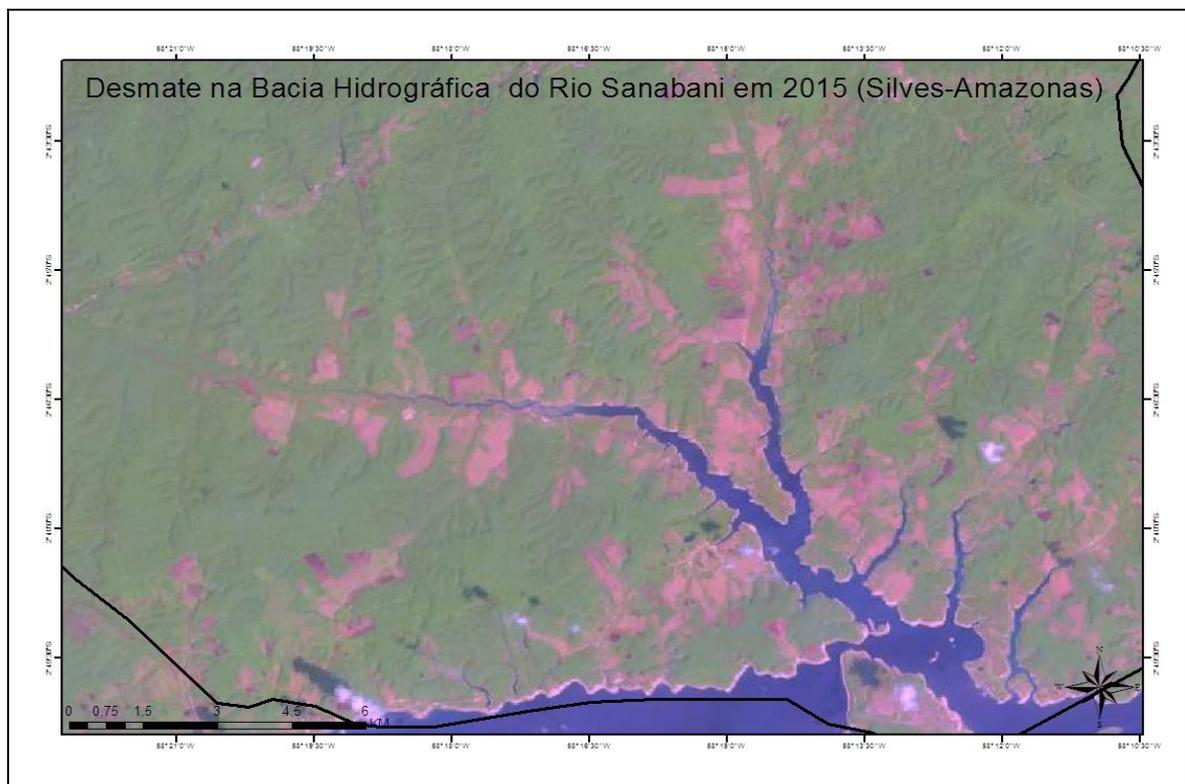
Considerando a área total da bacia (742, 363 km<sup>2</sup>), e comparando com a área de solo exposto (69, 89km<sup>2</sup>), observa-se que a área da bacia não possui elevados percentuais de desmatamento, sendo o total de solo exposto, aproximadamente, 9,41 %<sup>3</sup>, mas, apesar dos números não atingirem grandes percentuais, a bacia hidrográfica Sanabani necessita de um plano de desenvolvimento sustentável, tanto para melhorar a economia da população local, quanto para o equilíbrio ambiental.

A população necessita da infraestrutura das estradas, da exploração da terra para cultivo, da utilização da madeira, do uso do ambiente para a plantação de pastos para o gado, dentre outras necessidades básicas e

<sup>3</sup> - Em relação à bacia a área de solo exposto não parece significativa, mas, essa área corresponde aproximadamente a 13.978 campos de futebol.

fundamentais para a vida humana, mas é necessário um plano de incentivo à produção rural que ofereça satisfação econômica para os moradores e uma conscientização quanto ao uso dos recursos naturais.

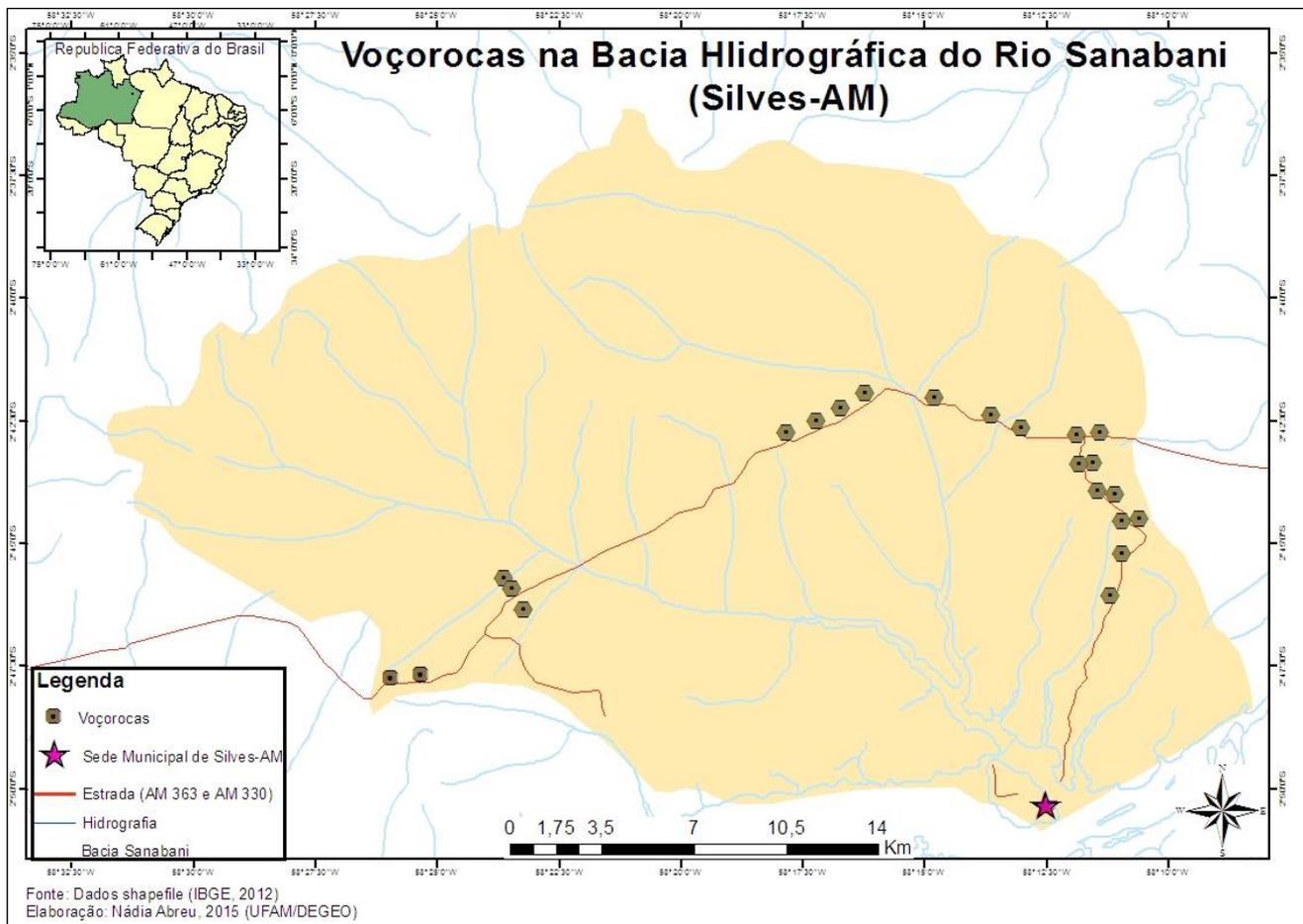
A bacia hidrográfica Sanabani, apesar de não estar em um total desequilíbrio ambiental, tem ocorrência de desmate nas proximidades do rio o que pela legislação vigente é proibido (**Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**), pois prejudica o equilíbrio existente entre vegetação-solo-água. Na imagem abaixo (Figura 40) o rio Sanabani (em azul) está com suas margens rodeadas por umas manchas cor de rosa, representando a área de solo exposto.



**Figura 40:** margem do rio sanabani com solo exposto.  
**Organização:** Nádya Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

A bacia hidrográfica necessita de uma intervenção em suas estradas (AM-330 e AM-363), pois existem voçorocas em toda extensão das estradas (Figura 41), das 22 voçorocas cadastradas nessas estradas em 2013 (ABREU,

2013; DIAS, 2013) todas as 22 encontram-se na bacia hidrográfica do rio Sanabani.



**Figura 41:** Voçorocas na bacia do rio Sanabani.

**Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016.

Segundo Vieira (2008) as voçorocas são incisões erosivas com mais de 1,5 metros de profundidade, parede vertical e vale em forma de U, fundo plano. No caso da bacia hidrográfica Sanabani, ocorrem em áreas de solo desprotegido e em ambientes com má drenagem e com canaletas instaladas de forma incorreta. Essas incisões modificam a paisagem, inutilizam o solo e causam risco à vida.

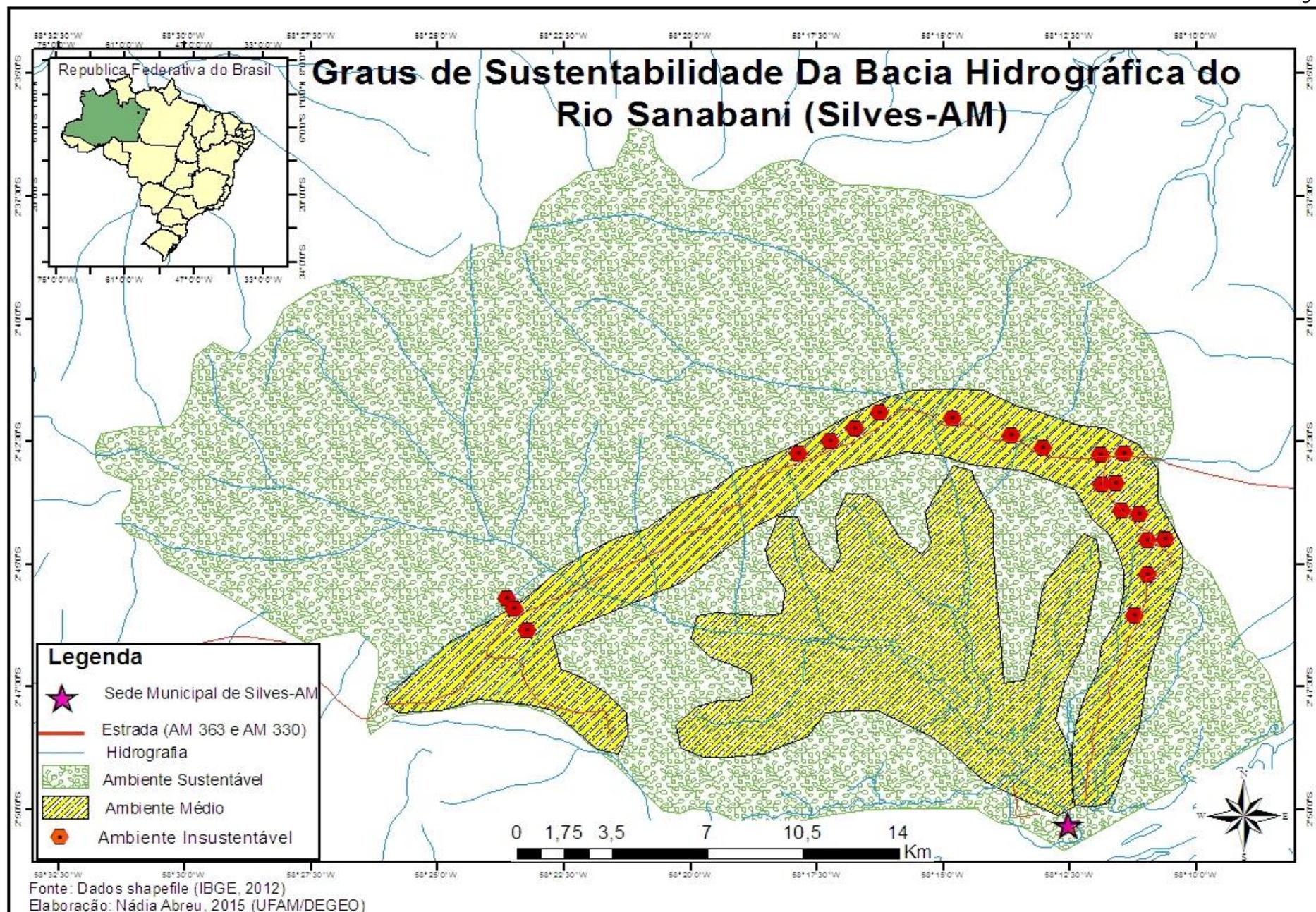
### 4.3 Mensuração do grau de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Sanabani

Os níveis de sustentabilidade da bacia, segundo os dados levantados e representados na carta-imagem da figura a seguir (42) estão em **ambiente sustentável**, demarcado com traçados verde, **ambiente médio**, em traçados amarelo e **ambiente insustentável**, em pontos vermelhos.

O **ambiente sustentável** encontra-se nas áreas providas de vegetação tanta de floresta Ombrófila Densa quanto de floresta de Campinarana. A maior parte da bacia, aproximadamente 80%, encontra-se em um nível sustentável de equilíbrio sociedade-natureza. Apesar de haver práticas agrícolas e pecuárias, essas ainda são para subsistência e em pequena escala.

O **ambiente médio** é uma área de transição que pode retornar ao ambiente sustentável, permanecer médio ou avançar para o ambiente insustentável. Nesse tipo de ambiente, a natureza encontra-se parcialmente degradada, com predominância de movimento de massa, solo desprotegido sem horizonte orgânico e com grande grau de dureza, ausência de vegetação de grande porte e modificação abrupta da paisagem, tornando-a menos natural para deixá-la mais antropizada.

O **ambiente insustentável** identificado na bacia hidrográfica Sanabani, não caracteriza uma grande área, e está distribuído ao longo das estradas AM-330 e AM-363. Esse ambiente foi classificado devido a existência de voçorocas. Acredita-se que áreas de solo desprotegidas que sofrem processos de voçorocamento, são áreas que atingiram um ponto insustentável para o solo. Essas áreas, além de apresentarem grandes irregularidades em sua paisagem, são susceptíveis ao risco de vida e a desenvolver um ambiente com características cada vez mais insustentáveis.



**Figura 42:** Mensuração dos graus de sustentabilidade na bacia Sanabani. **Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2016

Vale ressaltar que a existência de voçorocas nas proximidades das estradas torna-se preocupante devido o risco à vida e à perda material da estrada e do solo. O desmate nas proximidades do rio Sanabani (Figura 35) torna-se um fator que deve ser controlado, e a população deve ser incentivada à produção e movimentação econômica, mas de forma sustentável, respeitando as margens dos cursos d'água, o uso adequado do solo e o manejo adequado da vegetação.

Tanto a unidade ambiental do Latossolo Amarelo quanto de Campinarana sofrem com as intervenções em sua paisagem, mas as maiores modificações são na unidade ambiental do Latossolo Amarelo, devido este ser um solo de floresta Ombrófila Densa, que tem grande parte de seus recursos utilizados e também por ser mais propício a modificações, como o surgimento de voçorocas.

No ambiente sustentável, a paisagem é composta pelos elementos naturais em equilíbrio e por algumas ações humanas em nível de subsistência e algumas transformações no ambiente natural com a construção da estrada, tendo assim uma realidade quantitativa que pode ser representada pelo seguinte pressuposto:

$$\mathbf{EN+S=Pe}$$

onde:

**EN** - refere-se aos elementos naturais;

**S** - refere-se à sociedade;

**Pe** - refere-se à paisagem equilibrada

No pressuposto apresentado o ambiente sustentável e o ser humano encontram-se como integrante do Sistema-Terra, conforme relata a teoria de Bertrand (1971).

Com as intervenções no ambiente fora do equilíbrio natural, o sistema ambiental passa por modificações abruptas na configuração da paisagem. Na

bacia hidrográfica do rio Sanabani observa-se que essas mudanças atingem um nível médio de sustentabilidade, ocasionando alguns problemas sócio-ambientais, tais como: movimento de massa, solos compactados e sem os horizontes orgânicos e A, assoreamento de canais e desmate impróprios (próximo à margem dos cursos d'água) e um pequeno grau de insustentabilidade, representado pela existência de voçorocas.

A partir dessas mudanças os ambientes com sustentabilidade mediana e insustentável adquirem uma demonstração quantitativa diferenciada, com o fórmula obtendo a sociedade com intervenções além do que o sistema suporta, por isso o S do pressuposto aparece elevado ao quadrado ( $S^2$ ).

Seguindo esse princípio, apresenta-se:

$$EN+S^2=Pi$$

onde:

**EN** – refere-se aos elementos naturais;

**S<sup>2</sup>** - refere-se a intervenções da sociedade que modificam o sistema natural;

**Pi** – refere-se à paisagem instável

O segundo pressuposto, que caracteriza ambientes médios e insustentáveis apresenta o ser humano com uma visão diferenciada do primeiro pressuposto, pois enquanto no primeiro, o ser humano faz parte do Sistema-Terra, no segundo o ser humano atua como um agente externo, modificador da paisagem, assim como aborda a teoria de Sotchava (1977).

O primeiro pressuposto representa o modo como o ser humano atua na modificação da natureza em prol de intenções de cunho desenvolvimentista contemporâneo. Grande parte do sistema ambiental passou por esse tipo de transformação. A partir do momento em que o ser humano se distancia da natureza, deixando de ser um dos integrantes do sistema para ser um

modificador externo, cria-se novas paisagens que passam por um processo de instabilidade até que consiga restaurar ou equilibrar-se no sistema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Sanabani apresenta duas classes de solo (Latosolo Amarelo e Espodosolo). Cada classe de solo foi considerado uma unidade ambiental, pois apesar do solo ser diferenciado, a vegetação, os problemas ambientais e as formas de uso e ocupação de cada solo apresentaram diferenças.

O Latossolo Amarelo apresenta uma paisagem que é ocupada por grande parte da floresta Ombrófila Densa. Segundo dados de granulometria, esse tipo de solo apresenta grandes percentuais de argila, seguido do silte. Dados de análise química demonstrou baixos valores de macro e micronutrientes, com exceção para o Ferro (Fe), que apresentou índices considerados bom. O ph para esse solo foi classificado como excessivamente ácido, sendo um padrão comum para solos amazônicos. A agricultura é praticada nesse tipo de solo, mas devido ao seu baixo valor de nutrientes, observou-se a existência da prática de queimada do solo com a finalidade de torná-lo mais “eficiente”.

O Espodosolo é uma incógnita para a ciência, pois sua existência no meio da floresta fechada intriga sua origem, uma vez que é uma paisagem diferente da floresta Ombrófila Densa que se desenvolveu no mesmo ambiente climático. Os valores granulométricos evidenciaram grandes percentuais de areia e na análise química identificou-se um baixo percentual de macro e micronutrientes.

Com a identificação dos dois tipos de solo, classificou-se duas unidades ambientais, sendo a unidade ambiental do Latossolo Amarelo e do Espodosolo.

A unidade ambiental do Latossolo Amarelo possui um solo bastante argiloso, apresenta encostas com falhamentos geológicos, relevo colinoso com predominância de vegetação da Floresta Ombrófila Densa. Apresenta-se bastante dissecada por canais d'água de cores escuras e bastantes impactos ambientais, evidenciados por movimentos de massa, voçorocamentos e

assoreamento de canais. A partir da AM-330 possui algumas áreas de floresta Ombrófila alagada. É predominante na área e segue extensão contínua. O ambiente encontra-se em um equilíbrio sustentável a médio.

A unidade ambiental do Espodossolo, possui um solo muito arenoso, sem indícios de voçorocas nem movimento de massa. Há poucas ocupações nesse tipo de solo. Possui curso d'água claros e o relevo é mais plano. Sobre este solo, desenvolve-se a vegetação de Campinarana. Não possui um seguimento contínuo, acontece em locais isolados e de pouca extensão, não sendo predominante nesta bacia. Acredita-se que além dos pontos mapeados, essa classe de solo ocorra em outros pontos dentro da Bacia Sanabani, principalmente nas proximidades de cursos d'água mais claros e em outros pontos isolados dessa unidade ambiental. No entanto, devido à densidade da floresta Ombrófila, não foi possível identificar outras áreas de campinarana por imagens de satélite e nem em pesquisa de campo. O ambiente encontra-se em um equilíbrio sustentável.

Do ponto de vista da complexidade ambiental, a bacia hidrográfica Sanabani apresenta diversas variáveis que a torna um ambiente complexo quanto a caracterização, entre os elementos solo-vegetação-clima-hidrografia, existem particularidades que os tornam elementos com intensas pluralidades. Arelado a variabilidade natural, estão expostos a ações humanas que os modificam de acordo com objetivos particulares, criando e recriando paisagens em um curto espaço de tempo.

Em meio a complexidade ambiental da bacia, quantificou-se três níveis de sustentabilidade: Ambiente sustentável, ambiente médio e ambiente insustentável. Os ambientes sustentáveis foram representados pelo seguinte pressuposto: **EN+S=Pe**, enquanto os ambientes médio e insustentáveis, por: **EN+S<sup>2</sup>=Pi**. Tais pressupostos foram desenvolvidos na presente pesquisa, pois representam a visão geral da paisagem quanto aos processos que nela atua.

Ambientes com a forte atuação humana foi considerado com um nível de sustentabilidade entre **médio** e **insustentável**, tendo a representação baseada

em  $EN+S^2=Pi$ , pois, tais paisagens tiveram sua dinâmica natural influenciada pelo ser humano que atuou na natureza como um agente externo e, portanto, não integrante do ambiente natural, a insustentabilidade foi considerada quando a paisagem estava em uma característica bastante diferenciada do padrão para o ambiente no qual se encontrava. Na presente pesquisa, as voçorocas revelaram a o nível de insustentabilidade que o solo pode atingir ao ser modificado sem planejamento adequado.

Os ambientes sustentáveis foram representados pela fórmula **EN+S=Pe**, tais ambientes consideram o espaço geográfico a partir de uma paisagem em equilíbrio. O ser humano atua na natureza, modifica-a, mas como um agente interno, integrante do sistema ambiental, utiliza os recursos sem grandes espoliações, mantendo a sustentabilidade entre: **necessidade, uso, sustento e desenvolvimento em pequena escala.**

## REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A.N. **Amazônia Brasileira: um macro domínio**. Rio de Janeiro, Alumbramento, 1993.
- AB' SABER, A.N. **Geografia e Planejamento**. São Paulo, Revista de História, 1969.
- AB' SABER, A.N. **O Domínio Morfoclimático Amazônico**. São Paulo, leituras indispensáveis, 2000.
- ABREU, N.R.P.; BARBOSA, A.D.J.; MUNIZ, L.S; FROTA FILHO, A.B. Sustentabilidade: **Proposta Contemporânea de Desenvolvimento**, Manaus-am: EDUA, 2012.
- ABREU, N.R.R. **Caracterização Geoambiental da Paisagem das Rodovias AM 330 e AM 363, Silves - Itapiranga(AM)**. (Projeto de Iniciação Científica). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2013.
- AMORIN, R.R. **Um Novo Olhar na Geografia Para os Conceitos e Aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais**. Caminhos de Geografia Uberlândia v. 13, n. 41, 2012.
- ARAUJO, H. S. G; ALMEIDA, J. R. GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p 19-20.
- AYIBOTELE, N.B. **The World Water: assessing the resource**, 2012.
- BARROS, F. G. N; AMIM, M.M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 2007.
- BAUMGARTEN, M. **Conhecimento, Planificação e Sustentabilidade**.Rev: São Paulo em Perspectiva, 2002.
- BENJAMIM, C. **Diálogo sobre ecologia, ciência e política**.Rio de Janeiro, RJ. Editora Nova Fronteira, 1993.
- BERTALANFY, L V, 1901-1972. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**/Ludwig Von Bertalanfy; Tradução de Francisco M. Guimarães. – 8. Ed – Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.
- BERTRAND, G. **Pour Une étude géographique de la végétation**. R. G. P. S. TOULOUSE, 1966.
- BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27, 1971.
- BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global**. Esboço Metodológico. R. RA´E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BRASIL, **Departamento Nacional de Proteção Mineral, Projeto RADAMBRASIL**. Folha S.A-21 Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra, Rio de Janeiro, 1976.
- CARVALHO, Gisélia Lima. Região: **A evolução de uma categoria de análise da geografia**. In Boletim Goiano de Geografia, v 22, 2002.

CASSET, V. **Geomorfologia**. Livro digital. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php>. Acesso em **Setembro, 2012**.

CHISTOFOLLETI, A. **As teorias geomorfológicas**. In: Notícias Geomorfológicas, Campinas, 1973.

CHISTOFOLLETI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Capturas fluviais**. Enciclopédia Mirador Internacional. São Paulo, vol. 5, 1975.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em **19/01/2015**.

CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil**. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2006.

CPRM. **Mapa Geodiversidade do Amazonas**. Manaus: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2010.

D' ALBUQUERQUE, Albertina Costa Rego; MARINHO, Helyde Albuquerque. **Amazônia Brasileira**. Manaus-AM, Edua, 1999.

DETER. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/obt/deter/dados/2005/>, **2015**.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 2ª ed.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Belém-PA). **Avaliação da Aptidão Agrícola do Município de Silves – Estado do Amazonas**. Belém, 2003.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

ESCOBAR, Herton. **A maior floresta do mundo**. São Paulo: Grandes reportagens, 2007.

FEARSLIDE, P.M. Desmatamento **na Amazônia: dinâmica, impactos e controle**. Acta Amazonica. VOL. 36. 2006: 395 - 400

GAARDER, Jostein. **O mundo de Sofia - Romance da História da Filosofia**. Cia das Letras, São Paulo, 1991.

GOMES, Paulo César da Costa. **Geografia e modernidade**. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2000.

GONÇALVES, C.W.P. **Amazônia, Amazônias**. Contexto, 2001.

HACK, J.T. **Geomorphology of the Shenandoah Valley, Virginia and West Virginia, and Origim of Residual ore Deposits**; US Geological Survey Professional Paper, 1965.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico pedologia**, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, 2012.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Censo de 2010**. INMET. Instituti de Meterologia. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf). Acesso em: 19/01/2015.

INPE. **Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php> Acesso em: 19/01/2015.

INPE. **Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais**. Diponível em: <http://www.obt.inpe.br/obt/deter/dados/2005/>. Acesso em: 19/01/2015.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Cange**. <http://www.ipcc.ch/>. Acesso em 04 – 11 – 2012.

JENNY, H. **Factors of soil formation, a system of quantitative pedology**. McGrawHill: New York, 1941.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 341-364.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989.

MARENGO, J.A. **Água e mudanças climáticas**. Scielo. Estudos Avançados, 2008.

MARIOTTI, H. **As Paixões do Ego: Complexidade, Política e Solidariedade**. São Paulo, Editora Palas Athena, 2000.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia e Meio Ambiente**. São Paulo, SP. Editora, Contexto, 1993.

MORAIS, Regis de. **Educação, mídia e meio-ambiente**. Campinas, SP. Editora Alínea, 2004.

MORIN, Edgar; LE MOIGNE, Jean-Louis. **A Inteligência da Complexidade**. São Paulo: Petrópolis, 2000.

MORIN, E. **Ciência com Consciência**. Tradução de Maria D. Alexandre E Maria Alice Sampáio Dória. 14 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

NVI- Nova Tradução Internacional. Bíblia, Livro de Gêneses.

POSSAMAI, F. V. **A posição do ser humano no mundo e a crise ambiental contemporânea**. Unesco, 2010.

PRODES. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>, 2015.

REINERT, D. J; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

RODRIGUEZ, Ricardo Vélez. Aristóteles (384-324 a.C.) **E a Teoria da experiência como base para a gestão do conhecimento**. Centro de Pesquisa estratégias Paulino Soares de Sousa, Juiz de Fora, 2001.

ROSS, S. L. J. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

SALES, Vanda de Claudino. **“Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica”**. In: GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 16, 2004 p. 125 – 141.

SANTOS, Elizabeth da Conceição. **Geografia e educação ambiental: reflexões epistemológicas**. Manaus-AM. Editora: Universidade Federal do Amazonas –UFAM, 2009.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. 2. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SILVA, E.D. **Causas e Consequências da Ocorrência de Voçorocas nas Estradas AM-330 (Silves) e AM-363 (Itapiranga), Amazonas – Brasil.** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2013.

SIOLI, H. “**Das Wasser in Amazonasgebiet**”. Fosch. Fortschr. 26 (21/22), pp. 274-280, 1950.

SOARES FILHO, B. S. **Análise de Paisagem: Fragmentação e mudanças.** Belo Horizonte: Instituto de Geociências – UFMG, 1998.

SOTCHAVA, V.B. **O Estudo de Geossistemas.** São Paulo. Instituto de Geografia da USP, 1977.

SOTCHAVA, V.B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre.** Biogeografia. IG-USP. São Paulo, 1978

SUERTEGARAY, D. M.A. **Geografia Física (?) Geografia Ambiental (?) ou Geografia e Ambiente (?).** In: KOZEL, S. MENDONÇA, F. Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea, 2005.

TRICART, J. I.f. **Paisagem e Ecologia.** (Trad.).Figueiredo Monteiro. São Paulo: Departamento de Geografia, 1981.

VIEIRA, A. F. G. *etalet al.,...* **Estudo Biogeografico da Vegetação no Morro Boa Esperança – lote 02: município de São Gabriel da Cachoeira/AM,** 1999.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** Tese (Doutorado). Florianópolis: DPGG, UFSC, 2008.

VITTE, A.C e GUERRA, A.J.T. **Reflexões Sobre a Geografia Física No Brasil.** Bertrand – Brasil, 2004.