

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
E AMBIENTAIS – PPG-CIFA**

**JÚLIO FERREIRA FALCÃO**

**ATRIBUTOS E TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS  
ARENOSOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.**

**MANAUS - AM  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS –  
PPG-CIFA**

**JÚLIO FERREIRA FALCÃO**

**ATRIBUTOS E TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS  
ARENOSOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.**

**Orientador**

Professor Dr. Afrânio Ferreira Neves Junior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

**MANAUS - AM  
2019**

### Ficha Catalográfica

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

F185a Falcão, Julio Ferreira  
Atributos e teores naturais de metais pesados em solos arenosos na Amazônia Central / Julio Ferreira Falcão. 2019  
100 f.: 31 cm.

Orientador: Afrânio Ferreira Neves Júnior  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Contaminantes. 2. monitoramento ambiental. 3. teores naturais de metais pesados. 4. solos arenosos. 5. Amazônia Central. I. Neves Júnior, Afrânio Ferreira II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

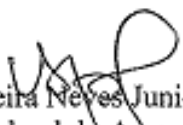
JULIO FERREIRA FALCÃO


ATRIBUTOS E TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS  
EM SOLOS ARENOSOS DA AMAZÔNIA CENTRAL

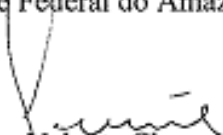
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração em Ciências Florestais e Ambientais.

Aprovada em 29 de Março de 2019

BANCA EXAMINADORA

  
Dr. Afrânio Ferreira Neves Junior - Presidente  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

  
Dr. Hedinardo Narciso Lima - Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

  
Dr. Edson Valente Chaves - Membro  
Instituto Federal do Amazonas - IFAM

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestais e Ambientais (PPG-CIFA) pela possibilidade de realização do mestrado;

Aos professores da Universidade Federal do Amazonas, pela contribuição a minha formação;

Ao meu orientador, Professor Dr. Afrânio Ferreira Neves Junior, pelos ensinamentos, conselhos e orientação nos trabalhos ao longo do curso;

Ao professor Dr. Hedinaldo Narciso Lima, pelos ensinamentos, pela participação no projeto e por aceitar participar como avaliador.

A professor Dr. Carlos Alberto Franco Tucci por aceitar participar como avaliador.

A professor Dr. Edson Valente Chaves por aceitar participar como avaliador.

A minha esposa Sandrezza Lima Coelho, pela revisão do texto da dissertação e ajuda para escrever os capítulos, pela dedicação, amor, carinho e atenção de sempre.

Ao professor Dr. Bruno Fernando Faria Pereira do Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos – DEAS/ FCA da UFAM pela ajuda durante as análises químicas e físicas.

Aos laboratoristas, Marcos Denilson de O. Monteiro e Vítor José Repolho Rabelo pelo apoio técnico durante os trabalhos em laboratório;

Ao técnico Parabolítico Pedro Marinho de Carvalho pela ajuda e companhia nos trabalhos campo.

Aos funcionários do Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN – CPRM/MANAUS pela ajuda na determinação dos teores de metais pesados nos solos arenosos;

Ao professor Renato Epifanio de Souza ajuda e companhia nos trabalhos em laboratório.

Aos discentes da UFAM Herique, Marcus e Manuela, pela amizade, ajuda e companhia nos trabalhos campo e em laboratório;

A todas as outras pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito obrigado!**

## RESUMO

O crescimento das áreas urbanas, industrial e populacional da Região Metropolitana de Manaus tem aumentado os teores de metais pesados nos solos e impactado a qualidade desse recurso. Os órgãos de monitoramento ambiental necessitam de indicadores de referência para avaliação continuada dos impactos ambientais, os valores orientadores de referência (VQR) são indicadores de qualidade de solos, obtidos a partir dos teores naturais de metais pesados presentes nas diversas classes de solos de uma região. O primeiro capítulo teve como objetivo realizar a descrição morfológica e a classificação de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus. Foram abertos oito (08) perfis de solo para caracterização dos atributos morfológicos, físicos, químicos e para a classificação dos solos. Os solos foram classificados como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico e Neossolo Litólico Distrópico típico. O segundo capítulo teve como objetivo determinar os teores naturais e VQR's de dezenove (19) elementos químicos em solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus. Para isso, foram determinados os teores semi-totais por ataque ácido, com digestão em forno micro-ondas, conforme o método EPA 3051A da Environmental Protection Agency (USEPA) e os teores por espectrofotometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP- OES). Os teores dos metais pesados encontrados nos solos estudados seguiram a ordem decrescente: Al > Fe > Zn > Cr > Ni > Mn > Mo > Ba > Pb > Hg. Os teores totais extraídos nos solos arenosos são relativamente baixos e inferiores aos reportados para VQR's, Valores de Prevenção (VP) e Valores de investigação (VI) de solos do Estado do Amazonas, CONAMA e outras regiões brasileiras.

Palavras-chave: Contaminantes, monitoramento ambiental, teores naturais de metais pesados em solos arenosos.

## ABSTRACT

The growth of the urban, industrial and population areas of the Metropolitan Region of Manaus has increased the levels of heavy metals in the soils and impacted the quality of this resource. The environmental monitoring bodies need reference indicators for the continuous evaluation of environmental impacts, the reference values (VQR) are indicators of soil quality, obtained from the natural heavy metal contents present in the different soil classes of a region. The first chapter aimed to perform the morphological description and the classification of sandy soils in the Metropolitan Region of Manaus. Eight (8) soil profiles were used to characterize the morphological, physical, chemical and soil classification attributes. The soils were classified as typical Quartzarenic Orbital Neosol, Arsenic Quartzalic Neosol, Typical Quartzic Hydromorphic Neosol and Typical Distrópico Neosol. The second chapter aimed to determine the natural and VQR's of twenty (20) chemical elements in sandy soils of the Metropolitan Region of Manaus. For this, the total contents by acid attack, with digestion in microwave oven, were determined according to EPA 3051A of the Environmental Protection Agency (USEPA) and the contents by spectrophotometry of optical emission with induced plasma (ICP-OES). The contents of the heavy metals found in the studied soils followed the descending order: Al > Fe > Zn > Cr > Ni > Mn > Mo > Ba > Pb > Hg. The total contents extracted in sandy soils are relatively low and inferior to those reported for VQR's, Values of Prevention (PV) and Investigation Values (VI) of soils of the State of Amazonas, CONAMA and other Brazilian regions.

Keywords: Contaminants, environmental monitoring, natural levels of heavy metals in soils.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Área de Estudo dos seis municípios da Região Metropolitana de Manaus, AM. ....	27
Figura 2. Organograma dos critérios para indicações de áreas de coleta dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.....	30
Figura 3. Distribuição da resistência do solo a penetração (RP) de dez (10) solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM. ....	44
Figura 4 - Mapa de localização da Área de Estudo dos seis municípios da Região Metropolitana de Manaus, AM. ....	58
Figura 5 - Organograma dos critérios para indicações de áreas de coleta dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.....	61
Figura 6. Histogramas de frequência absoluta dos metais pesados em dez (10) solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, com base nos teores extraídos por digestão ácida. ....	72
Figura 7. Diagrama do tipo <i>box plot</i> com a identificação de amostras consideradas <i>outliers</i> para os metais pesados. ....	74
Figura 8. Diagrama do tipo <i>box plot</i> após a remoção dos valores considerados <i>outliers</i> dos metais pesados e sua descrição estatística básica. ....	75



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de Valores orientadores para solos no Brasil.....	19
Tabela 2. Valores de Referência de Qualidade propostos para sete Estados do Brasil.....	19
Tabela 3. Características geológicas e localização das áreas selecionadas para coleta de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	31
Tabela 4. Características gerais das áreas de abertura dos perfis de solo dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.....	37
Tabela 5 Composição florística de dez áreas com solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	38
Tabela 6. Atributos morfológicas de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	39
Tabela 7. Teor de Materia orgânica em dez (10) solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	40
Tabela 8. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	42
Tabela 9. Correlação de pearson entre os atributos físicos do solo de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	43
Tabela 10. Classificação e granulometria de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	44
Tabela 11. Valores da análise química dos perfis P06, P03 e P10 horizonte A.....	46
Tabela 12. Características e localização das áreas selecionadas para coleta de solos.....	62
Tabela 13. Descrição e profundidade de coleta das amostras de solo.....	63
Tabela 14. Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos de dez (10) solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, AM.....	69
Tabela 15. Estatística descritiva dos teores naturais dos metais pesados Al, Fe, Zn, Mn, Cr, Ni, Ba, Mo, Pb e Hg.....	70
Tabela 16. Teores naturais de metais pesados extraídos em digestão ácida de 20 amostras de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.....	71
Tabela 17. Valores de referência de qualidade para metais pesados nos solos arenosos da área de estudo e parâmetros utilizados para a avaliação de qualidade de solos no Estado do Amazonas e no Brasil.....	76

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>12</b>
<b>1. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
1.1 METAIS PESADOS E QUALIDADE DO SOLO .....	14
1.2 FUNÇÕES DO SOLO NA AMAZÔNIA .....	15
1.3 METAIS PESADOS NO SOLO.....	16
1.4 METAIS PESADOS E SUA RELAÇÃO COM PROPRIEDADES QUÍMICAS.....	16
1.4 VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE DO SOLO .....	17
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>24</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ARENOSOS DENTRO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS - RMM.</b> .....	<b>24</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>26</b>
GERAL: .....	26
ESPECÍFICOS: .....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.2 PLANEJAMENTO DAS CAMPANHAS DE CAMPO .....	29
3.3 ABERTURA DO PERFIL DE SOLOS .....	31
3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA.....	32
3.5 COLETA DE DADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA FLORESTAL.....	33
3.6 METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PELO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SIBCS) .....	34
3.7 COLETA DE AMOSTRA PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA .....	34
3.8 COLETA DE AMOSTRA PARA ANÁLISE QUÍMICA.....	34
3.9 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES FÍSICA E QUÍMICAS. ....	34
3.10 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS PERFIS DE SOLO .....	35
3.10.1 ANÁLISES FÍSICAS .....	35
3.10.2 ANÁLISES QUÍMICAS .....	35
3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ÁREAS DE ABERTURA DOS PERFIS DE SOLO .....	37
4.2 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS .....	38
4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS .....	41
4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS .....	42
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>49</b>

<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>53</b>
<b>TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS ARENOSOS DENTRO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS - RMM.</b> .....	<b>53</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>57</b>
GERAL: .....	57
ESPECÍFICOS: .....	57
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>58</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	58
3.2 PLANEJAMENTO DAS CAMPANHAS DE CAMPO .....	58
3.3 COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS .....	62
3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO. ....	63
3.5 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE. ....	64
3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA.....	64
3.7 PROCEDIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE METAIS PESADOS.....	65
3.7.1 PROCEDIMENTO REALIZADO PARA O PREPARO DAS AMOSTRAS:.....	65
3.7.2 PROCEDIMENTO DE DIGESTÃO ÁCIDA DAS AMOSTRAS: .....	65
3.7.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE METAIS PESADOS .....	65
3.8 CONTROLE DE QUALIDADE DAS ANÁLISES. ....	66
3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	66
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>68</b>
4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS .....	68
4.2 TEORES NATURAIS DOS METAIS NOS SOLOS .....	70
4.3 VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE DE SOLOS PARA METAIS .....	73
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>78</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>93</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O desafio das cidades na Amazônia brasileira é manter o desenvolvimento urbano e industrial sustentável em conjunto com qualidade ambiental, sendo esse aspecto visível na Região Metropolitana de Manaus (RMM).

A Região Metropolitana de Manaus (RMM) é peculiar por estar localizada em ambiente de floresta, por sua dimensão territorial abrangendo significativa parte do estado do Amazonas (LIMA, 2010). Diante do crescimento das áreas urbanas e industriais, com a ocupação inadequada e o desenvolvimento de usos incompatíveis com a capacidade de suporte do solo, ocorre a possibilidade do aumento no nível de acumulação de elementos químicos, como metais pesados, nocivos ao meio ambiente no solo.

Na RMM os solos arenosos são fortemente afetados por exploração para uso dos recursos minerais. Esses solos apresentam um conjunto de fisionomias florestais sobre areia branca que são ecologicamente únicos em função das adaptações às condições de pobreza nutricional do solo, à sazonalidade do regime hídrico, e da diversidade de ambientes, também representa um dos ecossistemas amazônicos mais frágeis e vulneráveis a atividades antrópicas (SILVEIRA, 2003).

Por possuírem características peculiares esses solos arenosos apresentam grande fragilidade em relação a modificações ambientais antrópicas, dificultando a continuação na manutenção das funções básicas do solo, quando alterado.

Entre os poluentes destacam-se os elementos químicos inorgânicos conhecidos como metais pesados, que detém elevado nível de reatividade a bioacumulação. Dependendo da quantidade acumulada no solo passam a ser tóxicos ocasionando sérios riscos ao meio ambiente e à saúde humana. O acúmulo desses elementos químicos potencialmente prejudiciais à saúde das populações e ao meio ambiente podem se tornar áreas inadequadas utilizações futuras.

Mesmo havendo a ocorrência natural desses elementos químicos nos solos suas quantidades são consideradas ínfimas, no entanto o real teor desses elementos químicos ainda é desconhecido na maioria dos solos da região norte do Brasil.

Conhecer os teores destes metais presentes no solo é de extrema importância na definição dos valores orientadores e é indispensável para a construção/elaboração de uma legislação voltada ao monitoramento e à intervenção legal compatível com a realidade local, de forma a se evitarem intervenções inadequadas que acabem em prejuízos financeiros e sociais (BAIZE; STERCKEMAN, 2001; HORCKMANS et al., 2005; BIONDI et al., 2011).

Apesar da grande importância do conhecimento da presença e dos teores naturais de metais pesados nos solos, há escassez de trabalhos sobre o assunto no Estado do Amazonas. Este trabalho pretende determinar os valores naturais para os elementos inorgânicos Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Prata (Ag), Bário (Ba), Boro (B), Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Selênio (Se), Vanádio (V) e Zinco (Zn) em solos de textura arenosa no entorno da BR-174, AM-010 e AM-363 na Região Metropolitana de Manaus.

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 METAIS PESADOS E QUALIDADE DO SOLO

O termo “metal pesado” (heavy metal) usado por décadas no meio acadêmico, ainda não possui uma definição clara, objetiva e regulamentada pelo órgão de maior competência em química, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Este termo apresenta várias definições na literatura, gerando assim uma confusão sobre sua definição. Segundo Duffus (2002), existem pelos menos seis definições em uso sobre metais pesados, a saber; baseada na densidade do elemento ou nos grupos de elementos químicos em questão; no peso atômico; no número atômico; baseada em outras propriedades químicas; na toxicidade do elemento e por último em definições não químicas usadas antes de 1936.

Para o presente estudo, o termo metal pesado será definido quanto às propriedades químicas e não químicas e toxicidade, desta forma abrangendo os seguintes elementos químicos: Ba, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, B, Al, Pb, As, Sb, e Se (DUFFUS, 2002).

Além da ocorrência natural de metais pesados nos solos, outras fontes de origem antrópica podem contribuir para a contaminação e acúmulo destas espécies químicas no sistema, dentre elas as práticas relacionadas à expansão de áreas industriais, rejeitos de mineração, depósitos de lixo com grandes quantidades de metais pesados, chumbo na gasolina e tintas metálicas, aplicação de fertilizantes e resíduos orgânicos, lodo de esgoto, pesticidas, irrigação com águas residuais, resíduos de combustão de carvão e derrame de petroquímicos (WUANA; OKIEIMEN, 2011; NAGAJYOTI et al., 2010; ZHANG et al., 2002; TAVARES; CARVALHO, 1992).

A toxicidade dos metais está basicamente relacionada à dose ou ao tempo/via de exposição, à forma física e química do elemento, bem como à via de administração/absorção (TAVARES; CARVALHO, 1992). Além disso, a contaminação por tais elementos no solo pode representar riscos e perigos para os seres humanos e ao ecossistema através de ingestão direta ou contato com solo contaminado, pela cadeia alimentar (solo-planta-humano ou solo-planta-animal-humano), uso de água subterrânea contaminada e redução da qualidade dos alimentos por fitotoxicidade (WUANA; OKIEIMEN, 2011).

Os efeitos dos metais pesados sobre os seres humanos são vários, causando danos sobre os sistemas circulatório, enzimático, nervoso, endócrino e imunológico, além de problemas

relacionados ao câncer de pele e pulmão, fraturas ósseas, disfunção renal, hipertensão e outros riscos à saúde humana (LI et al., 2014). Em plantas, a toxicidade por metais pesados causa sérios problemas no metabolismo dos vegetais, desde o processo germinativo até a emissão dos frutos ou sementes. Os principais problemas estão relacionados com alterações no metabolismo celular e enzimático, na fotossíntese, e nos processos de transporte de açúcares (NAGAJYOTI et al., 2010).

Para a adequada proteção e restauração dos solos contaminados por metais pesados, faz-se necessária a sua caracterização e remediação. Uma forma de procurar caracterizar os solos quanto às possíveis contaminações por tais elementos é conhecer os teores de ocorrência natural destes elementos químicos ou background geoquímico (CHEN; MA; HARRIS, 1999; ZANG et al., 2002; REIMANN; GARRETT, 2005; WUANA E OKIEIMEN, 2011). Os teores naturais de metais pesados ou background geoquímico representam a concentração natural destes elementos no solo sem a influência humana (CHEN; MA; HARRIS, 1999).

## 1.2 FUNÇÕES DO SOLO NA AMAZÔNIA

A legislação brasileira enfatiza que o solo desempenha as principais funções de:

Servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; manter o ciclo da água e dos nutrientes; servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo; agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; proteger as águas superficiais e subterrâneas; servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural; constituir fonte de recursos minerais; e servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos (CONAMA, 2009).

Coelho et al. (2002) descreve cinco papéis básicos ou funções no ambiente do solo: (1) sustentação do crescimento das plantas, principalmente fornecendo suporte mecânico, água e nutrientes para as raízes que posteriormente distribuem para a planta inteira e são essenciais para sua existência; (2) papel de filtro natural para manutenção e qualidade da água no solo e nos reservatórios naturais, assim como suas propriedades de adsorção da água na superfície da terra, essencial para a sobrevivência; (3) papel na reciclagem de nutrientes, realiza a absolvição dos resíduos de animais e plantas, reincorporando e convertendo em matéria orgânica ou húmus no solo, disponibilizando seus nutrientes novamente dentro do ambiente; (4) papel de habitat, podendo conter bilhões de organismos vivos e mortos em 1 m<sup>2</sup>; (5) serve como meio básico

para a ocupação territorial, fornecendo materiais básicos para construção e de base para as fundações de todas as obras de engenharia. Os solos da Amazônia realizam todas as funções ambientais descritas pelos autores (CONAMA, 2009; COELHO et al, 2002;), mas por possuírem características peculiares, apresentam grande fragilidade em relação a modificações ambientais antrópicas, dificultando a continuação na manutenção das funções básicas do solo, quando alterado. Os diversos meios utilizados para realizar a mudança do uso solo entre vegetação nativa e áreas consolidadas com atividades agrícolas, industriais e urbanas modificam massivamente as propriedades físicas e químicas do solo acarretando em danos ao meio ambiente.

Áreas perturbadas ou degradadas com modificações das características dos solos amazônicos apresentam cenários complexos para sua restauração ou reabilitação. Assim solos com acúmulo de elementos químicos potencialmente prejudiciais à saúde das populações e ao meio ambiente podem se tornar áreas inadequadas para a utilização futuras.

### **1.3 METAIS PESADOS NO SOLO**

Os metais pesados geralmente ocorrem nos solos em baixas concentrações e a sua ocorrência natural está associada aos processos de formação do solo (FADIGAS et al., 2002; ALLOWAY, 2013). A concentração natural de tais elementos no solo depende primeiramente do material de origem e, à medida que ocorre evolução pedogenética, o material de origem diminui sua influência e passa a ser ditada pelos processos pedogenéticos de formação do solo (CHEN et al., 1999; ZHANG et al., 2002; ALLOWAY, 2013). Entretanto, quando suas concentrações são elevadas, causam danos ao ambiente (CHAVES, 2008).

Segundo Biondi (2010) embora os metais pesados possuam grande toxicidade, alguns desses elementos possuem funções determinadas nas plantas (Ni, Cu, Fe, Mn, Zn) e animais (Ni, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr). O comportamento dos metais pesados no sistema depende de reações complexas entre as diferentes fases do solo (KABATA-PENDIAS, 1993). A contaminação do solo e das águas por metais pesados pode alterar os componentes funcionais dos ecossistemas, pelo aporte de materiais deletérios à saúde humana e animal (KABATA-PENDIAS et al, 2007).

### **1.4 METAIS PESADOS E SUA RELAÇÃO COM PROPRIEDADES QUÍMICAS**

O solo desempenha um papel importante no ciclo dos elementos químicos, funcionando também como amortecedor, filtro, acumulador e sistema transformador, suportando a inter-



relação entre os ambientes biótico e abiótico. Nesse cenário, o comportamento dos metais pesados no sistema depende de reações complexas entre as diferentes fases do solo (KABATA-PENDIAS, 1993).

As propriedades físico-químicas do solo são determinantes para as reações de interação (adsorção) entre metais e o solo, sendo tais reações influenciadas pela quantidade de argila, matéria orgânica, pH, umidade e temperatura do solo, além das próprias propriedades físico-químicas dos metais (DUBBE et al., 2001).

#### **1.4 VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE DO SOLO**

Vários países já possuem políticas públicas voltadas para a proteção dos solos e entre elas está a determinação do background geoquímico para metais pesados (BRUS; LAME; NIEUWENHUIS, 2009; SU; YANG, 2008; MARTÍNEZ-LLADÓ et al., 2008; ZHAO; MCGRATH; MERRINGTON, 2007; MARTÍNEZ et al., 2007; HORCKMANS et al., 2005; CHEN et al., 1991, 1999; MA; TAN; HARRIS, 1997; GOUGH; SEVERSON; JACKSON, 1994; LOGAN; MILLER, 1983). A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista de valores orientadores que incluem os Valores de Referência de Qualidade (VRQ), Valores de Prevenção (VP) e Valores de Investigação (VI) (ABRAHÃO; MARQUES, 2013).

No Brasil, a determinação do background geoquímico veio por meio do estabelecimento dos Valores de Referência de Qualidade do Solo (VRQ's), sendo este definido pela resolução no 420/2009 do CONAMA (CONAMA, 2009) (Tabela 01) , além disso, vários trabalhos já foram publicados sobre o assunto visando ao fortalecimento das políticas de proteção dos solos brasileiros (CETESB, 2001; FADIGAS et al., 2002, 2006; PAYE et al, 2010, CAIRES, 2009; BIONDI, 2010; BIRANI, 2010; SANTOS; ALEONI, 2012; COSTA, 2013, MOREIRA, 2016) (Tabela 02)

Os VRQ's são estabelecidos levando em consideração as concentrações de substâncias químicas, potencialmente tóxicas, em solos e sedimentos, com base em análises de amostras coletadas e submetidas a ensaios laboratoriais para quantificar a presença dos elementos de interesse (ABRAHÃO et al, 2013). Esses valores servem de referência no trato da questão de monitoramento da qualidade de solos, águas subterrâneas e no controle de áreas contaminadas.

De acordo com a resolução 420/2009 do CONAMA os valores orientadores para solos se dividem em Valores de Referência de Qualidade (VRQ), Valores de Prevenção (VP) e Valores de Investigação (VI) (CONAMA, 2009)

O Valor de Referência de Qualidade (VRQ) indica o limite de qualidade para um solo considerado limpo, a ser utilizado em ações de prevenção da poluição do solo, das águas subterrâneas e no controle de áreas contaminadas, permitindo o seu gerenciamento. O valor é estabelecido com base em análises físico-químicas dos diversos tipos de solos e tem a função de prover orientação quantitativa no processo de avaliação de áreas suspeitas de contaminação e também para a tomada de decisão sobre as ações emergenciais, com vistas à proteção da saúde humana e do meio ambiente. O CONAMA (2009) sugere o valor do VRQ com base no percentil 75 ou percentil 90 do universo amostral, retiradas previamente as anomalias.

O Valor de Prevenção (VP) é a concentração de determinada substância no solo, acima da qual podem ocorrer alterações em sua qualidade, quanto às suas funções principais. Este valor, também, permite avaliar a introdução de substâncias químicas no solo (CONAMA, 2009).

O Valor de Investigação (VI) é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana e ao meio ambiente, considerando um cenário de exposição padronizado e são, também, utilizados para desencadear e definir ações de investigação e controle, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

A resolução 420/2009 do CONAMA (CONAMA, 2009), descreve que os teores de metais pesados para a determinação dos VRQ's devem ser menores que os valores de prevenção (VP), pois os valores de prevenção foram definidos como o teor limite de determinada substância no solo, tal que ela seja capaz de sustentar as suas funções principais. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Lista de Valores orientadores para solos no Brasil.

Substância	Referência de qualidade	Solo (mg kg <sup>-1</sup> de peso seco) <sup>(1)</sup>			
		Prevenção	Agrícola ApMax	Investigação Residencial	Industrial
Inorgânicos					
Alumínio	E	-	-	-	-
Antimônio	E	2	5	10	25
Arsênio	E	15	35	55	150
Bário	E	150	300	500	750
Boro	E	-	-	-	-
Cádmio	E	1,3	3	8	20
Chumbo	E	72	180	300	900
Cobalto	E	25	35	65	90
Cobre	E	60	200	400	600
Cromo	E	75	150	300	400
Ferro	E	-	-	-	-
Manganês	E	-	-	-	-
Mercúrio	E	0.5	12	36	70
Molibdênio	E	30	50	100	120
Níquel	E	30	70	100	130
Prata	E	2	25	50	100
Selênio	E	5	-	-	-
Vanádio	E	-	-	-	1000
Zinco	E	300	450	1000	2000

Onde: <sup>(1)</sup> - Para comparação com valores orientadores utilizar as recomendações dos métodos 3050b (exceto para o elemento mercúrio) ou 3051 da USEPA-SW-846 ou procedimento equivalente, para digestão ácida de amostras de solos na determinação das substâncias inorgânicas por técnicas espectrométricas; E - a ser definido pelo Estado.

**Fonte:** Adaptado resolução COMANA 420/2009, Anexo II, publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009 pags. 81 – 84.

Os teores de metais pesados nos diferentes trabalhos publicados no Brasil apresentam grandes variações, sendo muitas destas relacionadas com os diferentes tipos de solos e o grau de pedogênese que os mesmo estão submetidos (Tabela 2).

Verifica-se a existência de uma grande variação dos teores de metais nos solos do Amazonas que acompanha a diversidade de solos e rochas encontrados na região Amazônica (QUESADA et al., 2010).

No estado do Amazonas há o predomínio de rochas com baixo teor de metais pesados, principalmente nas áreas das bacias sedimentares, onde ocorre a presença de argilitos e arenitos. Por outro lado, as áreas do embasamento cristalino possuem rochas que apresentam um conteúdo maior de metais pesados, dentre elas granitos e gnaisses (REIS, ALMEIDA, 2010).

**Tabela 2.** Valores de Referência de Qualidade propostos para sete Estados do Brasil.

Elemento	FADIGAS <sup>A</sup>	ES <sup>B</sup>	RO/MT <sup>C</sup>	RN <sup>D</sup>	SP <sup>E</sup>	MG <sup>F</sup>	AM <sup>G</sup>	VP <sup>H</sup>
mg kg <sup>-1</sup>								
Antimônio	-	-	-	0,18	<0,5	0,5	-	2
Bário	-	-	-	54,91	75	93	47,91	150
Chumbo	20	4,54	9	16,18	17	19,5	10,67	72
Cobre	25	5,91	20,6	13,69	35	49	4,42	60
Mercúrio	-	-	-	-	0,05	0,5	-	0,5
Arsênio	-	12,83	-	-	3,5	8	-	15
Cádmio	0,8	0,13	<0,3	0,1	<0,5	<0,4	0,24	1,3
Cobalto	8	0,13	21,3	15,41	13	6	0,93	25
Cromo	41	54,13	44,8	30,94	40	75	18,5	75
Molibidênio	-	1,74	-	-	<4	<0,9	-	30
Níquel	17	9,17	2,1	19,84	13	21,5	1,99	30
Prata	-	-	-	1,43	0,25	<0,45	-	2
Selênio	-	-	-	-	0,25	0,5	-	5
Zinco	30	29,87	3	23,85	60	46,5	17,59	300

Onde ; A - Fadigas et al, 2006; B - Paye et al, 2010; C – Santos; Alleoni (2013); D - COSTA, 2013; E - CETESB, 2001; F- SIAM, 2014; G - Moreira, 2016; H - CONAMA, 2009.

**Fonte:** Adaptado resolução COMANA 420/2009, Anexo II, publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009 pags. 81 – 84.

A essa diversidade geológica observada também no estado Amazonas é refletida nos coeficientes de variação dos metais pesados nos solos, que são superiores a 100 %. Podendo ser estipulado VRQ's diferentes para os tipos de solos de terra firme e solos existentes na várzea (MOREIRA, 2016).

A definição e validação dos VRQ's para o Estado Amazonas depende de levantamentos com maior grau de detalhamentos dos teores naturais de metais pesados, com a inclusão de uma maior gama de classe de solos presentes no Estado. Esse detalhamento pode trazer a necessidade de um estudo minucioso para a uma determinada ordem de solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, W. A. P.; MARQUES, J. J. **Manual de coleta de solos para valores de referência de qualidade no Estado de Minas Gerais**. FEAM. Belo Horizonte, 15 p.; il. 2013.
- ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils; trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. **Environmental Pollution** 22, 2013. 615p.
- BAIZE, D.; STERCKEMAN, T. Of the necessity of knowledge of the natural pedogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. **Science Total Environmetal**. v.264, p.127–139, 2001.
- BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B.; RIBEIRO, M.R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em Solos de Referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1057-1066, 2011a.
- BRUS, D. J.; LAME, F. P. J.; NIEUWENHUIS, R. H. National baseline survey of soil quality in the Netherlands. **Environmental Pollution**, v. 157, p. 2043-2052. 2009.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras; água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. (Org.) Organizadores; BRANDÃO, C. J. et al. São Paulo; CETESB; Brasília; ANA, 2011.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo; CETESB. 73p. (Série Relatórios Ambientais). 2001.
- CHAVES, E. V. Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas *Senna multijuga*, *Schizolobium amazonicum* e *Caesalpinia echinata*. 2008. 87 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- CHEN, J.; WEI, F.; ZHENG, C.; WU, Y.; ADRIANO, D.C. Background concentrations of elements in soils of China. **Water Air Soil Poll**. v.57, p. 699-712, 1991.
- CHEN, M.; MA, L. Q.; HARRIS, W. G. Baseline concentrations of 15 trace elements in florida surface soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, 1173-1181, 1999.
- COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, H. F.; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In; MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro; Embrapa Solos, 2002. p.1-11.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em; <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>>. Acesso em; 22 de setembro de 2017.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 420**, de 28 de dezembro de 2009.
- DUBBE, A.; ZBYTNIIEWSKI, R.; KOWALKOWSKI, T.; CUKROWSKA, E.; BUSZEWSKI, B. Adsorption and migration of heavy metals in soil. **Polish Journal of Environmental Studies**, vol. 10, n. 1, 2001.

DUFFUS, J. H. "Heavy Metals" - A meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure Appl. Chem.**, Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002

FADIGAS, F.S. et al. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 151 – 159, 2002.

GOUGH, L. P.; SEVERSON, R. C.; JACKSON, L. L. Baseline element concentrations in soils and plants, Bull Island, Cape Romain National Wildlife Refuge, South Carolina, USA. **Water Air Soil Poll.**, v. 74, p. 1-17. 1994.

HORCKMANS, L.; SWENNEN, R.; DECKERS, J.; MAQUIL, R. Local background concentrations of trace elements in soils; a case study in the Grand Duchy of Luxembourg. **Catena**, v. 59, p. 279–304, 2005.

HORCKMANS, L.; SWENNEN, R.; DECKERS, J.; MAQUIL, R. Local background concentrations of trace elements in soils; a case study in the Grand Duchy of Luxembourg. **Catena**, v. 59, p. 279–304, 2005.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 413p, 2001.

KABATA-PENDIAS, A. Behavioural properties of trace metals in soils. **Applied Geochemistry**, n. 2, p. 3–9, 1993.

KABATA-PENDIAS, A. Soil-Plant transfer of trace elements - an environmental issue. **Geoderma**, v.122, p.143-149, 2004.

LI, Z.; MA, Z.; KUIJP, T. J.; YUAN, Z.; HUANG, L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China; pollution and health risk assessment. **Science of The Total Environment**, vol. 468-469, p. 843–853, 2014.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado).

LIMA, H. N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER C.E.G.R.; KER, J.C.& LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 59-68, 2006.

LIMA, M. C. De. AMAZÔNIA GEOGRAFIA OCIDENTAL: REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS E BR 319 - TERRITÓRIO E MEIO AMBIENTE. **Revista GEONORTE** , v. 1, n. 1, p. 47-70, jan. 2010

LOGAN, T. J.; MILLER, R. H. Background levels of heavy metals in Ohio farm soils. Soil contamination analysis. **Res. Circ. Ohio Agric. Res. Dev. Cent.**, v. 275, p. 3-15. 1983.

NAGAJYOTI, P. C.; LEE, K. D., SREEKANTH, T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants; a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 8, p. 199–216, 2010.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J. SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; CZIMEZIK, C. I. et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. 2010. *Biogeosciences*, 7: 1515-1541.

REIMANN, C.; GARRETT, R. G. Geochemical background – concept and reality. **Science of the Total Environment**, v. 350, 12 – 27, 2005.

REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E. **Arcabouço Geológico**. In; MAIA, M.A.M.; MARMOS, J.L., eds. Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus, CPRM, 2010. p.17-26.

SCHUBART, H.O.R.; Franken, W.; Luizão, F.J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2: 26-32. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

SILVEIRA, M. 2003. Vegetação e flora das campinaranas do sudoeste amazônico. *SOS Amazônica: Relatório Técnico*, 28 p

SU, Y. Z.; YANG, R. Background concentrations of elements in surface soils and their changes as affected by agriculture use in the desert-oasis ecotone in the middle of Heihe River Basin, north-west China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 98, p. 57-64. 2008.

TAVARES, T. M; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações a metais pesados no ambiente; exemplos do Recôncavo Baiano. *Química Nova*, v.15, n. 2, 1992.

WUANA, R. A., OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils; A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology*. v.11, 2011.

ZHANG, X. P.; DENG, W.; YANG, X. M. The background concentrations of 13 soil trace elements and their relations to parent materials and vegetation in Xizang (Tibet), China. *Journal of Asian Earth Science*, v. 21, 167 – 174, 2002.

ZHAO, F. J.; McGRATH, S. P.; MERRINGTON, G. Estimates of ambient background concentrations of trace metals in soils for risk assessment. *Environmental Pollution*, v. 148, p. 221-229. 2007.

## **CAPITULO 1**

### **CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ARENOSOS DENTRO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS - RMM.**

#### **RESUMO**

Solos arenosos possuem características químicas e físicas limitantes ao crescimento das plantas além de alta susceptibilidade a degradação. Esse capítulo teve como objetivo realizar a descrição morfológica e a classificação de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus. Foram abertos oito (08) perfis de solo, realizando o levantamento das características das áreas, dos atributos morfológicos (cor, estrutura, consistência seca, úmida e molhada: plasticidade e pegajosidade), atributos físicos (granulometria, densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), resistência do solo a penetração (RP) e teor de umidade do solo (U), atributos químicos (pH, H<sup>+</sup>Al, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V)) para fins de classificação de solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Os atributos morfológicos cor, consistência variaram de acordo com os teores de matéria orgânica nos solos. Não foi verificada correlação significativa entre os valores das variáveis Ds, Dp, VTP e U com os valores da granulometria das frações areia, argila e silte. Os perfis de solos foram classificados como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico, Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico e Neossolo Litólico Distrópico típico.

Palavras-chave: Classificação de solos, solos arenosos, Região Metropolitana de Manaus



## INTRODUÇÃO

A caracterização, descrição e classificação dos solos de uma região são de suma importância para a maximização dos recursos disponíveis e sua utilização de maneira sustentável.

No estudo dos solos para agricultura existem solos que são marginalizados para as atividades agrícolas, por possuírem características indesejáveis que dificultam seu manejo e a conservação, assim como a capacidade adsorptiva e liberação de nutrientes para as culturas, como é o caso dos solos arenosos.

Solos arenosos são terras profundas, aproximadamente com 3,00 m, podendo apresentar, no entanto, 15 ou mais metros de profundidade; com baixos teores de argila (menor que 15 %); bem drenados; localizados em relevo plano a suave ondulado (0-8 %), raramente em relevos mais acentuados (> 20 %); de baixa retenção de umidade; baixa fertilidade natural; elevado teor de alumínio que, na maioria dos casos, tem seus valores aumentados em profundidade; baixíssimo teor de matéria orgânica e muito suscetíveis à erosão hídrica (DEMTTE, 2018).

Os solos arenosos, com baixa fertilidade, não são indicados para a agricultura justificase o uso destas áreas para extração de areia destinada à construção civil, o que caracteriza uma forte ameaça a estes ecossistemas (ANDERSON et al, 1981). Esses solos são muito importantes do ponto de vista ambiental por possuírem alta permeabilidade, sendo pontos de recarga dos lençóis freáticos, contendo fauna e flora características e adaptadas a esse ambiente.

Há raros trabalhos que classificam áreas de solos arenosos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos para fins de pesquisa no estado do Amazonas (BRASIL, 1975a; BRASIL, 1975b; MARTINS, 1978; ANDRADE, 1997; RODRIGUES et al, 2001; IBGE, 2010b; MAIA et al, 2010; GUIMARÃES et al, 2010; CAMPOS et al, 2010). Este capítulo tem como objetivo a caracterização e classificação de alguns solos arenosos dentro da Região Metropolitana de Manaus.

## **2 OBJETIVOS**

### **GERAL:**

Realizar a descrição morfológica e a classificação de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus.

### **ESPECÍFICOS:**

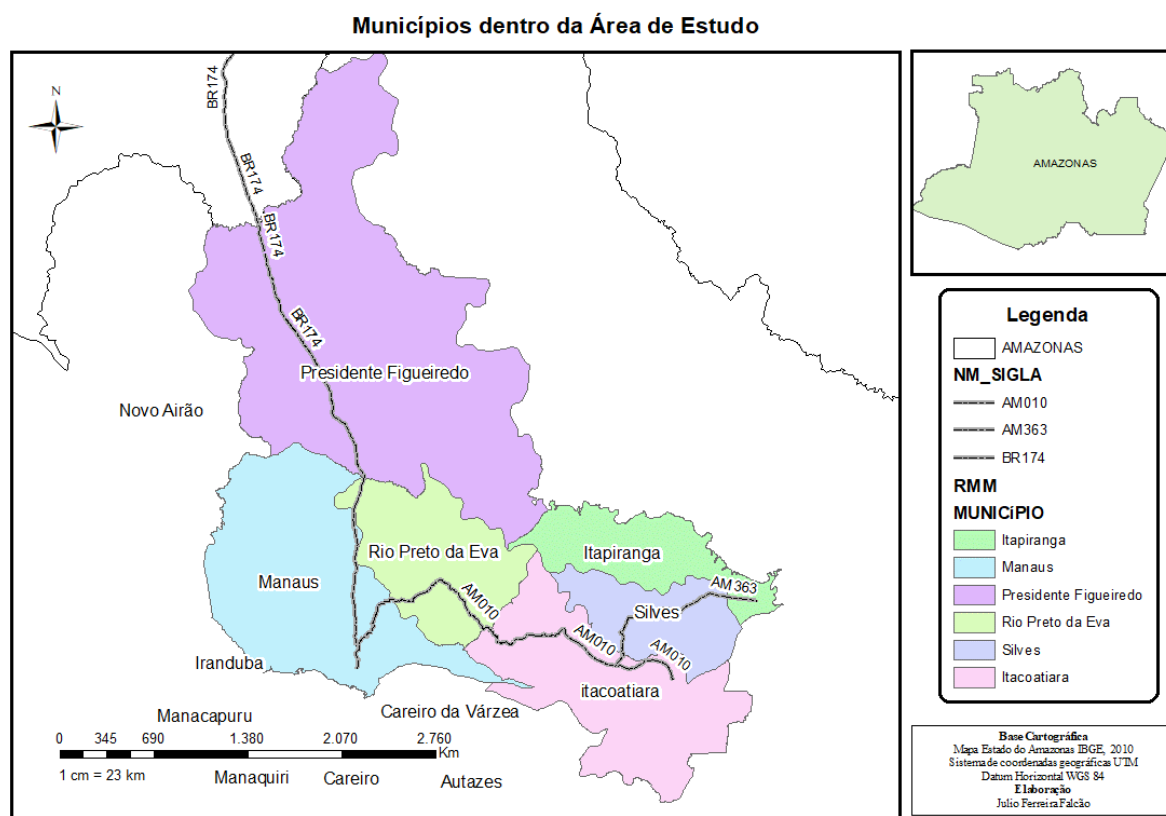
Realizar a caracterização física, química e morfológica dos solos.

Realizar a Classificação dos solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo estão inseridas dentro do Estado do Amazonas abrangendo seis (06) municípios todos pertencentes à Região Metropolitana de Manaus (Figura 1).



**Figura 1. Mapa de localização da Área de Estudo dos seis municípios da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Fonte: Adaptado IBGE, 2010b

#### **Clima**

O clima do estado, segundo a classificação de Koppen (1948), é dividido em dois tipos climáticos: Afi (clima tropical chuvoso sem estação seca) e Ami (clima tropical chuvoso com pequeno período seco). A área apresenta ainda uma temperatura média anual de 25,9 °C, precipitação de 2536 mm por ano e uma evapotranspiração de 1542 mm por ano (VIEIRA; SANTOS, 1987).

#### **Tipologia florestal**

Segundo dados do IBGE (2010a) na área de estudo estão presentes as seguintes tipologias florestais: (1) floresta ombrófila densa que abrange a maior parte do estado do

Amazonas, tanto nas áreas mais baixas, que se encontram permanentemente inundadas, até as áreas com altitudes superiores a 2000 m. (2) floresta ombrófila aberta que apresenta como característica principal a presença de espécies arbóreas de menor porte (25 m), com maior espaçamento entre indivíduos, apresentando como espécies principais palmeiras e bambus. (3) campinaranas que são vegetações adaptadas à baixa fertilidade do solo, pois sua ocorrência está associada às classes dos Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos. As formações de campinaranas existentes estão diretamente relacionadas com o conteúdo de água no solo. Assim, solos que estão por um pequeno período do ano em condições inundadas, podem suportar as formações de campinaranas florestadas e arborizadas, enquanto solos com maior período de inundação tendem a suportar as campinaranas dos tipos arbustiva e gramíneo-lenhosa

### **Relevo**

O estado do Amazonas é caracterizado pelo predomínio de cotas altimétricas inferiores a 200 m, formando os baixos platôs e tabuleiros, que estão associados às bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões.

Entre os municípios de Manaus e Presidente Figueiredo o relevo é formado por planícies aluvionares recentes, peneplanos rebaixados, pequenas escarpas de cuevas e platô arenítico. Em Manaus observa-se principalmente a Planície Amazônica, tendo o rio Solimões em seu eixo. As áreas aplainadas ocorrem a norte do rio Negro e configuram o pediplano Rio Branco-Rio Negro (BRASIL, 1975b, 1978; MAIA, 2010).

### **Solos**

Os solos da região de estudo foram classificados como Argissolos, Latossolos, Plintossolos, Espodossolos e Neossolos (; MOREIRA, 2016).

Os Argissolos e Latossolos (Amarelos e Vermelho-Amarelos) nas zonas cristalinas do Cráton amazônico, em relevo dissecado, ainda que suave, dominam e são geralmente distróficos, exceto onde ocorrem rochas máficas (SCHAEFER et al, 2017).

Nas encostas, encontra-se a classe dos Espodossolos, que são solos minerais não-hidromórficos, com presença de argilas de baixa atividade e nas regiões próximas a cursos d'água, encontraram-se depósitos de areia de quartzo branco, caracterizando os solos da classe dos Neossolos (MOREIRA, 2016).

### **Geologia**

A formação geológica primária da Região Metropolitana de Manaus é a Formação Alter do Chão.

Segundo Cunha et al. (1994), o embasamento geológico da região faz parte da Formação Alter do Chão, originada durante o período Cretáceo Superior, e que recobre parcialmente todas as unidades paleozóicas pós-silurianas da Bacia do Amazonas. Essa formação é representada por arenitos e argilitos, com espessura estimada em 1250 m, à qual se atribui um ambiente de deposição flúvio-lacustre a fluvial. Sobre a unidade se desenvolvem depósitos aluviais quaternários, representados por perfis lateríticos com formação de cascalheiras, caulinita e depósitos de areias residuais.

A Geologia do trecho entre Manaus e Presidente Figueiredo é representada pela Formação Alter do Chão, a qual é constituída de arenitos e argilitos, subordinamente conglomerados. Arenitos argilosos vermelhos, duros e pobremente estratificados (VIEIRA E ALBUQUERQUE, 2004).

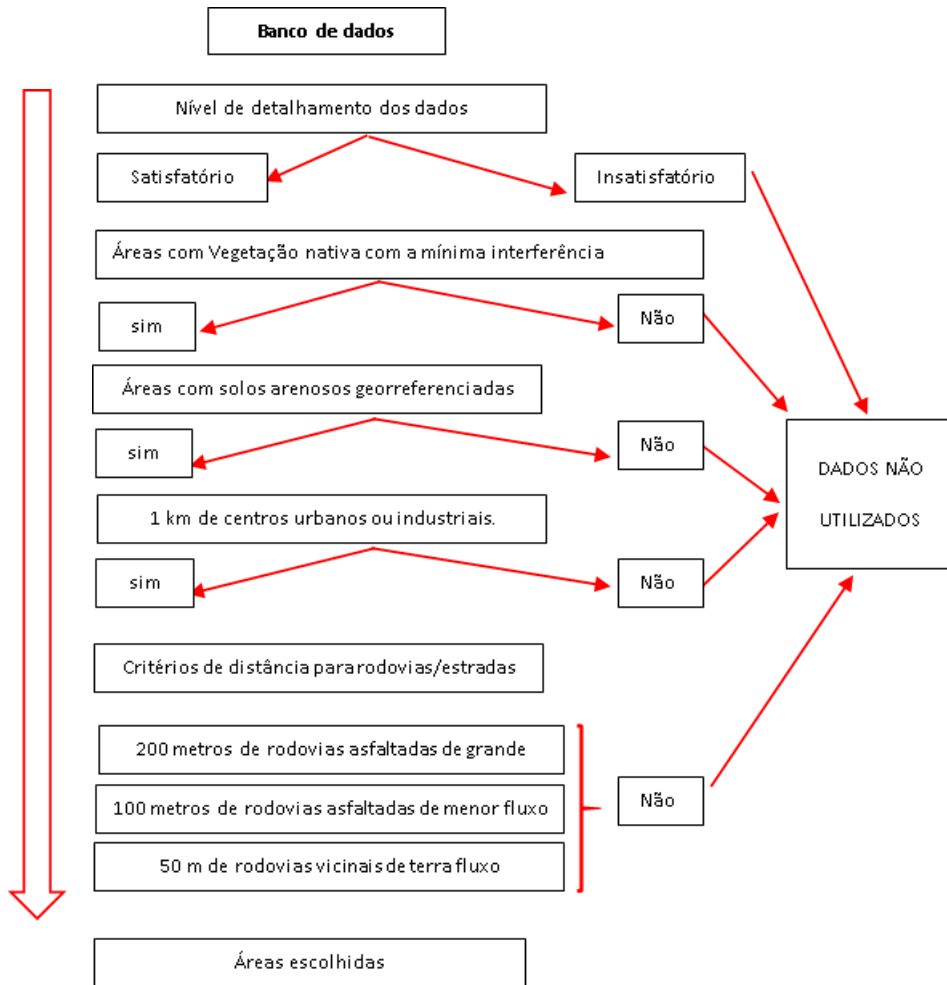
### **3.2 PLANEJAMENTO DAS CAMPANHAS DE CAMPO**

Inicialmente foi realizado o planejamento das campanhas de campo. Foram utilizados os bancos de dados geográficos em formato digital, disponibilizados pelas plataformas oficiais de dados geográficos do governo brasileiro, banco de dados utilizados:

- 1- Mapa de solos do Estado do Amazonas (1:1.800.000) (IBGE, 2010b);
- 2- Banco de dados dos Projetos PRODES, DATER, MacroZEE (INPE,2017);
- 3- Banco de dados de Geodiversidade do Amazonas (CPRM, 2006);
- 4- Banco de dados Fitogeográfico do Estado do Amazonas (IBGE, 2010);
- 5- Banco de dados do Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 2017);
- 6- Banco de dados do projeto Cartografia da Amazônia - Levantamento geológicos Básicos- Geologia e Recursos Minerais da Região Metropolitana de Manaus, AM (CPRM,2016).

O banco de dados foi analisado por meio de técnicas de geoprocessamento no programa QGIS (QGIS Development Team, 2017) e seus complementos, no qual foi feita análise de sobreposição espacial de camadas dos dados, que associado à análise de degradação ambiental do projeto PRODES, foi possível a identificação de áreas homogêneas e que apresentavam mínima ação antrópica.

Na Figura 2 encontram-se os critérios para alocação das áreas de abertura de perfis do solo, coleta de amostras para classificação e caracterização física e química dos solos e medições de demais atributos.



**Figura 2. Organograma dos critérios para indicações de áreas de coleta dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

A partir da análise do banco de dados foram determinadas dez (10) possíveis áreas, que a priori se encaixaram nos requisitos mínimos exigidos. Estas áreas estão compreendidas e estão localizadas próximas as Rodovias Estaduais AM-010, AM-363 e Rodovia Federal BR-174: Manaus, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Itapiranga e Silves. (Tabela 3)

As áreas pré-determinadas foram plotadas em um receptor GPS modelo GPSMAP® 76 para facilitar a localização destas durante visitas *in loco*.

Posteriormente todas as áreas foram visitadas e avaliadas antes do procedimento de coleta, com o objetivo de conhecer suas reais condições e se estas estavam de acordo com os critérios estabelecidos. As características encontradas nas áreas foram registradas na ficha de campo.

As áreas que não estavam de acordo com os critérios estabelecidos ou apresentavam dificuldades inerentes para a abertura e classificação dos perfis de solo foram descartadas.

**Tabela 3.** Características geológicas e localização das áreas selecionadas para coleta de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.

Perfil	Município	Coordenadas	Altitude	Material de origem <sup>1</sup>	Formação Geológica <sup>1</sup>
P01	Itapiranga	-02° 35' 19.06" O -60° 01' 57.63" S	20,55 m	Arenitos	Alter do Chão
P02	Silves	-02° 47' 02.11" O -60° 05' 14.99" S	30,64 m	Arenitos	Alter do Chão
P03	Silves	-02° 49' 48.86" O -59° 51' 51.86" S	35,93 m	Arenitos	Alter do Chão
P04	Itacoatiara	-02° 53' 55.47" O -59° 07' 13.41" S	25,60 m	Arenitos	Alter do Chão
P05	Itacoatiara	-02° 53' 57.86" O -59° 07' 22.00" S	31,84 m	Arenitos	Alter do Chão
P06	Rio Preto da Eva	-03° 00' 01.92" S -58° 41' 34.17" O	45,78 m	Arenitos	Aluviões Holocênicos
P07	Manaus	-02° 47' 24.87" S -58° 38' 34.03" O	50,11 m	Arenitos	Alter do Chão
P08	Presidente Figueiredo	-02° 42' 04.62" S -58° 15' 29.92" O	72,70 m	Arenitos	Alter do Chão
P09	Presidente Figueiredo	-01° 59' 28.23" S -59° 56' 27.51" O	131,58 m	Arenitos	Grupo Trombetas
P10	Presidente Figueiredo	-01° 59' 08.84" S -60° 03' 45.53" O	121,97 m	Arenitos	Grupo Trombetas

Fonte: 1 - Banco de dados de Geodiversidade do Amazonas (CPRM, 2006).

### 3.3 ABERTURA DO PERFIL DE SOLOS

Foram abertos perfis de solos de acordo com metodologia descrita no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2005)

Para abertura dos perfis foi adotado o limite de 200 cm de profundidade. Após atingir os 200 cm foi realizado a tradagem até 400 cm de profundidade, sendo esse procedimento necessário para avaliar a possibilidade da presença de camada com caráter espódico.

No entanto, em alguns casos esta profundidade não foi alcançada, pois ocorreu o aparecimento do horizonte C ou R, ou repentino afloramento de água. Esses casos foram registrados na ficha de campo.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Para descrição das características morfológicas foi utilizado como referência o Manual técnico de pedologia: guia prático de campo, (IBGE,2015) e o Manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS et al, 2005).

A ficha de descrição morfológica de solos no campo, retirada do Manual técnico de pedologia (IBGE, 2015), foi utilizada no registro de dados e descrição morfológica dos perfis de solo. (ANEXO I).

Os locais das áreas amostradas foram georreferenciados, sendo os dados plotados com auxílio de receptor GPS modelo GPSMAP® 76.

Foram coletados os seguintes dados da área antes da abertura do perfil de solo:

1. Identificação da localização;
2. Tipo de Caracterização;
3. Data;
4. Classificação;
5. Unidade de mapeamento;
6. Localização;
7. Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil;
8. Altitude;
9. Litologia;
10. Unidade litoestratigráfica;
11. Cronologia;
12. Material de origem;
13. Pedregosidade;
14. Rochosidade;
15. Relevos local e regional;
16. Drenagem;
17. Caracterização da Vegetação: utilização de inventario florestal;
18. Uso atual;
19. Descrito e coletado por;

Foi realizada a descrição morfológica dos perfis *in loco*, contendo as seguintes variáveis:



Identificação individualizada dos horizontes e camadas e obedecer à seguinte ordem;

1. Designação do horizonte; profundidade (dos limites superior e inferior) e espessura;
2. Cor (nome, notação de Munsell e o estado de umidade da amostra), mosqueado;
3. Textura;
4. Estrutura;
5. Cerosidade;
6. Superfície de fricção;
7. Superfície de compressão;
8. Superfícies foscas;
9. Grau de coesão;
10. Consistência seca; cimentação, quebradicidade;
11. Consistência úmida;
12. Consistência molhada; plasticidade e pegajosidade;
13. Transição;
14. Presença de Raízes; tamanho e quantidade;
15. Presença de poros; tamanho e quantidade.

### **3. 5 COLETA DE DADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA FLORESTAL**

Para a caracterização da tipologia florestal foi utilizado como referência o Manual de campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais - Inventário Florestal Nacional - Particularidades dos Biomas Amazônico e Cerrado do - Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2015), nas áreas de abertura dos perfis de solos.

Primeiramente foi realizado o levantamento florístico através do processo de amostragem sistemática com dez (10) parcelas, de dez por dez (10m x 10m), totalizando uma área de 1000 m<sup>2</sup> em cada ponto.

Dentro de cada parcela foram mensurados o diâmetro a altura do peito (DAP) (medido 1,30 m em relação ao solo), a altura total, qualidade de fuste, qualidade de copa, presença de epífita e a identificação da espécie dos indivíduos que estavam em pé.

Em nove das dez parcelas, foram mensurados os indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm. E em uma parcela foi registrado o DAP dos indivíduos arbóreos com circunferência igual ou maior que 5,0 cm (SFB, 2015).

Após a análise em laboratório dos dados de campo, os indivíduos foram classificados em famílias, gêneros e espécie para a caracterização da tipologia florestal de acordo com Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

### **3.6 METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS PELO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SIBCS)**

Para a classificação dos solos de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos foi utilizado as características morfológicas observadas no levantamento de campo, os resultados das análises químicas e físicas e observando os critérios presente na chave de identificação das classes de solos (SiBCS, 2018). A classificação dos solos foi realizada até o quarto nível categórico, quando possível.

### **3.7 COLETA DE AMOSTRA PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA**

Para a caracterização dos atributos físicos foi realizado a coleta de amostras de cada horizonte do perfil, onde primeiramente foram coletadas amostras com estrutura indeformadas com o auxílio de um coletor e cilindros de aço inox com volume aproximado de 100 cm<sup>3</sup>.

Para cada horizonte foram coletados três cilindros, que eram embalados em plástico filme e colocados em sacos devidamente identificados e lacrados.

Para realização da análise granulométrica foi coletado aproximadamente 150 g de solo em cada horizonte do perfil. O solo coletado foi colocado dentro de um saco de 1 kg, sendo os sacos identificados, lacrados e armazenados para transporte.

### **3.8 COLETA DE AMOSTRA PARA ANÁLISE QUÍMICA**

Para a análise química, em cada horizonte do perfil, foi coletado aproximadamente 200 g de solo. O solo coletado foi colocado dentro de um saco de 1 kg, sendo os sacos identificados com pincel atômico, lacrados e armazenados para transporte.

### **3.9 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES FÍSICA E QUÍMICAS.**

No laboratório, as amostras com estrutura indeformada foram pesadas, identificadas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar por 48 horas a 105 °C.

As amostras para análise química foram expostas em local sombreado por duas semanas para secagem ao ar. Em seguida, foram destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para compor a terra fina seca ao ar (TFSA).

Após o período de secagem foram pesadas em balança de precisão de quatro casa decimais após o zero, foi pesado cerca de 50 g de TFSA de cada horizonte, em seguida foram armazenadas em recipientes e passadas pelo processo de secagem em estufa de circulação forçada por 48 horas a 105 °C.

Tal processo foi realizado para a retirada de total da umidade das amostras, procedimento necessário para a realização das análises de densidade de partículas e estabelecer a porcentagem de água na TFSA durante a análise de granulometria.

### **3.10 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS PERFIS DE SOLO**

#### **3.10.1 Análises físicas**

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Gênese e Mineralogia de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos – DEAS/ FCA da UFAM, conforme metodologias analíticas definidas em EMBRAPA (2017) e NBR6457 de 1986.

A caracterização física foi realizada determinando-se a composição granulométrica e argila dispersa em água pelo método da pipeta; o teor de umidade do solo, pela metodologia da ABNT NBR-6457; densidade do solo ( $D_s$ ), pelo método do anel volumétrico de Kopeck; densidade de partículas ( $D_p$ ), pelo método do balão volumétrico; volume total de poros (VTP) método da Embrapa (2017); resistência do solo a penetração (RP), pelo método do penetrômetro de impacto (SONDATERRA<sup>(R)</sup>, modelo PI-60) , todos segundo a Embrapa (2017).

#### **3.10.2 Análises químicas**

Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UFAM e seguiram a metodologia prevista no Manual de métodos de análise de Solo (EMBRAPA, 2017)).

As análises químicas de fertilidade para fins de classificação de solos foram realizadas nos perfis que apresentaram essa necessidade como parâmetro de classificação um determinado nível categórico.

Foram realizadas as análises químicas para fins de classificação do solo:

- Os cátions  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  foram extraídos com solução de KCl 1mol L<sup>-1</sup>.

- A extração de H+Al foi efetuada com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, a pH 7,0.
- P (Fósforo disponível) e K<sup>+</sup>, extraídos por solução Mehlich<sup>-1</sup> e determinados por fotocalometria;
- Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram determinados por titulometria com solução de EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>; e Al<sup>3+</sup> e H+Al, por titulometria com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>.
- Matéria orgânica (MO), por colorimetria.

Utilizou-se a metodologia de cálculo do Manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 2017) para a obtenção dos valores de capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V).

### 3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas descritivas (média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação) foram realizadas com o auxílio do programa R (Versão 3.5.2) e programa RStudio (Versão 1.1.463).

Correlação Pearson entre as variáveis dos atributos físicos e a granulometria.

Os dados obtidos das variáveis de físicas foram submetidos à análise estatística, adotando-se a comparação de médias a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ÁREAS DE ABERTURA DOS PERFIS DE SOLO

A partir das informações levantadas foi construído um banco de dados contendo as características gerais das áreas de abertura dos perfis.

**Tabela 4. Características gerais das áreas de abertura dos perfis de solo dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Perfil	Coordenadas	Situação Paisagem	Relevos local e regional	Material de origem	Altitude	Drenagem	Caracterização da Vegetação	Pedregosidade Rochosidade
P01	-02° 35' 19.06" O -60° 01' 57.63" S	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	20,55 m	Excessivamente drenado	Campinarana arbustiva	Não rochosa
P02	-02° 47' 02.11" O -60° 05' 14.99" S	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	30,64 m	Excessivamente drenado	Campinarana arborizada	Não rochosa
P03	-02° 49' 48.86" O -59° 51' 51.86" S	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	35,93 m	Excessivamente drenado	Campinarana florestada	Não rochosa
P04	-02° 53' 55.47" O -59° 07' 13.41" S	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	25,60 m	Bem drenado	Campinarana Gramíneo-Lenhosa	Não rochosa
P05	-02° 53' 57.86" O -59° 07' 22.00" S	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	31,84 m	Excessivamente drenado	Campinarana arborizada	Não rochosa
P06	-03° 00' 01.92" S -58° 41' 34.17" O	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	45,78 m	Bem drenado	Campinarana florestada	Não rochosa
P07	-02° 47' 24.87" S -58° 38' 34.03" O	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	50,11 m	Bem drenado	Campinarana arborizada	Não rochosa
P08	-02° 42' 04.62" S -58° 15' 29.92" O	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	72,70 m	Excessivamente drenado	Campinarana arborizada	Não rochosa
P09	-01° 59' 28.23" S -59° 56' 27.51" O	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	131,58 m	Bem drenado	Campinarana arborizada	Não rochosa
P10	-01° 59' 08.84" S -60° 03' 45.53" O	Baixada	Suave Ondulado	Arenitos	121,97 m	Bem drenado	Campinarana arbustiva	Ligeiramente rochosa

Em relação a situação da paisagem, todas as áreas foram classificadas como em baixada, de relevo local e regional suave ondulado e material de origem arenitos. O perfil P01 apresentou

a altitude mais baixa com 20,55m e o perfil P09 131,58m mais elevada. Somente as áreas do perfil P10 foram classificadas com ligeiramente rochosa para pedregosidade e rochosidade.

Em relação a tipologia vegetal, as árvores foram identificadas com nomes científicos, gênero e família, sendo as áreas classificadas de acordo com sua composição florística (ANEXO I).

Em todas as áreas as famílias com maior dominância relativa foram Fabaceae, Vochysiaceae, Chrysobalanaceae, Sapotaceae e Anacardiaceae. Nas áreas de P01, P05, P07, P08, P09 e P010 foram encontradas as espécies *Aldina heteropylla*, sendo classificadas como campinarana arborizada. Já em P03 e P06 foram encontradas espécies com maior porte em altura e volume, características de início de transição de campinarana para florestas, assim como um maior número de espécie da família de Palmae, sendo estas classificadas como campinarana florestadas. Apenas a área do perfil 04 foi classificada como campinarana gramíneo-lenhosa por apresentar indivíduos de porte arbustivo, gramíneas sem presença de epífitas e não apresentar indivíduos com altura maior que 1,30 m. (Tabela 5).

**Tabela 5** Composição florística de dez áreas com solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.

Áreas	Nº Indivíduos	Nº espécies	Nº gêneros	Nº famílias	Presença de Epífitas	Altura média das árvores (m)
<b>P01</b>	76	31	27	19	4	15,8
<b>P02</b>	86	10	9	8	6	16,9
<b>P03</b>	31	23	20	16	7	21,4
<b>P04</b>	51	6	6	6		>1,3
<b>P05</b>	66	32	26	16	5	14,9
<b>P06</b>	65	33	30	16	20	23,7
<b>P07</b>	36	20	19	13	17	14,7
<b>P08</b>	47	15	13	10	1	13,8
<b>P09</b>	65	30	25	16	8	14,6
<b>P10</b>	65	26	20	13	5	14,8

## 4.2 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

A estrutura do tipo grão simples predominou nos horizontes superficiais enquanto que os tipos subangular e angular predominaram nos horizontes subsuperficiais (Tabela 6).

Tabela 6. Atributos morfológicas de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.

Perfil	Horizonte	Profundidade	COR		ESTRUTURA <sup>(1)</sup>			CONSISTÊNCIA <sup>(2)</sup>			
			Seco	Úmido	Grau	Tamanho	Tipo	Seca	Úmida	Molhada	
										Plasticidade	Pegajosidade
P01	A	0-26	N 4/2	N 2,5/2	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C1	26+	10Y 4/1	10YR 3/1	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
P02	A	0 – 37	N 5/2	N 4/2	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C1	37+	10Y 7/1	10Y 6/1	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
P03	A	0 – 23	10Y 4/1	10Y 3/1	mo.	g., mg.	B. Sub.	macia	firme	n. Plast	nPe
	C1	23 – 66	10Y 4/1	10Y 2,5/1	mo.	g., mg.	B. Sub.	macia	firme	lig. Plast	Lpe
	C2	66+	N 7/1	N 6/1	mo.	g., mg.	B. Sub.	macia	firme	lig. Plast	Lpe
P05	C1	0-20	N 4/2	5Y 3/1	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C2	20-54	10Y 6/1	N 7/2	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C3	54-120	10Y 8/1	N 8/2	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C4	120+	10Y 8/1	N 8/2	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
P06	A	0 - 31	10Y 8/1	10Y 7/1	*	p., m.	B. Sub.	macia	solta	lig. Plast	Lpe
	C1	31 - 44	N 8/2	5Y 8/1	mo.	g., mg.	B. Sub.	macia	firme	lig. Plast	Lpe
	C2	44 - 93	5Y 8/1	10Y 7/1	*	p., m.	B. Sub.	solta	solta	lig. Plast	nPe
	C3	93- 124	10Y 7/1	5Y 7/1	*	p., m.	B. Sub.	solta	solta	lig. Plast	nPe
	C4	124+	10Y7/1	10Y 8/1	*	*	*	*	*	*	*
P08	A	0 – 20	5 PB 5/1	5 PB 3/1	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C1	20 – 83	5 PB 6/1	10 B 3/1	*	mpq.	G. S.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C2	53 – 83	N 8/2	N 5/2	*	mpq,g. mg.	G. S.,B.Sub.	solta	solta	n. Plast	nPe
	C3	83+	N 8/2	N 6/2	*	mpq,g. mg.	G. S.,B.Sub.	solta	solta	n. Plast	nPe
P09	A	0 – 21	5Y 5/1	N 3/2	mo.	mpq,g. mg.	G. S.,B.Sub.	*	firme	lig. Plast	Lpe
	C1	21 – 58	N 5/2	N 3/2	mo.	mpq,g. mg.	G. S.,B.Sub.	*	firme	lig. Plast	Lpe
	C2	58 -120	N 7/2	N 8/2	mo.	m., mg.	B. Ang.	*	firme	lig. Plast	Lpe
P10	A	0 – 21	N 4/2	10Y 5/1	fo.	p., m.	B. Ang.	lig. dura	muito friável	Plast	Lpe
	C1	21 + 43	10Y 5/1	N 3/2	fo.	mg.	B. Sub.	*	solta	lig. Plast	Lpe
	R	43+	ROCHA	ROCHA	*	*	*	*	*	*	*

Onde; <sup>(1)</sup> fr.= fraca, mo.= moderada, fr. = forte; mpq. = muito pequena; p. = pequena; m = média; g = grande, m.g. = muito grande, B. Ang = blocos angulares; B. Sub. = blocos subangulares; G. S. = grãos simples, Lig dura = Ligeiramente Dura; <sup>(2)</sup> n. Plast = não plástica, lig. Plast = Ligeiramente Plástica, nPe = Não pegajosa, Lpe= Ligeiramente pegajosa. (\*) = não foi possível realizar teste do atributo em campo.

Nos horizontes subsuperficiais predominou a cor do cinza (matiz 10Y a matiz neutra N 4/ quando seca) a cores mais claras. Os valores de croma tenderam a aumentar conforme o aumento da profundidade, sendo esses resultados ligados à diminuição do teor de matéria orgânica nos solos arenosos, pela sua remoção ao longo dos perfis. (Tabela 7)

**Tabela 7. Teor de Matéria orgânica em dez (10) solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Prof. (cm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
	dag.kg <sup>-1</sup>									
0 -20	1,7	0,9	1,9	1,9	1,3	1,5	2,1	1,3	1,8	2,1
80 - 100	0,4	0,4	1,8	0,3	0,8	0,4	0,2	0,2	0,4	0,6*

Onde: Prof., profundidade de coleta; \*, profundidade de coleta de 21 a 43cm.

Quanto menor o valor de croma ( /1 ou /2) maior será a pureza da cor e consequentemente será maior o teor de matéria orgânica em solos arenosos.

Esse padrão pode ser confirmado visualmente na carta de cores de *Munsell*, cujos valores mais elevados de valor e croma em solos de cores mais claras correspondem geralmente a menores teores de matéria orgânica (DEMATTÊ et al, 2011).

Houve o aumento de cores neutras N da matiz em sobreposição a matiz de cor 10Y no solo úmido. Nos horizontes subsuperficiais observou-se variação entre a expressão de matizes cinza na escala de 10Y para o N neutro e mais claro.

As colorações acinzentadas são decorrentes das condições de drenagem destes solos, que favorecem lixiviação rápida da matéria orgânica e compostos orgânicos e a perda do Fe bivalente solúvel do perfil do solo (RODRIGUES et al, 2001).

A consistência do solo, quando seca, variou de solta e macia entre os horizontes de todos os perfis. Apenas o P10 apresentou a consistência ligeiramente dura no horizonte A, caracterizada pela maior quantidade de matéria orgânica nesse perfil. (Tabela 7)

Quando úmida, a consistência variou entre solta nos perfis P01, P02, P05 e P08 e firme nos perfis P03, P09, sendo encontrado muito friável no P10; de solta a firme entre os horizontes A e E1 do perfil P05.

A consistência do solo quando molhada, variou entre não plástica (P01, P02, P05, P08), ligeiramente plástica (P03, P06, P09) e plástica no horizonte A do P10, e não pegajosa (P01, P02, P05, P08) a ligeiramente pegajosa (P03, P06, P09, P10) nos horizontes subsuperficiais. As características apresentadas pelo perfil P10 no horizonte A são explicadas pelo maior teor de matéria orgânica (Tabela 7), pois o aumento da matéria orgânica tende a aumentar a área superficial específica do solo, com consequente aumento de retenção de água, levando-o a ter maiores valores para os limites de plasticidade do solo. (APOLINO et al, 2006).



### 4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS DE SOLOS

Nos pontos P04 e P07 não foi possível realizar a abertura de perfil e sua classificação, por ocasião de dificuldades logísticas e climáticas durante a excursão de campo.

Os perfis P01, P02, P03, P05 e P08 apresentaram a sequência de horizontes A-C dentro dos primeiros 150 cm. Nos perfis P09 e P010 apresentaram a sequência de horizontes A-C-R.

O perfil P06 além da sequência de horizonte A-E também apresentou uma camada de perfil com caráter argissólico de 13 cm de espessura na profundidade de 0,31 a 0,44 cm.

Os perfis P01, P02, P03, P05 e P08 foram classificados como Neossolo Quartzarênico Órtico típico, por apresentarem no primeiro nível categórico a constituição de seus horizontes por material mineral (quartzo) e a sequência dos horizontes A-C. No segundo nível categórico todos apresentam textura areia ou areia franca até a profundidade de 150 cm, e não apresentando características que os classificassem como hidromórficos no terceiro nível categórico.

O perfil P06 foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico por apresentar uma camada com textura franca arenosa de 13 cm entre as camadas do horizonte C, assim modificando sua classificação no quarto nível categórico. Nos primeiros três níveis categóricos, este perfil exibiu características de classificação como Neossolo Quartzarênico Órtico.

De acordo com SiBCS (2018) para a classificação do quarto nível categórico dentre outros conceitos utiliza-se os horizontes intermediários ou transicionais, nas quais as características diagnosticadas associadas a outra classe em expressão inferior a necessária para definir o horizonte diagnóstico podem ser utilizadas na classificação desse nível categórico.

O perfil P09 foi classificado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico por apresentar no terceiro nível categórico características hidromórficas, com a presença do lençol freático dentro da profundidade de 150 cm. Apresentando no primeiro e segundo nível categórico características para a classificação como Neossolo Quartzarênico.

O perfil P10 foi classificado como Neossolo Litólico Distrófico típico, pois apresentou a sequência de horizontes A-C-R, no segundo nível categórico apresenta contato lítico dentro de 50 cm de profundidade caracterizando-o como Litólico, no terceiro nível categórico apresentando os horizontes com caráter distrófico com valor de V de 1,6 % e teor de M.O de  $2,1 \text{ dag.kg}^{-1}$ , o horizonte P10- A com uma espessura de 12 cm de M.O. não atendem os critérios de espessura para a classificação em Organossolo.

#### 4.4 ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

A estatística descritiva dos valores de densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), teor de umidade do solo (U) podem ser observados na tabela 8.

**Tabela 8. Atributos físicos do solo e estatística descritiva de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Ponto	Horiz.	Profun.	DENSIDADE (Mg m <sup>-3</sup> )		VTP. %	U %
			Dp	Ds		
P01	A	0-26	2,35	1,52	35,2%	2,3%
	C1	26+	2,47	1,64	34,6%	2,6%
P02	A	0 - 37	2,38	1,46	39,8%	2,8%
	C1	37+	2,22	1,58	29,7%	3,1%
P03	A	0 - 23	2,22	1,29	42,3%	9,8%
	C1	23 - 66	2,27	1,27	44,1%	14,9%
	C2	66+	2,24	1,67	25,0%	2,8%
P05	C1	0-20	2,33	1,41	39,9%	6,2%
	C2	20-54	2,35	1,47	37,4%	7,5%
	C3	54-120	2,50	1,53	39,7%	2,9%
	C4	120+	2,38	1,39	42,3%	22,9%
P06	A	0 - 31	2,41	1,60	33,5%	18,3%
	C1	31 - 44	2,33	1,67	28,7%	25,6%
	C2	44 - 93	2,30	1,87	19,9%	18,3%
	C3	93- 124	2,30	1,78	23,9%	17,8%
P08	C4	124+	2,41	1,52	37,4%	21,7%
	A	0 - 20	2,35	1,39	41,4%	2,3%
	C1	20 - 83	2,47	1,52	38,4%	3,6%
	C2	53 - 83	2,35	1,52	35,1%	2,1%
P09	C3	83+	2,35	1,58	33,1%	3,1%
	A	0 - 21	2,38	1,17	51,6%	27,6%
	C1	21 - 58	2,41	1,75	28,4%	19,7%
P10	C2	58+	2,41	1,47	39,3%	25,4%
	A	0 - 21	2,35	1,38	41,5%	26,1%
	C1	21 - 43	2,35	1,81	23,1%	23,3%
Média			2,36	1,53	34,9%	12,5%
Mínimo			2,22	1,17	18,8%	2,1%
Máximo			2,50	1,87	51,0%	27,6%
Desvio padrão			0,07	0,17	7,5%	9,7%
C. V.			3,10%	11,20%	21,7%	77,1%

Onde: Dp, densidade de partículas; Ds, densidade do solo; VTP., volume total de poros; U, umidade do solo; C.V., coeficiente de variação.

Não foi verificada correlação significativa entre os valores das variáveis Ds, Dp, VTP e U com os valores da granulometria das frações areia, argila e silte (Tabela 9).

**Tabela 9. Correlação de pearson entre os atributos físicos do solo de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.**

	Dp	Ds	VTP	Umid.s	Areia	Argila	Silte
Dp	1,00	0,03	0,24	0,04	0,21	-0,16	-0,24
Ds	0,03	1,00	-0,96	0,01	0,09	0,01	-0,18
VTP	0,24	-0,96	1,00	0,01	-0,02	-0,06	0,10
U	0,04	0,01	0,01	1,00	-0,39	0,31	0,41
Areia	0,21	0,09	-0,02	-0,39	1,00	-0,93	-0,90
Argila	-0,16	0,01	-0,06	0,31	-0,93	1,00	0,67
Silte	-0,24	-0,18	0,10	0,41	-0,90	0,67	1,00

Onde: Dp, densidade de partículas; Ds, densidade do solo; VTP., volume total de poros; U, umidade do solo; C.V., coeficiente de variação.

Os valores de densidade do solo (Ds) variaram de 1,17 Mg m<sup>-3</sup> a 1,87 Mg m<sup>-3</sup>. A densidade de partículas (Dp) variou de 2,22 Mg m<sup>-3</sup> a 2,50 Mg m<sup>-3</sup>.

Quando comparados a literatura, os solos arenosos estudados foram considerados com a Ds dentro da média para solos arenosos, mas o valor apresentado pode ocasionar restrição no crescimento radicular (REINERT et al, 2003; REINERT e REICHERT, 2006; REINERT et al, 2008; BARBOSA, 2015).

Para Reinert e Reichert (2006) os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 Mg m<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 Mg m<sup>-3</sup> para solos arenosos. (REINERT e REICHERT, 2006)

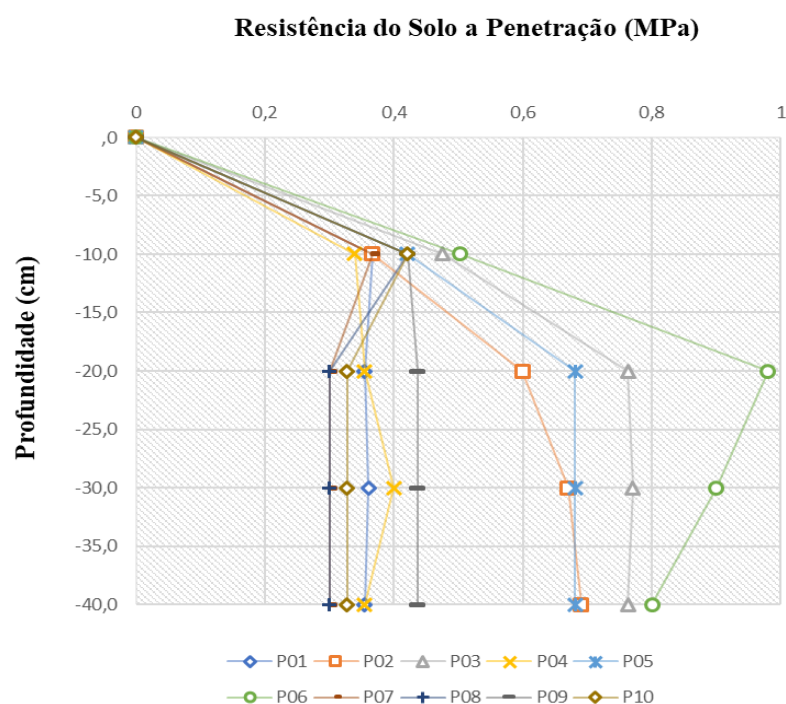
O volume total de poros (VTP) verificou-se a variação de 51,0 a 18,8%.

Os valores de VTP em solos arenosos podem apresentar a variação de 20,0 a 56,4%, variando de acordo com tamanho das partículas de areia e quantidade de argila apresentadas em cada solo (ISRAELSEN et al, 1965; ARSHAD et al, 1996; MARCOLAN, 2006; ANDRADE, 2014). Mas em geral solos arenosos tendem a apresentar valores de VTP menores que solos argilosos (ANDRADE e STONE, 2009).

Quanto ao teor de umidade do solo (U) a variação está relacionada às características dos solos amostrados, com menores teores nos perfis P01, P02, P05 e P08 classificados com Neossolo Quartzarênico Órtico, apresentando os valores máximos de umidade no solo nos perfis de P09 (27,59 %) e P10 (26,06%) respectivamente classificados como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico e Neossolo Litólico Hístico, sendo esses dois localizados próximos a áreas de afloramento do lençol freático.

A resistência do solo à penetração (RP) acompanhou as variações para a profundidade do solo.

A resistência do solo a penetração, densidade do solo e o conteúdo de água é influenciada pelo conteúdo de argila e C orgânico para solos com menos de 30 % de argila (SMITH et al,1997).



**Figura 3. Distribuição da resistência do solo a penetração (RP) de dez (10) solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.**

A fração areia predominou em todos os perfis. O teor médio de areia foi de 93,49 dag kg<sup>-1</sup> enquanto que os teores médios de argila foram abaixo de 4,5 dag kg<sup>-1</sup>, sendo essa característica observadas em quase todos os perfis. Os perfis P01, P02, P03, P05, P08, P09 e P010 foram classificados como Textura Arenosa (areia e areia franca). (Tabela 10).

**Tabela 10. Classificação e granulometria de oito (08) perfis de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Ponto	Classificação de Solos	Horiz.	Profun.	Granulometria g kg <sup>-1</sup>			TEXTURA
				Areia	Argila	Silte	
P01	Neossolo	A	0-26	967,7	10,8	21,5	Areia
	Quartzarênico Órtico típico	C1	26+	982,6	16,0	1,4	Areia
P02	Neossolo	A	0 - 37	983,5	8,0	8,5	Areia
	Quartzarênico Órtico típico	C1	37+	984,7	7,8	7,5	Areia

Continua na próxima página.

Continuação da Tabela 9

Ponto	Classificação de Solos	Horiz.	Profun.	Granulometria g kg <sup>-1</sup>			TEXTURA
				Areia	Argila	Silte	
P03	Neossolo	A	0 - 23	851,9	65,6	82,5	Areia
	Quartzarênico	C1	23 - 66	867,5	52,2	80,3	Areia Franca
	Órtico típico	C2	66+	855,2	71,8	73,0	Areia Franca
P05	Neossolo	C1	0-20	982,2	13,6	4,2	Areia
	Quartzarênico	C2	20-54	996,3	1,4	2,3	Areia
	Órtico típico	C3	54-120	969,5	0,8	29,7	Areia
		C4	120+	958,2	31,6	10,2	Areia
P06	Neossolo	A	0 - 31	912,8	2,6	84,6	Areia
	Quartzarênico	C1	31 - 44	718,8	155,2	126,0	Franco-Arenoso
	Órtico	C2	44 - 93	971,2	3,4	25,4	Areia
	argissólico	C3	93- 124	978,9	8,6	12,5	Areia
		C4	124+	809,3	136,2	54,5	Franco-Arenoso
P08	Neossolo	A	0 - 20	979,8	13,0	7,2	Areia
	Quartzarênico	C1	20 - 83	929,2	47,0	23,8	Areia
	Órtico típico	C2	53 - 83	986,4	8,8	4,8	Areia
		C3	83+	976,7	3,8	19,5	Areia
P09	Neossolo	A	0 - 21	936,0	5,2	58,8	Areia
	Quartzarênico	C1	21 - 58	959,1	13,8	27,1	Areia
	Hidromórfico típico	C2	58-120	981,1	3,4	15,5	Areia
P10	Neossolo	A	0 - 21	879,1	43,6	77,3	Areia
	Litófico Distrófico típico	C1	21 - 43	966,8	32,8	0,4	Areia

O perfil P06 apresentou horizontes com os maiores teores de argila, chegando a ultrapassar 15 dag kg<sup>-1</sup> e 13 dag kg<sup>-1</sup>, seguido do perfil P03 com teores 6 dag kg<sup>-1</sup> e 5 dag kg<sup>-1</sup>, o perfil P10 apresentou aparentemente um alto teor de matéria orgânica no horizonte P10-A, para esses três perfis foram realizadas as análises químicas como requisito para a classificação de acordo com o SiBCS (2018) (Tabela 11).

Os valores de pH em CaCl<sub>2</sub> variaram entre 3,9 a 4,5. Observou-se que os valores de pH CaCl<sub>2</sub> tendem a reduzir conforme aumenta a profundidade e em paralelo há aumento dos teores de H<sup>+</sup> Al. De acordo com as variáveis que expressam a acidez do solo, pode-se considerar o solo como muito ácido (EMBRAPA, 2017).

**Tabela 11. Valores da análise química dos perfis P06, P03 e P10 horizonte A.**

Perfil	cmol(C).dm <sup>-3</sup>									V	m	MO
	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K*	SB	CTC	CTCt	%	%	dag.kg <sup>-1</sup>
P6 - A	4,2	0,45	3,8	0	0	4	0,01	3,81	0,46	0,27	97,77	1,22
P6 - E1	4,3	0,3	2,8	0	0	2	0,01	2,81	0,31	0,18	98,32	0,45
P6 - E2	4,3	0,25	2,2	0	0	0	0,00	2,20	0,25	0,00	100,00	0,37
P6 - E3	4,4	0,2	2	0	0	0	0,00	2,00	0,20	0,00	100,00	0,35
P6 - E4	4,5	0,25	5,2	0	0	0	0,00	5,20	0,25	0,00	100,00	1,91
P3 - A	3,9	1,4	10,9	0,1	0	10	0,13	11,03	1,53	1,14	91,76	2,18
P3 - E1	4,2	0,8	7,2	0,1	0	0	0,10	7,30	0,90	1,37	88,89	1,51
P3 - E2	4,3	0,4	2,5	0,1	0	0	0,10	2,60	0,50	3,85	80,00	0,37
P10 - A	2,9	0,9	8	0,1	0	14	0,14	8,14	1,04	1,67	86,88	2,1

Onde: \*mg dm<sup>3</sup> SB = K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; CTC = SB + (H+Al); CTC = SB + Al<sup>3+</sup>; V (%) = (SB / CTC) x 100; m (%) = Al<sup>3+</sup> / (CTC) x 100.

Não foi possível a quantificação dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> no perfil P06 e no perfil P03 pois apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. O teor de Ca<sup>2+</sup>, que foi de 0,1 cmol(C) dm<sup>-3</sup> em todos os horizontes do perfil. Os valores K máximos foram de 10 e 4 mg dm<sup>-3</sup> sendo estes maiores nos horizontes superficiais de ambos os perfis, isso pode ser explicado pela proximidade com a camada orgânica e os processos mineralização da matéria orgânica. Sendo os valores de Al<sup>3+</sup> os que mais contribuíram para a CTC do solo.

Os valores encontrados estão de acordo com os valores presentes na literatura para esses tipos de solos, onde a soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>) são encontrados variando de 0,13 a 0,24 cmolc kg<sup>-1</sup> de solo, e decrescem com a profundidade (RODRIGUES et al., 2001).

Em função da pobreza do material de origem e da intensa lixiviação a que são submetidos esses solos, apresentam-se esgotados em todas as bases trocáveis, tendo os pontos de troca e solução dos solos ocupados por H e Al extraível (COLEMAN et al, 1967).

Nos solos arenosos estudados foram considerados com valores da percentagem de saturação de bases (V%) baixos, variando de 3,85 a 0,18 %.

A percentagem de saturação de bases (V%) apresentou valores que quando comparados aos valores obtidos nos levantamentos de solos arenosos realizados por Rodrigues (2001) e Mendonça (2015), variando de 20,51 a 7,40 (V%), em áreas com as mesmas características foram considerados abaixo da média.

Para fim de classificação de solos dos perfis P03 e P06, as análises químicas não foram utilizadas até o quarto nível categórico, apenas no quinto nível categórico o perfil P06-E2 foi classificado como endodistrófico por apresentar um horizonte com saturação de base abaixo de 50% (V<50%) e teor de argila de 150 g Kg<sup>-1</sup>.

A percentagem de saturação de bases (V%) foi utilizada na classificação do terceiro nível categórico do perfil P10, classificado como distrófico por apresentar os horizontes com saturação de base abaixo de 50% ( $V < 50\%$ ).

## CONCLUSÃO

Dos oito perfis de solos caracterizados e classificados de acordo com o SiBCS, cinco foram classificados como sendo Neossolo Quartzarênico Órtico típico, um como Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico, um como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico e um como Neossolo Litólico Distrófico típico.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, A. B. Aspectos florísticos e fitogeográficos de Campinas e Campinaranas, na Amazônia Central, Manaus. 1978. (**Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas**) INPA-FUA, Manaus.

ANDRADE, F. T. et al. Qualidade física de um Neossolo Quartzarênico estimada via Índice S e área sob a curva. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014

ANDRADE, H. et al. **Pedogeomorfologia e micropedologia de uma seqüência de Latossolo – Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas. Genomos**. Belo Horizonte, 5(1): 55-66. 1997.

ANDRADE, R.S.; STONE, L.F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.382–388, 2009.

APOLINO J. N.; S. MÁRIO, S.; CARVALHO, V. C. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 10, n. 3 jul. 2019 Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300007> >. Acesso em: 17 fev. 2019

ARSHAD, M. A.; LOWERY, L.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J. W; Jones, A. J. (ed.) Methods for assessing soil quality. **Madison: Soil Science Society of America**, 1996. p.123-142. Special Publication, 49

BARBOSA, L.C. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA CANA PLANTA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. **Dissertação de Mestrado**; Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP- 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL** Folha SA.21 Santarém PA, AM e RR.; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 370 p. 1975b (Levantamento dos Recursos Naturais, 9).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA -21 Tumuquaque, NB – 20 Roraima e NB – 21, Rio de Janeiro, v. 8, 428 p. 1975a. (Levantamento dos Recursos Naturais, 8).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 21 Tumucumaque e parte da Folha NB. 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 370 p. 1975b (Levantamento dos Recursos Naturais, 9).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SA.20 Manaus AM e RR Catena, v. 59, p. 279–304, 2005.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado do Amazonas; Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. Escala 1; 1,000.000. Rio de Janeiro; CPRM, 2006.

CUNHA, O. M. et al. Formas de alumínio em solos ácidos brasileiros com teores excepcionalmente altos de  $Al^{3+}$  extraível com KCl. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, p. 1362 – 1377, 2015.

DEMATTE, J. L.I.; NANNI, M. R. Opções de manejo nos solos arenosos. **Boletim informativo da SBCS**. Jan - abr 2018

DEMATTE, J.A.M; BORTOLETTO, M. A. M.; VASQUES, G. M.; RIZZO, R. Quantificação de matéria orgânica do solo através de modelos matemáticos utilizando colorimetria no sistema Munsell de cores. **Solos e Nutrição de Plantas**, Bragantia, Campinas, v. 70, n. 3, p. 590-597, jun./jul. 2019

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília, 2017 212p.

Equipe do RStudio (2015). **RStudio: Desenvolvimento Integrado para R**. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/> .

GUIMARÃES, S. T. et al. Caracterização e classificação de gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, n. 2, p. 317-326, 2013.

IBGE, 2010a. **Mapa de Vegetação do Estado do Amazonas**. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/vegetacao/unidades\\_federacao/am\\_vegetacao.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/am_vegetacao.pdf) Acesso em 30 de outubro de 2017

IBGE, 2010b. **Mapa de Solos do Estado do Amazonas**. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/pedologia/unidades\\_federacao/am\\_pedologia.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/am_pedologia.pdf) Acesso em 30 de outubro de 2017.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017**.

IBGE. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro; IBGE/EMBRAPA. 2001. 1 mapa colorido, 107x100cm na escala 1: 5.000.000.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto Prodes - Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 20 dezembro. 2018

ISRAELSEN, O. W.; HANSEN, V. E. Princípios y aplicaciones del riego. 2.ed. Barcelona: **Editorial Reverte**, 1965. 400p acessado em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=vRtP>>

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. **Fondo de Cultura Econômica**. México. 479p.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus; CPRM, 2010. p.275

MANTOVANI, E.C. **Compactação do solo**. In f. Agropec., Belo Horizonte, 13(147):52-55, 1987.

Manual de campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais. Inventário Florestal Nacional – Particularidades Bioma Amazônico. / **Serviço Florestal Brasileiro**. – Brasília: SFB, jan. 2015.

Manual de descrição e coleta de solo no campo, por R.D.dos Santos et al. 53 ed. **revista e ampliada Viçosa**, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

**Manual técnico de pedologia; guia prático de campo** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro ; IBGE, 2015.134 p

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.163-170, 2006.

MARTINS, F. R.; MATTHES, L. A. F. Respiração edáfica e nutrientes na Amazônia na região de Manaus: floresta Arenícola, campina, campinarana (I). *Acta Amazônica*, Manaus, AM. v.8, n.2, p.233-244, 1978.

MENDONÇA, B.A.F. Os Solos das Campinaranas na Amazônia Brasileira: Ecossistemas Arenícolas Oligotróficos. **Ciência Florestal** , Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 827-839, dez. 2015.]

MICHELON, C.J.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; MELO, G. L. DE ANDRADE. Qualidade física dos solos irrigados de algumas regiões do Brasil Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.13 no.1 Campina Grande Jan./Feb. 2009

R Development Core Team (2011). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas; Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. *Ci Amb.*, 27:29-48, 2003.

REINERT, D. J. et al. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2008, vol.32, n.5, pp.1805-1816. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500002>.

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

RODRIGUES, T.E. **Caracterização e classificação dos solos do município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas**. Tarcísio Ewerton Rodrigues ... [et al.]. - Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 50p. 21cm. - (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 123)

SCHAEFER C. E. G. R; CURIN,.; KER J.C; NOVAIS R.F; VIDAL-TORRADO P.; **Pedologia - Solos dos Biomas Brasileiros. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**; 2017 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A. & LORENTZ, S. **The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forest soils.** Geoderma, 78:93-111, 1997.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R.C. **Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo).** In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. Santa Maria: UFSM, 2004.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia seus solos e outros recursos naturais. Ed. Agrônômica Ceres.** São Paulo, 1987. 416 p.

## CAPITULO 2

### TEORES NATURAIS DE METAIS PESADOS EM SOLOS ARENOSOS DENTRO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS - RMM.

#### RESUMO

Os órgãos de monitoramento ambiental necessitam de indicadores de referência para avaliação continuada dos impactos ambientais, os valores orientadores de referência (VQR) são indicadores de qualidade de solos, obtidos a partir dos teores naturais de metais pesados presentes nas diversas classes de solos de uma região. O capítulo teve como objetivo determinar os teores naturais e VQR's dos elementos químicos Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Prata (Ag), Bário (Ba), Boro (B), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Selênio (Se), Vanádio(V) e Zinco (Zn) em solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus. Para isso, foram determinados os teores semi-totais por ataque ácido, com digestão em forno micro-ondas, conforme o método EPA 3051A da Environmental Protection Agency (USEPA) e os teores por espectrofotometria de emissão óptica com plasma induzido (ICP-OES). Os teores dos elementos Ag, As, B, Co, Cu, Sb, Se e V não foram quantificados nas amostras provavelmente por terem ficado abaixo do limite de detecção do equipamento. Os teores dos metais pesados encontrados nos solos estudados seguiram a ordem decrescente: Al>Fe>Zn>Cr>Ni>Mn>Mo>Ba>Pb>Hg. Os elementos que apresentaram os maiores teores foram Al e Fe, médias de 1960,97 mg Kg<sup>-1</sup> e 1,92 mg Kg<sup>-1</sup>, seguidos de Zn, Cr e Ni com médias de 10,95 mg Kg<sup>-1</sup>, 5,69 mg Kg<sup>-1</sup> e 4,28 mg Kg<sup>-1</sup> respectivamente. Os teores totais extraídos nos solos arenosos são relativamente baixos e inferiores aos reportados para VQR's, Valores de Prevenção (VP) e Valores de investigação (VI) de solos do Estado do Amazonas, CONAMA e outras regiões brasileiras.

Palavras-chave: Contaminantes, monitoramento ambiental, teores naturais de metais pesados em solos arenosos.

## INTRODUÇÃO

Metais pesados são elementos químicos inorgânicos com elevado nível de reatividade a bioacumulação, dependendo da quantidade acumulada no solo passam a ser tóxicos ocasionando sérios riscos ao meio ambiente e à saúde humana. O termo “Metais pesados” refere-se a um grupo heterogêneo de elementos químicos que incluem, além de metais, como Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V e Zn, também semimetais, como o As, e não-metais, como o Se. São elementos que possuem densidade maior que  $6 \text{ g cm}^{-3}$  ou raio atômico maior que  $20 \text{ \AA}$  (ALLOWAY, 2010).

Para o presente estudo, o termo metal pesado será definido quanto às propriedades químicas e não químicas e toxicidade, desta forma abrangendo os seguintes elementos químicos: Ba, V, Cr, Mo, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, B, Al, Pb, As, Sb, e Se (DUFFUS, 2002).

Os metais pesados ocorrem de maneira natural no solo em pequenas quantidades, sendo chamado de elementos-traço por sua baixa concentração, são necessários para a realização de algumas funções orgânicas nas plantas e animais. Sua ocorrência no solo é proveniente de três formas, (1) litogênicos - metais oriundos de fontes geológicas (material de origem); (2) pedogênicos - metais advindos de fontes litogênicas, mas modificados devido aos processos de formação do solo; e, (3) antropogênicos - metais depositados sobre e/ou dentro dos solos, como resultado de atividades exercidas pelo homem (KABATA-PENDIAS; MUKHERJEE, 2007).

A determinação de valores de qualidade ambiental para a fiscalização e manutenção das funções do solo é uma necessidade observada em todo o mundo. Os Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQ) são propostos através da determinação dos teores naturais de metais pesados existentes em áreas sem ação antrópica servindo como parâmetro para fiscalização e monitoramento de áreas passivas de contaminação.

Os órgãos de monitoramento ambiental necessitam destes indicadores de referência de metais pesados para a avaliação e monitoramento de áreas impactadas ou suspeitas de contaminação por atividades antrópicas. Portanto, valores orientadores de referência de qualidade para solos devem refletir a concentração natural de determinada substância no solo e, desse modo, fornecer a base para a avaliação da sua qualidade (TENG et al., 2009).

Em todo o mundo utilizam-se várias terminologias para a definição dos valores de qualidade do solo, estabelecendo geralmente, faixas de valores indicativos dos diferentes níveis de contaminação de metal nos solos. A legislação brasileira estabelece três valores orientadores

distintos: Valores Orientadores de Referência de Qualidade (VRQs), Valores de Prevenção (VP) e de Valores Investigação (VI) (CONAMA, 2009).

Esses valores são com base na análise de solos sob condição natural (sem nenhuma ou mínima interferência antrópica) e na análise de risco (BIONDI et al., 2011b). Levando em consideração a diversidade geológica e pedológica do Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA<sup>1</sup> estabeleceu na resolução 420/2009 os critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas para a proteção da qualidade do solo, pois a existência de áreas contaminadas pode configurar sério risco à saúde pública e ao meio ambiente, determinando que cada estado da Federação estabeleça seus próprios VRQ's, em virtude das suas peculiaridades regionais, sendo necessária uma seleção prévia dos possíveis áreas do Estado do país, com base em critérios, tais como o material de origem do solo, relevo e clima, de modo a obter um conjunto da geomorfologia, pedologia e geologias locais (CONAMA, 2009).

No Brasil já foram realizados estudos em diversos Estados federativos para determinar a concentração dos metais pesados e como esses elementos estão distribuídos em ambientes sem ou com ação antrópica mínima e em áreas contaminadas (ALTHAUS, 2017; MOREIRA, 2016; TEXEIRA FILHO, 2016; MATTOS, 2014; PRESTON et al., 2014; MELO et al., 2013; BIONDI et al., 2011; SANTOS,<sup>1</sup> 2011; PAYE, 2008; SILVA et al., 2007).

Nas últimas décadas o Estado do Amazonas têm passado por um processo de reestruturação de suas cadeias de produção. A intensificação do crescimento industrial, da atividade petroleira e da exploração de minas, além da expansão de áreas agrícolas e o crescimento populacional oriundo dessas atividades fazem parte dessa reestruturação.

As cidades na Amazônia brasileira são particulares em diversos aspectos quando comparadas às demais cidades do Brasil. Segundo IBGE (2017) Manaus é a sétima capital mais populosa do Brasil possuindo mais de dois milhões de habitantes, sendo que 62% da população do estado do Amazonas residem na Região Metropolitana de Manaus (RMM), formada pelos municípios de Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Itapiranga, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva e Silves.

A RMM é peculiar por estar localizada em ambiente de floresta, por sua dimensão territorial abrangendo significativa parte do estado do Amazonas (LIMA, 2010), esta área está sofrendo constante pressão com o crescimento da urbanização e metropolização do espaço

---

<sup>1</sup> Doravante denominado CONAMA.

sobre os remanescentes Florestais, causando impactos e degradação do solo e água, além de ocasionar danos futuros à saúde da população.

Diante do crescimento das áreas urbanas e industriais, com a ocupação inadequada e o desenvolvimento de usos incompatíveis com a capacidade de suporte do solo, ocorre a possibilidade do aumento no nível de acumulação de elementos químicos nocivos ao meio ambiente no solo. As atividades antrópicas, como as industriais, agrícolas e de mineração podem aumentar significativamente a concentração de metais pesados em solos, causando a contaminação e podendo comprometer o ambiente (ALLOWAY, 2010).

Apesar da grande importância do conhecimento da presença e dos teores de metais pesados nos solos arenosos há escassez de trabalhos sobre o assunto no Estado do Amazonas. Este capítulo pretende determinar os valores naturais para os elementos inorgânicos Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Prata (Ag), Bário (Ba), Boro (B), Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Selênio (Se), Vanádio(V) e Zinco (Zn) em solos de textura arenosa, visando auxiliar os órgãos ambientais do estado na formulação da legislação específica para o monitoramento desses elementos nos solos do Amazonas.



## **2 OBJETIVOS**

### **GERAL:**

Determinar os teores naturais nos solos dos elementos químicos Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Prata (Ag), Bário (Ba), Boro (B), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), , Chumbo (Pb), Selênio (Se), Vanádio(V) e Zinco (Zn) em solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus.

### **ESPECÍFICOS:**

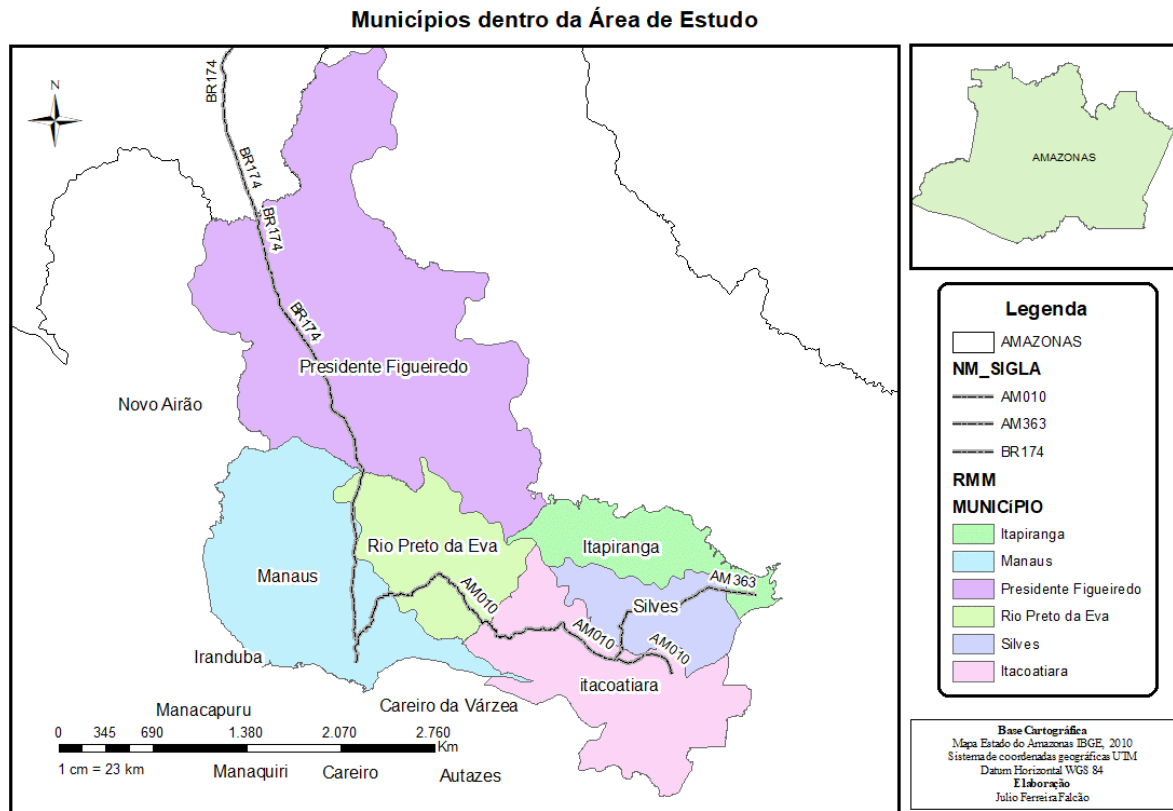
Determinar os teores naturais dos metais pesados.

Determinar os VRQ's de metais pesados para os solos estudados.

### 3 MATERIA E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo estão inseridas dentro do Estado do Amazonas abrangendo seis (06) municípios pertencentes à Região Metropolitana de Manaus.



**Figura 4 - Mapa de localização da Área de Estudo dos seis municípios da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010b

#### Clima

O clima do estado, segundo a classificação de Köppen (1948), é dividido em dois tipos climáticos: Afi (clima tropical chuvoso sem estação seca) e Ami (clima tropical chuvoso com pequeno período seco). A área apresenta ainda uma temperatura média anual de 25,9 °C, precipitação de 2536 mm por ano e uma evapotranspiração de 1542 mm por ano (VIEIRA; SANTOS, 1987).

#### Tipologia florestal

Segundo dados do IBGE (2010a) na área de estudo estão presentes as seguintes tipologias florestais: (1) floresta ombrófila densa que abrange a maior parte do estado do

Amazonas, tanto nas áreas mais baixas, que se encontram permanentemente inundadas, até as áreas com altitudes superiores a 2000 m. (2) floresta ombrófila aberta que apresenta como característica principal a presença de espécies arbóreas de menor porte (25 m), com maior espaçamento entre indivíduos, apresentando como espécies principais palmeiras e bambus. (3) campinaranas que são vegetações adaptadas à baixa fertilidade do solo, pois sua ocorrência está associada às classes dos Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos. As formações de campinaranas existentes estão diretamente relacionadas com o conteúdo de água no solo. Assim, solos que estão por um pequeno período do ano em condições inundadas, podem suportar as formações de campinaranas florestadas e arborizadas, enquanto solos com maior período de inundação tendem a suportar as campinaranas dos tipos arbustiva e gramíneo-lenhosa

### **Relevo**

O estado do Amazonas é caracterizado pelo predomínio de cotas altimétricas inferiores a 200 m, formando os baixos platôs e tabuleiros, que estão associados às bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões.

Entre os municípios de Manaus e Presidente Figueiredo o relevo é formado por planícies aluvionares recentes, peneplanos rebaixados, pequenas escarpas de cuevas e platô arenítico. Em Manaus observa-se principalmente a Planície Amazônica, tendo o rio Solimões em seu eixo. As áreas aplainadas ocorrem a norte do rio Negro e configuram o pediplano Rio Branco-Rio Negro (BRASIL, 1975b, 1978; MAIA, 2010).

### **Solos**

Os solos da região de estudo foram classificados como Argissolos, Latossolos, Plintossolos, Espodossolos e Neossolos (MOREIRA, 2016).

Os Argissolos e Latossolos (Amarelos e Vermelho-Amarelos) nas zonas cristalinas do Cráton amazônico, em relevo dissecado, ainda que suave, dominam e são geralmente distróficos, exceto onde ocorrem rochas máficas (SCHAEFER et al, 2017).

Nas encostas, encontra-se a classe dos Espodossolos, que são solos minerais não-hidromórficos, com presença de argilas de baixa atividade e nas regiões próximas a cursos d'água, encontraram-se depósitos de areia de quartzo branco, caracterizando os solos da classe dos Neossolos (MOREIRA, 2016).

### **Geologia**

A formação geológica primária da Região Metropolitana de Manaus é a Formação Alter do Chão.

Segundo Cunha et al. (1994), o embasamento geológico da região faz parte da Formação Alter do Chão, originada durante o período Cretáceo Superior, e que recobre parcialmente todas as unidades paleozóicas pós-silurianas da Bacia do Amazonas. Essa formação é representada por arenitos e argilitos, com espessura estimada em 1250 m, à qual se atribui um ambiente de deposição flúvio-lacustre a fluvial. Sobre a unidade se desenvolvem depósitos aluviais quaternários, representados por perfis lateríticos com formação de cascalheiras, caulinita e depósitos de areias residuais.

A Geologia do trecho entre Manaus e Presidente Figueiredo é representada pela Formação Alter do Chão, a qual é constituída de arenitos e argilitos, subordinamente conglomerados. Arenitos argilosos vermelhos, duros e pobremente estratificados (VIEIRA E ALBUQUERQUE, 2004).

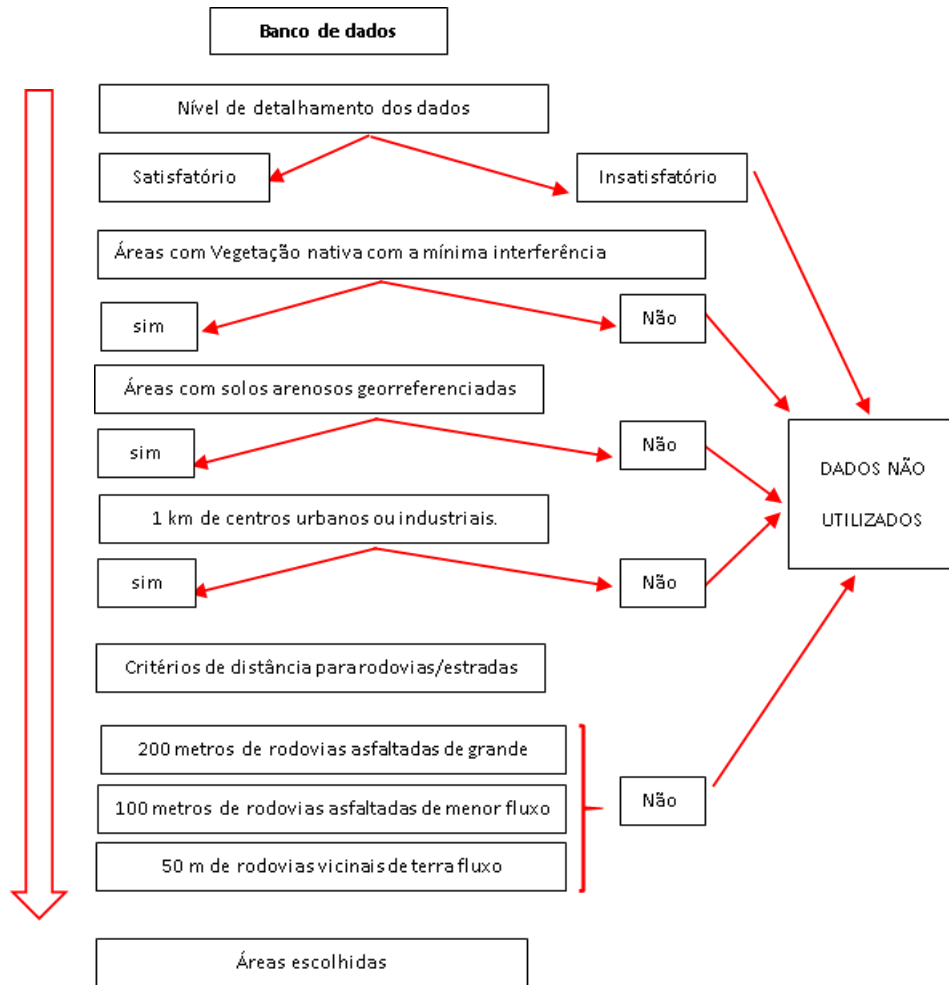
### **3.2 PLANEJAMENTO DAS CAMPANHAS DE CAMPO**

Inicialmente foi realizado o planejamento das campanhas de campo. Foram utilizados os bancos de dados geográficos em formato digital, disponibilizados pelas plataformas oficiais de dados geográficos do governo brasileiro, banco de dados utilizados:

- 7- Mapa de solos do Estado do Amazonas (1:1.800.000) (IBGE, 2010b);
- 8- Banco de dados dos Projetos PRODES, DATER, MacroZEE (INPE,2017);
- 9- Banco de dados de Geodiversidade do Amazonas (CPRM, 2006);
- 10- Banco de dados Fitogeográfico do Estado do Amazonas (IBGE, 2010);
- 11- Banco de dados do Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 2017);
- 12- Banco de dados do projeto Cartografia da Amazônia - Levantamento geológicos Básicos- Geologia e Recursos Minerais da Região Metropolitana de Manaus, AM (CPRM,2016).

O banco de dados foi analisado por meio de técnicas de geoprocessamento no programa QGIS (QGIS Development Team, 2017) e seus complementos, no qual foi feita análise de sobreposição espacial de camadas dos dados, que associado à análise de degradação ambiental do projeto PRODES, foi possível a identificação de áreas homogêneas e que apresentavam mínima ação antrópica.

Na Figura 5 encontram-se os critérios para alocação das áreas de abertura de perfis do solo, coleta de amostras para classificação e caracterização física e química dos solos e medições de demais atributos.



**Figura 5 - Organograma dos critérios para indicações de áreas de coleta dentro da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

A partir da análise do banco de dados, foi determinada dez (10) possíveis áreas, que a priori se encaixaram nos requisitos mínimos exigidos. A análise teve como objetivo obter a maior similaridade nos solos.

As áreas escolhidas compreendem os municípios da região metropolitana de Manaus no estado do Amazonas, que se localizam no entorno das Rodovias Estaduais AM-010, AM-363 e Rodovia Federal BR-174: Manaus, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Itapiranga e Silves (Tabela 12)

As áreas pré-determinadas foram plotadas em um receptor GPS modelo GPSMAP® 76 para facilitar a localização destas durante visitas in loco.

Todas as áreas foram visitadas e avaliadas antes do procedimento de coleta, com o objetivo de conhecer suas reais condições e se estas estavam de acordo com os critérios estabelecidos.

As características encontradas nas áreas foram anotadas na ficha de campo para compor o banco de dados do solo, sendo descartadas as áreas que não estavam de acordo com os critérios estabelecidos ou apresentavam dificuldades inerentes à coleta das amostras.

**Tabela 12. Características e localização das áreas selecionadas para coleta de solos**

<b>Perfil</b>	<b>Município</b>	<b>coordenadas</b>	<b>Altitude</b>	<b>Material de origem</b>	<b>Formações geológicas<sup>1</sup></b>
<b>P01</b>	Itapiranga	-02° 35' 19.06" O -60° 01' 57.63" S	20,55 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P02</b>	Silves	-02° 47' 02.11" O -60° 05' 14.99" S	30,64 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P03</b>	Silves	-02° 49' 48.86" O -59° 51' 51.86" S	35,93 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P04</b>	Itacoatiara	-02° 53' 55.47" O -59° 07' 13.41" S	25,60 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P05</b>	Itacoatiara	-02° 53' 57.86" O -59° 07' 22.00" S	31,84 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P06</b>	Rio Preto da Eva	-03° 00' 01.92" S -58° 41' 34.17" O	45,78 m	Arenitos	Aluviões Holocênicos
<b>P07</b>	Manaus	-02° 47' 24.87" S -58° 38' 34.03" O	50,11 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P08</b>	Presidente Figueiredo	-02° 42' 04.62" S -58° 15' 29.92" O	72,70 m	Arenitos	Alter do Chão
<b>P09</b>	Presidente Figueiredo	-01° 59' 28.23" S -59° 56' 27.51" O	131,58 m	Arenitos	Grupo Trombetas
<b>P10</b>	Presidente Figueiredo	-01° 59' 08.84" S -60° 03' 45.53" O	121,97 m	Arenitos	Grupo Trombetas

Fonte: 1 - Banco de dados de Geodiversidade do Amazonas (CPRM, 2006).

### 3.3 COMPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 80 – 100 cm.

Na profundidade de 0 – 20, cm, cada amostra foi formada por (05) cinco pontos de amostragens simples (sub-amostras), sendo composto por um ponto central e os demais pontos distantes 10 metros do ponto central, dispostos no sentido a Norte, Sul, Leste e Oeste (ABRAHÃO; MARQUES, 2013).

Na profundidade de 80 – 100 cm, cada amostra foi composta por apenas uma (01) amostra simples localizado no ponto central.

Em solos pouco profundos onde não foi possível chegar a profundidade proposta pela metodologia, as amostras foram retiradas na profundidade máxima permitida da escavação do perfil (Tabela 13).

**Tabela 13.** Descrição e profundidade de coleta das amostras de solo.

<b>Perfil</b>	<b>Município</b>	<b>coordenadas</b>	<b>Identificação da amostra</b>	<b>Profundidade de coleta(cm)</b>
<b>P01</b>	Itapiranga	-02° 35' 19.06" O	P1- 0-20	0 - 20
		-60° 01' 57.63" S	P1-80-100	80 - 100
<b>P02</b>	Silves	-02° 47' 02.11" O	P2-0-20	0 - 20
		-60° 05' 14.99" S	P2-80-100	80 - 100
<b>P03</b>	Silves	-02° 49' 48.86" O	P3-0-20	0 - 20
		-59° 51' 51.86" S	P3-80-100	80 - 100
<b>P04</b>	Itacoatiara	-02° 53' 55.47" O	P4-0-20	0 - 20
		-59° 07' 13.41" S	P4-80-100	80 - 100
<b>P05</b>	Itacoatiara	-02° 53' 57.86" O	P5-0-20	0 - 20
		-59° 07' 22.00" S	P5-80-100	80 - 100
<b>P06</b>	Rio Preto da Eva	-03° 00' 01.92" S	P6-0-20	0 - 20
		-58° 41' 34.17" O	P6-80-100	80 - 100
<b>P07</b>	Manaus	-02° 47' 24.87" S	P7-0-20	0 - 20
		-58° 38' 34.03" O	P7-80-100	80 - 100
<b>P08</b>	Presidente Figueiredo	-02° 42' 04.62" S	P8-0-20	0 - 20
		-58° 15' 29.92" O	P8-80-100	80 - 100
<b>P09</b>	Presidente Figueiredo	-01° 59' 28.23" S	P9-0-20	0 - 20
		-59° 56' 27.51" O	P9-80-100	80 - 100
<b>P10</b>	Presidente Figueiredo	-01° 59' 08.84" S	P10-0-20	0 a 20
		-60° 03' 45.53" O	P10-80-100	30 a 43

### 3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Os seguintes procedimentos foram adotados para a realização das coletas de solo e determinação dos valores de referência de qualidade para metais pesados (CONAMA, 2009):

Primeiramente foi realizada a limpeza de galhos e cipós em torno do ponto de coleta sem que a superfície do solo fosse raspada. Para coleta das amostras em campo todos os utensílios utilizados foram fabricados em aço inox (trado holandês, enxada, faca) evitando assim contaminações.

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 80 – 100 cm, com auxílio de um trado holandês e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Os locais das coletas foram georreferenciados, sendo os dados plotados com auxílio de receptor GPS.

### **3.5 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE.**

As sub-amostras foram expostas em local sombreado por 14 dias até a perda de parcial da umidade. Em seguida, foram destorroadas e passadas em peneira de aço inox com malha de 2 mm para compor a terra fina seca ao ar (TFSA).

As amostras peneiradas foram armazenadas em potes plásticos e identificadas para compor um banco de amostras de solos georreferenciadas do estado do Amazonas.

Após secas e peneiradas foram retirados 160 g de cada sub amostra para compor a amostra composta representativa do ponto de amostragem, gerando uma amostra composta com um peso aproximadamente de 0,800 kg. A partir do material das amostras compostas foram realizadas todas as análises previstas para este estudo.

### **3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA**

Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UFAM e seguiram a metodologia prevista no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA,2017).

Foram realizadas as análises químicas:

- Os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com solução de  $\text{KCl}$   $1\text{ mol L}^{-1}$ .
- A extração de  $\text{H+Al}$  foi efetuada com solução de acetato de cálcio  $0,5\text{ mol L}^{-1}$ , a pH 7,0.
- P (Fósforo disponível) e  $\text{K}^+$  trocáveis, extraídos por solução Mehlich-1 e determinados por fotocalometria;
- Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por titulometria com solução de  $\text{EDTA}$   $0,0125\text{ mol L}^{-1}$ ; e  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H+Al}$ , por titulometria com  $\text{NaOH}$   $0,025\text{ mol L}^{-1}$ .
- Matéria orgânica (MO), por colorimetria.

Utilizou-se a metodologia de cálculo do Manual de métodos de análise do solo (EMBRAPA, 2017) para a obtenção dos valores de capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V).

Foi realizada a análise granulométricas das amostras de solo pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2017).



### **3.7 PROCEDIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE METAIS PESADOS**

#### **3.7.1 Procedimento realizado para o preparo das amostras:**

Uma quantidade aproximada de quinze gramas de terra fina seca ao ar (TFSA) foi macerada em almofariz de ágata até completa passagem em peneira de 200 mesh (abertura de 0,074 mm).

#### **3.7.2 Procedimento de digestão ácida das amostras:**

A digestão ácida das amostras foi realizada no Laboratório de Métodos Espectroscópicos – LAMESP - Central Analítica - CAUFAM/UFAM de acordo com a metodologia EPA 3051A (USEPA, 2017), proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, sendo este um dos métodos sugeridos pela resolução no 420/2009 do CONAMA (CONAMA, 2009).

Após o processo de maceramento, foi pesado 0,5 g desta fração, que foi adicionada em vaso de teflon (capacidade de 50 mL). Foram então adicionados 10 mL de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) para a digestão parcial das amostras e o processo de digestão foi realizado no Sistema de digestão de microondas MARS 6™ em forno de micro-ondas.

A digestão das amostras ocorreu em duas etapas; a primeira, chamada de rampa de aquecimento, é a fase em que há o aquecimento das amostras até uma temperatura próxima de 180 °C, durante um período de 5 minutos; a segunda etapa é chamada de patamar, onde as amostras permaneceram a uma temperatura constante de aproximadamente 180 °C durante um período de 5 minutos.

Após digestão parcial das amostras, os extratos foram adicionados em tubos falcon de 50 mL, sendo filtrado e tendo o seu volume completado com água ultrapura.

#### **3.7.3 Determinação dos teores de metais pesados**

A determinação dos teores de metais pesados nos solos estudados foi realizada no Laboratório de Análises Mineraias – LAMIN – CPRM/MANAUS, de acordo com a metodologia proposta pela resolução no 420/2009 do CONAMA (CONAMA, 2009).

Foram analisadas as concentrações dos seguintes elementos: Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Prata (Ag), Bário (Ba), Boro (B), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr),

Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Selênio (Se), Vanádio (V) e Zinco (Zn)

Os valores de concentração foram obtidos em aparelho de espectrofotometria de emissão ótica com plasma induzido acoplado (ICP-OES OPTIMA 8000) em uma potência de 1700W. Os parâmetros operacionais do equipamento seguiram a recomendação do fabricante.

### 3.8 CONTROLE DE QUALIDADE DAS ANÁLISES.

As curvas de calibração para determinação dos metais foram preparadas em triplicata a partir dos brancos obtidos na digestão ácida e utilizando as soluções padrões de estoque de elementos químicos:

- Inorganic Ventures para As, Pb, Cd, Se do Lote M2-MEB664335
- Inorganic Ventures para Al, Ba, Fe, Mg, Mn e Zn do Lote M2- MEB664332
- Inorganic Ventures para V, B, Ni, Cr, Co e Cu do Lote M2-MEB664340
- Fluka Analytical para Ag do lote BCBC6802
- NIST 3133 – Material Certificado para Hg

Todos com 1000  $\mu\text{g L}^{-1}$  de concentração utilizando-se água ultrapura para diluição.

Os ácidos utilizados nas análises foram de elevada pureza (Merck PA). Todas as soluções foram preparadas em água ultrapura (Sistema Direct-Q 3 Millipore). Para limpeza e descontaminação das vidrarias, as mesmas foram mantidas em solução de ácido nítrico 5% por 24 horas e enxaguadas com água destilada.

Para coleta das amostras em campo e para o preparo das amostras foram utilizados utensílios fabricados em aço inox (trado holandês, enxada, peneira, espátula) evitando contaminações.

### 3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados analíticos foram avaliados por análise descritiva, considerando os parâmetros de posição, média e mediana e de dispersão, valores mínimos e máximos, desvio-padrão e coeficiente de variação.

Para fins de determinação dos valores dos percentis 90, 75, 50 e 25 dos elementos químicos (Al, Fe e metais Pesados) foram utilizados os gráficos *boxplot* para identificação *outliers*;

Utilizando as equações 1 e 2 como tratamento estatístico foram retirados os valores superiores ou inferiores aos limites superiores (LS) ou limite inferior (LI), respectivamente.

Tais limites são calculados com base no percentil 75(P75) e percentil 25(P25), conforme indicado por Reimann et al, (2005), que aponta este método como o que melhor permite a identificação de *outliers* em dados geoquímicos.

$$LS=P75+1,5 \times (P75-P25) \quad (1)$$

$$LI=P25+1,5 \times (P75-P25) \quad (2)$$

Foi proposto os valores de referência (VR) de metais pesados adotando o quartil superior (75%) e os limites de tolerância, o percentil 90 dos resultados analíticos obtidos, conforme metodologia do CONAMA (2019). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio do programa R (Versão 3.5.2) e programa RStudio (Versão 1.1.463).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS

Todos os solos apresentaram valores de pH abaixo de 5,0 (média = 3,47) caracterizando-os como fortemente ácidos (EMBRAPA,1997), corroborando com resultados obtidos na mesma região por BRASIL, 1975; MARTINS, 1978; ANDRADE, 1997; MENDONÇA, 2015.

Os valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  P, apresentaram médias com valores baixos, sendo que o K foi o elemento que apresentou maior contribuição para na capacidade de troca catiônica (CTC) e na soma de bases (SB), a CTC e a CTCt determinada a pH 7 apresentou valores médios de 5,25 e 0,73, respectivamente. As características de baixa CTC e SB solos amazônicos de terra firme pode ser explicado pelos processos pedogenéticos e o intemperismo que ocorre intensa lixiviação da base trocáveis e liberação de  $\text{H}^+$  no sistema (QUESADA et al, 2014).

Todos os solos apresentaram valores de K e P maiores na profundidade de 0-20 cm em comparação a profundidade de 80-100 cm. Apesar do caráter distrófico generalizado, valores um pouco mais elevados de saturação por bases nos horizontes superficiais devem-se à ciclagem biológica (MELO, 2006).

O teor de areia variou de 997,41 g  $\text{kg}^{-1}$  a 739,56 g  $\text{kg}^{-1}$  com média de 939,12 g  $\text{kg}^{-1}$ , caracterizando os solos com textura arenosa (areia e franco-arenosa) (EMBRAPA, 2017). Os teores de argila e silte ficaram abaixo de 220 g  $\text{Kg}^{-1}$  e 90 g.  $\text{Kg}^{-1}$ . O teor de matéria orgânica variou de 2,10 dag.  $\text{kg}^{-1}$  a 20 dag.  $\text{kg}^{-1}$  (CV = 64 %). (Tabela 14 e Tabela 15)

**Tabela 14.** Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos de dez (10) solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, AM para as amostras de 0 a 20 cm de profundidade.

Parâmetro	Média	Máximo	Mínimo	Dp	CV(%)
pH (CaCl <sup>2</sup> )	3,18	3,90	2,70	0,47	0,15
Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,96	1,40	0,40	0,34	0,35
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	8,21	16,60	3,10	4,35	0,53
Ca <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,12	0,30	0,10	0,06	0,53
Mg <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,01	0,10	0,00	0,03	3,16
K (mg dm <sup>-3</sup> )	9,80	18,00	2,00	4,66	0,48
SB (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,41	0,12	0,09	0,57
CTC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	8,37	16,72	3,23	4,40	0,53
CTCt (cmolc kg <sup>-1</sup> )	1,12	1,71	0,53	0,38	0,34
V (%)	2,08	3,90	0,69	0,85	0,41
m (%)	85,49	92,39	76,10	5,76	0,07
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2,70	5,00	2,00	1,25	0,46
MO dag kg <sup>-1</sup>	1,65	2,10	0,90	0,39	0,24
Areia g kg <sup>-1</sup>	949,94	997,41	822,08	49,65	0,05
Argila g kg <sup>-1</sup>	30,32	116,80	3,40	35,22	1,16
silte g kg <sup>-1</sup>	19,74	61,12	2,62	20,11	1,02

Onde: SB = K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; CTC = SB + (H+ Al); CTC = SB + Al<sup>3+</sup>; V (%) = (SB / CTC) x 100; m (%) = Al<sup>3+</sup> / (CTC) x 100

**Tabela 15.** Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos de dez (10) solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, AM para as amostras de 80 a 100 cm de profundidade.

Parâmetro	Média	Máximo	Mínimo	Dp	CV(%)
pH (CaCl <sup>2</sup> )	3,75	4,40	3,40	0,34	0,09
Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,23	0,70	0,05	0,21	0,93
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,03	3,80	1,30	0,97	0,48
Ca <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00
Mg <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00
SB (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,11	0,11	0,11	0,00	0,00
CTC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	2,14	3,91	1,41	0,97	0,45
CTCt (cmolc kg <sup>-1</sup> )	0,34	0,81	0,16	0,21	0,64
V (%)	5,62	7,48	2,69	1,77	0,31
m (%)	58,54	86,94	32,23	19,43	0,33
P (mg dm <sup>-3</sup> )	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
MO dag kg <sup>-1</sup>	0,55	1,80	0,20	0,47	0,86
Areia g kg <sup>-1</sup>	915,47	987,23	725,38	94,91	0,10
Argila g kg <sup>-1</sup>	60,24	211,12	0,95	79,99	1,33
silte g kg <sup>-1</sup>	24,29	9,33	0,99	26,85	1,11

Onde: SB = K<sup>+</sup> + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; CTC = SB + (H+ Al); CTC = SB + Al<sup>3+</sup>; V (%) = (SB / CTC) x 100; m (%) = Al<sup>3+</sup> / (CTC) x 100

## 4.2 TEORES NATURAIS DOS METAIS NOS SOLOS

Os teores dos elementos Ag, As, B, Cd, Co, Cu, Sb, Se e V não foram quantificados nas amostras provavelmente por terem ficado abaixo do limite de detecção do equipamento. Sendo assim, os elementos não detectados foram retirados para realização das análises estatísticas (Tabela 16).

**Tabela 16. Análise da presença e quantificação para 19 metais pesados nas amostras de solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, AM.**

Elemento químico	Menor que o Limite de Quantificação	Não detectado	>LQ
Al	0%	5%	95%
Fe	0%	5%	95%
Zn	5%	5%	90%
Ba	40%	0%	60%
Pb	55%	15%	30%
Cr	10%	50%	40%
Mn	25%	0%	75%
Mo	35%	45%	20%
Ni	15%	40%	45%
Hg	80%	0%	20%
Ag	5%	95%	0%
As	15%	85%	0%
B	20%	80%	0%
Cd	15%	85%	0%
Co	75%	25%	0%
Cu	75%	25%	0%
Sb	80%	20%	0%
Se	40%	60%	0%
V	15%	85%	0%

Onde: LQ = Menor que o Limite de Quantificação

Foi obtida a seguinte ordem decrescente para as médias dos teores de metais pesados encontrado Al>Fe>Zn> Cr>Ni>Mn> Mo> Ba> Pb>Hg nos solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus (Tabela 17).

**Tabela 17. Estatística descritiva dos teores naturais dos metais pesados Al, Fe, Zn, Cr, Ni, Mn, Mo, Ba, Pb e Hg.**

	Al	Fe	Zn	Cr	Ni	Mn	Mo	Ba	Pb	Hg
	mg Kg <sup>-1</sup>									
MÉDIA	1960,97	203,09	10,95	5,69	4,28	3,08	2,05	1,79	1,04	0,10
MÁXIMO	10765,15	1368,97	116,72	9,72	10,40	7,92	2,60	2,51	1,55	0,12
MÍNIMO	11,50	15,70	0,00	1,70	1,30	1,20	1,48	1,00	0,20	0,07
S	3598,72	347,40	27,73	3,40	3,57	2,14	0,54	0,52	0,45	0,02
CV(%)	1,84	1,71	2,53	0,60	0,83	0,70	0,26	0,29	0,43	0,23

Onde: S, desvio padrão; CV, Coeficiente de Variação.

**Tabela 18.** Teores naturais de metais pesados extraídos em digestão ácida de 20 amostras de solos arenosos na Região Metropolitana de Manaus, AM

Amostras	ICP-OES																		
	Al	Fe	Zn	Cr	Ni	Mn	Mo	Ba	Pb	Hg	Ag	As	B	Cd	Co	Cu	Sb	Se	V
mg Kg <sup>-1</sup>																			
P1- 0-20	78,71	49,17	ND	ND	ND	1,23	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	ND	ND
P1-80-100	90,75	64,54	116,72	ND	2,20	2,84	1,48	1,19	<LQ	<LQ	ND	ND	<LQ	ND	ND	<LQ	ND	ND	ND
P2-0-20	42,54	75,07	1,50	ND	ND	3,39	2,60	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P2-80-100	68,90	32,83	35,71	1,90	1,90	1,39	1,72	1,36	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P3-0-20	7961,99	469,25	2,50	9,72	ND	7,92	ND	2,51	1,55	0,09	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND
P3-80-100	9560,21	764,26	1,50	9,08	ND	7,82	ND	1,55	1,02	0,11	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	<LQ	ND	ND	ND
P4-0-20	82,12	43,49	1,60	ND	2,40	2,74	ND	1,28	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND
P4-80-100	66,71	41,88	6,10	<LQ	ND	1,90	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	<LQ	ND
P5-0-20	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	<LQ	ND	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND
P5-80-100	10765,15	1368,97	0,00	9,68	7,70	4,40	ND	2,20	1,17	0,12	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	ND	ND
P6-0-20	5239,45	467,09	1,40	3,30	1,30	3,10	ND	2,30	1,10	0,07	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	ND	ND	ND
P6-80-100	15,00	21,40	10,80	ND	10,40	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	ND	<LQ	ND	ND
P7-0-20	219,34	129,33	0,00	ND	ND	<LQ	<LQ	1,00	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND
P7-80-100	17,10	26,81	0,20	1,70	2,00	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	ND	<LQ
P8-0-20	2818,76	134,73	11,30	4,50	8,70	2,80	<LQ	1,60	1,20	<LQ	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND
P8-80-100	20,00	47,11	0,60	5,60	1,90	1,20	<LQ	2,30	<LQ	<LQ	ND	<LQ	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND
P9-0-20	128,83	46,31	0,40	ND	ND	2,10	<LQ	2,20	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND
P9-80-100	11,50	15,70	0,30	<LQ	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND
P10-0-20	30,11	24,20	0,90	ND	<LQ	1,50	2,40	2,00	<LQ	<LQ	ND	<LQ	ND	ND	<LQ	ND	<LQ	<LQ	ND
P10-80-100	41,31	36,61	5,60	ND	<LQ	1,80	<LQ	<LQ	0,20	<LQ	ND	ND	ND	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	ND	ND

Onde: LQ = Menor que o Limite de Quantificação ; ND = Não Detectado.

Os dados referentes aos teores naturais de metais pesados nos solos não apresentaram distribuição normal de acordo com o Teste *Shapiro-Wilk* para distribuição normal. (Figura 6)

Os histogramas evidenciam que grande parte das amostras apresentou teores de metais inferiores ou próximos da média e que apenas um menor número de amostras foi responsável por teores elevados de metais nos solos amostrados.

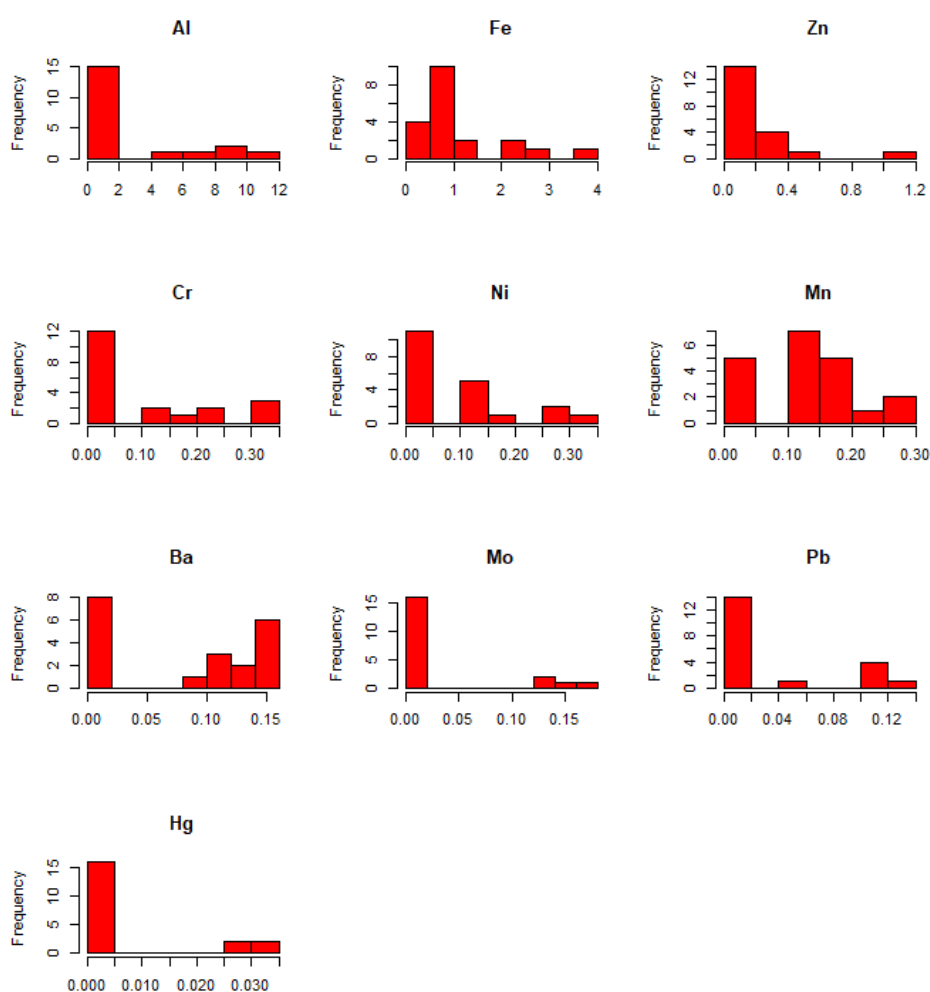


Figura 6. **Histogramas de frequência absoluta dos metais pesados em dez (10) solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus, com base nos teores extraídos por digestão ácida.**

Observou-se grande variação entre todos os elementos químicos (Al, Fe e metais Pesados), proporcionando coeficientes de variação superiores 20 % a chegando a 253 % em relação à média, sendo predominante entre os elementos químicos a presença de Al e Fe, com suas médias de  $1960,97 \text{ mg Kg}^{-1}$  e  $1,92 \text{ mg Kg}^{-1}$ , seguidos de Zn, Cr e Ni com médias de  $10,95 \text{ mg Kg}^{-1}$ ,  $5,69 \text{ mg Kg}^{-1}$  e  $4,28 \text{ mg Kg}^{-1}$  respectivamente. (Tabela 15)

Os teores de metais encontrados tendem a seguir o mesmo padrão de distribuição pela crosta terrestre quanto aos elementos Al e Fe sendo estes uns dos mais abundante no planeta



(ALLOWAY,2013).

Quando comparados aos resultados obtidos por Moreira (2016), o qual determinou os teores naturais em diferentes classes de solos no Amazonas, encontramos diferenças nos teores naturais, mesmo quando comparado aos Espodossolos, que apresentam características de teor de areia e argila semelhante aos solos deste estudo e que demonstraram uma diferença muito grande em relação aos teores de Al, Fe e de metais pesados. Sendo que nos levantamentos de Moreira (2016), as áreas com Espodossolos foram encontradas as menores médias para os teores dos elementos químicos Al, Fe e metais pesados.

Os teores baixos apresentados para os elementos químicos estudados podem ser explicados por cinco fatores principais:

O primeiro ligado ao material de origem, os teores de metais encontrados estão baixos dos encontrados para solos da região. Sendo que esses valores estão ligados ao material de origem destes solos, arenitos e/ou depósitos arenoso do Quaternário (MOREIRA, 2016).

O segundo ligado aos processos pedogenéticos e intemperismos. (ALLEONI et al, 2005)

As areias quartzosas puras representam o produto final de lixiviação intempérica dando origem aos Neossolos Quartzarênicos (HORBE et al, 2003).

Terceiro devido ao alto teor da fração areia (quartzo), caracterizando esses solos com uma alta permeabilidade e pelo baixo teor da fração argila e matéria orgânica. (MAIA, 2010)

Quarto, a fração argila têm grande influência sobre a distribuição de metais pesados no perfil do solo (KABATA-PENDIAS, 2011). Alleoni et all (2005) encontrou correlação positiva entre a quantidade de metal extraída e o teor de argila das amostras.

Quinto, solos arenosos apresentam uma baixa capacidade adsortiva facilitando a lixiviação dos elementos químicos e metais pesados para o lençol freático, ficando apenas os elementos químicos retidos pela matéria orgânica (SILVA et al, 2009).

Estudos de Borges e Coutinho (2004), analisando o efeito de aplicação de biossólidos sobre a distribuição de Metais pesados (Zn, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e ZN), evidenciou que em solos arenosos houve uma maior proporção de metais encontrada em frações mais biodisponíveis (troçáveis e ligadas à matéria orgânica), em comparação com o solo de textura argilosa.

De maneira geral, os metais pesados tem grande mobilidade no perfil dos solos, elementos como Co, Ni, Cu, Pb, Mn e Zn são relacionados ao intenso intemperismo e lixiviação (BURAK et al, 2010), elementos com maior mobilidade como  $Mn > Co > Ni > Zn > Cu > Pb$  em solos de floresta (NAEL et al,2009).

#### **4.3 VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE DE SOLOS PARA METAIS**

Foram identificados *outliers* utilizando gráficos *boxplot* e os valores fora dos limites pré-estabelecidos de LS e LI (Equações 1 e 2) foram retirados.

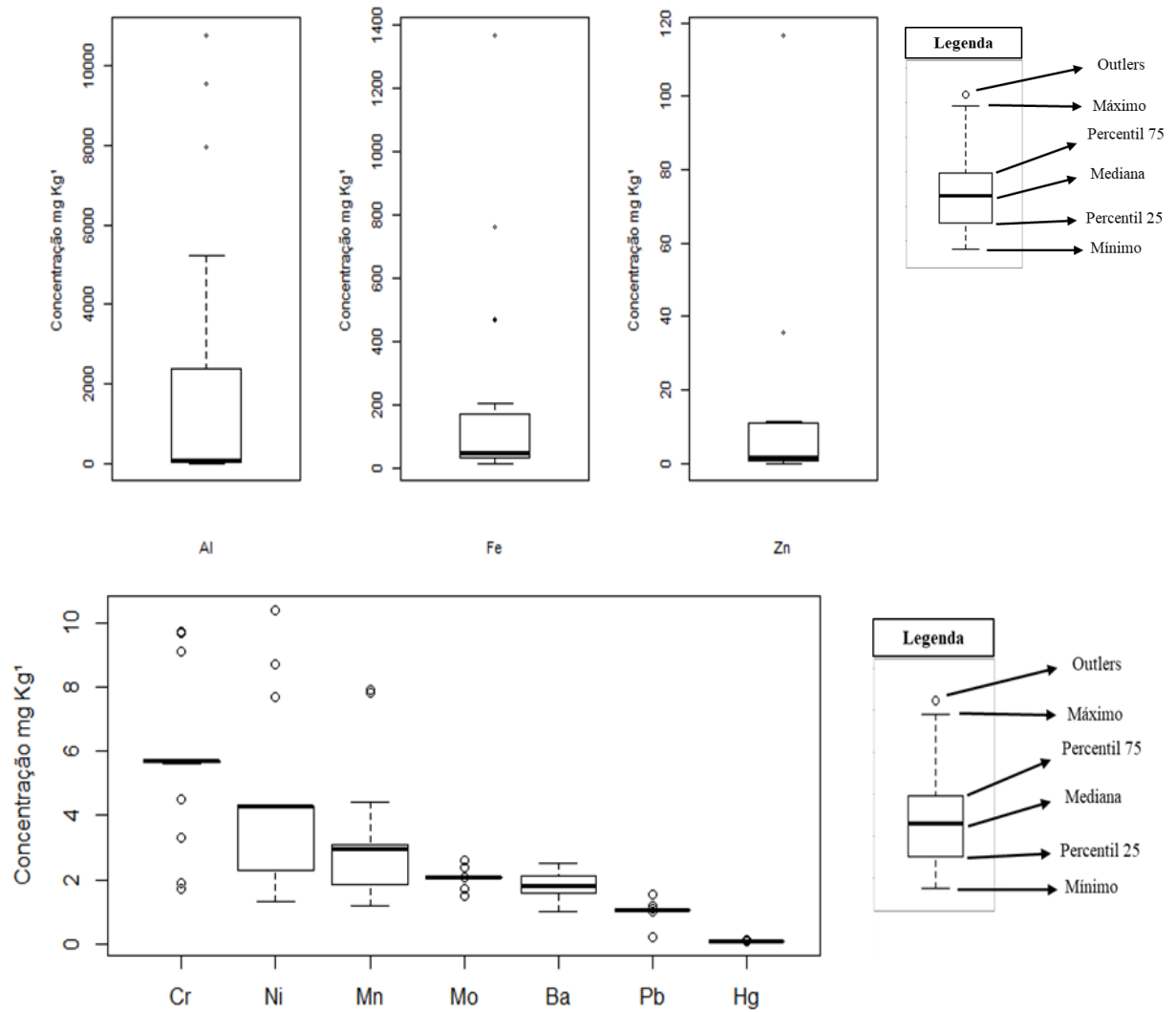
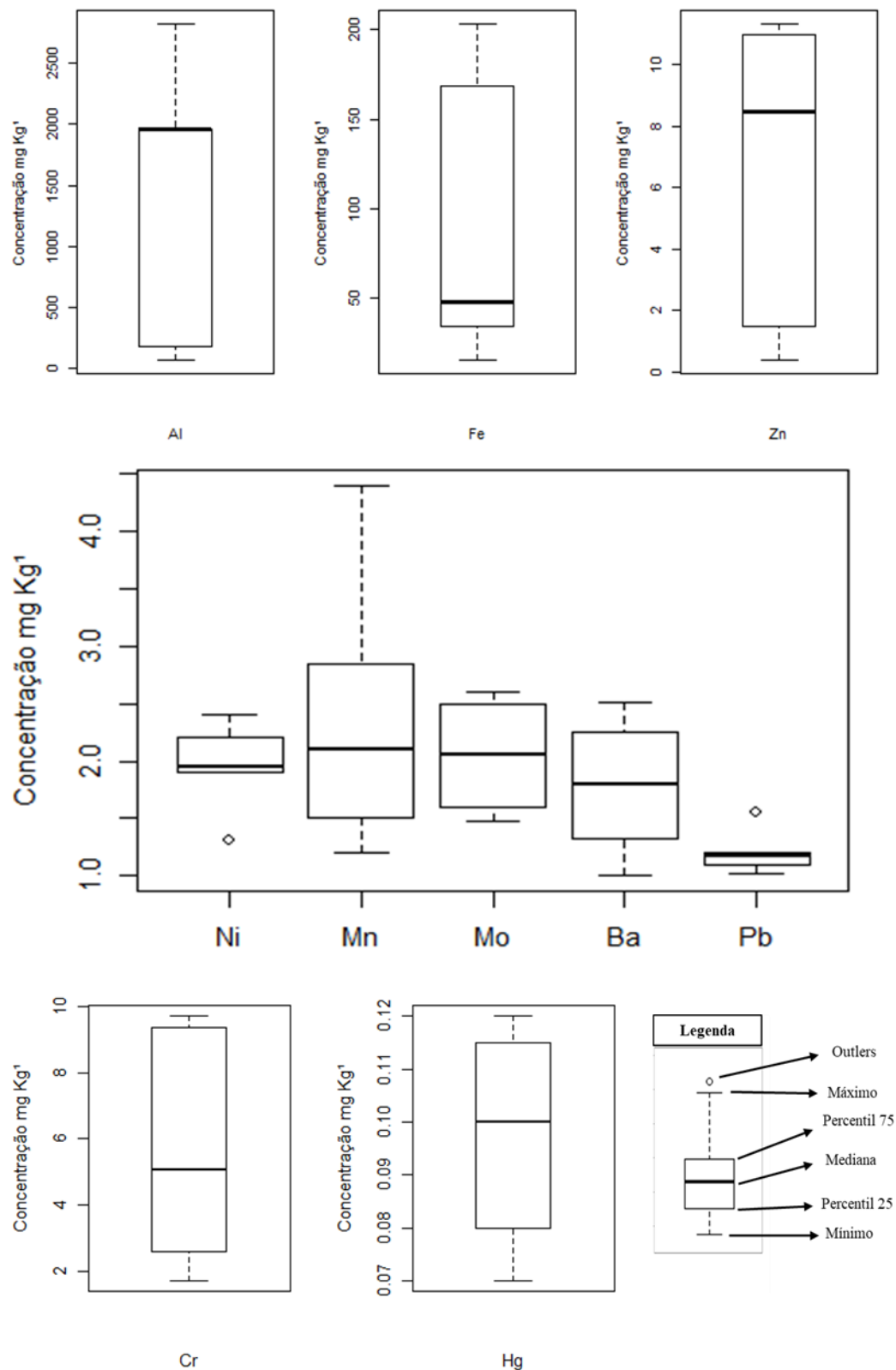


Figura 7. Diagrama do tipo *box plot* com a identificação de amostras consideradas *outliers* para os metais pesados.



**Figura 8.** Diagrama do tipo *box plot* após a remoção dos valores considerados *outliers* dos metais pesados e sua descrição estatística básica.

Na Tabela 19 são apresentados os resultados referentes aos valores de referência de qualidade para metais pesados, obtidos com base nos percentis 75 (P75) e 90 (P90).

Os VRQ's são parâmetros sugeridos de acordo com o CONAMA, (2009) que os sejam

determinados/estabelecidos com base nos percentis 75 (P75) e/ou 90 (P90), sendo a escolha final sobre qual VRQ se adotar feita de acordo com a necessidade de cada agência ambiental estadual (CONAMA, 2009).

**Tabela 19. Valores Sugeridos como valores de referência de qualidade para metais pesados em solos arenosos da área de estudo e parâmetros utilizados para a avaliação de qualidade de solos no Estado do Amazonas e no Brasil.**

	Al	Fe	Zn	Ba	Pb	Cr	Mn	Mo	Ni	Hg
	mg kg <sup>-1</sup>									
<b>P75 (Percentil 75)</b>	1519,05	132,03	11,15	2,23	1,38	9,23	2,97	2,54	1,95	0,11
<b>P90 (Percentil 90)</b>	3787,04	528,26	11,18	2,54	1,41	9,69	3,33	2,55	2,25	0,12
<b>AM<sup>G</sup> P75 (Percentil 75)</b>	3441	2590	18,55	-	13,02	24,05	59,4	-	1,99	-
<b>AM<sup>G</sup> P90 (Percentil 90)</b>	4726	3723	24,04	-	19,18	30,52	59,68	-	2,76	-
<b>CONAMA VP<sup>H</sup></b>	-	-	300	150	72	75	-	30	30	0,5
<b>CONAMA VI<sup>H</sup></b>	-	-	450	300	180	150	-	-	-	-
<b>FADIGAS<sup>A</sup></b>	-	-	30	-	20	41	-	-	17	-
<b>ES<sup>B</sup></b>	-	-	29,87	-	4,54	54,13	-	1,7	9,17	-
<b>RO/MT<sup>C</sup></b>	-	-	3	-	9	44,8	-	-	2,1	-
<b>RN<sup>D</sup></b>	-	-	23,85	54,9	16,18	30,94	-	-	19,8	-
<b>SP<sup>E</sup></b>	-	-	60	75	17	40	-	<4	13	0,05
<b>MG<sup>F</sup></b>	-	-	46,5	93	19,5	75	-	<0,9	21,5	0,5

Onde: A - Fadigas et al, 2006; B - Paye et al, 2010; C – Santos; Alleoni (2013); D - COSTA, 2013; E - CETESB, 2001; F- SIAM, 2014; G - Moreira, 2016; H – CONAMA VP - Valor de Prevenção, 2015; H – CONAMA VI - Valor de Investigação,

**Fonte;** Adaptado resolução COMANA 420/2009, Anexo II, publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009 pags. 81 – 84.

Os VRQ's obtidos a P75 que retirou das amostras 25% dos valores mais elevados dos metais, que podem ser considerados anomalias (SANTOS et al, 2012).

Os solos estudados apresentam valores de metais pesados inferiores quando comparados aos encontrado em solos do estado do Amazonas e outro estados, para valores de prevenção (VP) e valores investigação (VI). Sendo os valores encontrados estão abaixo dos valores adotados da legislação brasileira pelo CONAMA (Tabela 16).

Esses valores demonstram a fragilidade desses ambientes de solos arenosos quanto a possíveis intervenções e poluição por metais pesados.

Os VRQ's encontrados nos teores naturais não representam, de maneira geral, riscos à qualidade e às funções dos solos da região Amazônica, bem como riscos à saúde humana, conforme diretrizes do CONAMA (MOREIRA,2013; CONAMA, 2009).

## CONCLUSÃO

Os teores naturais de metais pesados nos solos arenosos estudados seguiram a seguinte ordem: Al>Fe> Zn> Cr> Ni> Mo> Ba, Pb e Hg.

Os teores naturais dos metais pesados obtidos nos Solos Arenosos da Região Metropolitana de Manaus apresentam valores inferiores aos estabelecidos nos Valores de Investigação e Valores de Prevenção da resolução N° 420/2009 do CONAMA.

Os VRQ's propostos pela resolução N° 420/2009 do CONAMA não se aplicam aos solos arenosos da Região Metropolitana de Manaus- AM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, MR e COUTINHO, ELM. Metais pesados em solo após aplicação de lodo de esgoto: I - Fracionamento. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2004, vol.28, n.3, pp.543-555. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000300015>.

ABRAHÃO, W. A. P.; MARQUES, J. J. **Manual de coleta de solos para valores de referência de qualidade no Estado de Minas Gerais**. FEAM. Belo Horizonte, 15 p.; il. 2013.

ALLOWAY, B. J. Heavy metals in soils; trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. **Environmental Pollution** 22, 2013. 615p.

ALTHAUS, D. Teores naturais e efeitos da adição de metais pesados em solos do Estado do Rio Grande do Sul. 2016. 144f. **Tese**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Catarina, 2017.

ANDERSON, A. B. Aspectos florísticos e fitogeográficos de Campinas e Campinaranas, na Amazônia Central, Manaus. 1978. (**Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas**) INPA-FUA, Manaus.

ANDRADE, H. et al. **Pedogeomorfologia e micropedologia de uma seqüência de Latossolo – Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas**. Genomos. Belo Horizonte, 5(1): 55-66. 1997.

BAIZE, D.; STERCKEMAN, T. Of the necessity of knowledge of the natural pedogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. **Science Total Environmetal**. v.264, p.127–139, 2001.

BIONDI, C. M. Teores Naturais de Metais Pesados nos Solos de Referência do Estado de Pernambuco. 2010, 67f. **Tese (Doutorado em Agronomia – Ciências do Solo)** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B. Teores Naturais de Bário em Solos de Referência do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1819-1826, 2011b.

BIONDI, C.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FABRICIO NETA, A.B.; RIBEIRO, M.R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em Solos de Referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1057-1066, 2011a.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL** Folha SA.21 Santarém PA, AM e RR. ;geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 370 p. 1975b (Levantamento dos Recursos Naturais, 9).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA -21 Tumuquaque, NB – 20 Roraima e NB – 21, Rio de Janeiro, v. 8, 428 p. 1975a. (Levantamento dos Recursos Naturais, 8).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 21 Tumucumaque e parte da Folha NB. 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, 370 p. 1975b (Levantamento dos Recursos Naturais, 9).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SA.20 Manaus AM e RR

BRUS, D. J.; LAME, F. P. J.; NIEUWENHUIS, R. H. National baseline survey of soil quality in the Netherlands. **Environmental Pollution**, v. 157, p. 2043-2052. 2009.

Caracterização e classificação dos solos do município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas.' Tarcísio Ewerton Rodrigues ... [et ai,]. - **Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001**. 50p. 21cm. - (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 123)

Catena, v. 59, p. 279–304, 2005.

CETESB – **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. Guia nacional de coleta e preservação de amostras; água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. (Org.) Organizadores; BRANDÃO, C. J. et al. São Paulo; CETESB; Brasília; ANA, 2011.

CETESB – **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo; CETESB. 73p. (Série Relatórios Ambientais). 2001.

CHAVES, E. V. Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas Senna multijuga, Schizolobium amazonicum e Caesalpinia echinata. 2008. 87 f. **Tese (Doutorado em Biotecnologia)** - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

CHEN, J.; WEI, F.; ZHENG, C.; WU, Y.; ADRIANO, D.C. Background concentrations of elements in soils of China. **Water Air Soil Poll.** v.57, p. 699-712, 1991.

CHEN, M.; MA, L. Q.; HARRIS, W. G. Baseline concentrations of 15 trace elements in florida surface soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, 1173-1181, 1999.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; SILVA, H. F; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In; MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro; Embrapa Solos, 2002. p.1-11.

COLEMAN, N.T. & G.W. THOMAS, 1967. The Basic Chemistry of Soil Acidity. Em: Soil Acidity and Liming. Editado por R.W. Pearson & F. Adams. **American Society of Agronomy**, Publishers. Madison. U.S.A., pp 1-34.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em; <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr.cfm>>. Acesso em; 22 de setembro de 2017.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**.**Resolução N° 420, de 28 de dezembro de 2009**.

CPRM. **Geologia e recursos minerais do Estado do Amazonas; Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. Escala 1; 1;000.000. Rio de Janeiro; CPRM, 2006.

CUNHA, O. M. et al. Formas de alumínio em solos ácidos brasileiros com teores excepcionalmente altos de Al<sup>3+</sup> extraível com KCl. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1362 – 1377, 2015.

DUBBE, A.; ZBYTNIIEWSKI, R.; KOWALKOWSKI, T.; CUKROWSKA, E.; BUSZEWSKI, B. Adsorption and migration of heavy metals in soil. **Polish Journal of Environmental Studies**, vol. 10, n. 1, 2001.

DUFFUS, J. H. "Heavy Metals" - **A meaningless term? (IUPAC Technical Report)**. Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807, 2002

EMPRESA BRASILEIRA DE PASQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília, 2017. 212p.

Equipe do RStudio (2015). **RStudio: Desenvolvimento Integrado para R**. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

FADIGAS, F.S. et al. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. *Bragantia*, v. 61, n. 2, p. 151 – 159, 2002.

GOUGH, L. P.; SEVERSON, R. C.; JACKSON, L. L. Baseline element concentrations in soils and plants, Bull Island, Cape Romain National Wildlife Refuge, South Carolina, USA. **Water Air Soil Poll.**, v. 74, p. 1-17. 1994.

HORBE, A. M. C. et al. **A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo – Vila Balbina, nordeste do Amazonas**. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Orgs.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém; FINEP-SBG/NO, 1997. v. 2. cap.5. p. 145-176.

HORCKMANS, L.; SWENNEN, R.; DECKERS, J.; MAQUIL, R. **Local background concentrations of trace elements in soils; a case study in the Grand Duchy of Luxembourg**. *Catena*, v. 59, p. 279–304, 2005.

IBGE, 2010a. **Mapa de Vegetação do Estado do Amazonas**. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/vegetacao/unidades\\_federacao/am\\_vegetacao.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/am_vegetacao.pdf) Acesso em 30 de outubro de 2017

IBGE, 2010a. **Mapa de Vegetação do Estado do Amazonas**. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/vegetacao/unidades\\_federacao/am\\_vegetacao.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/vegetacao/unidades_federacao/am_vegetacao.pdf) Acesso em 30 de outubro de 2017.

IBGE, 2010b. **Mapa de Solos do Estado do Amazonas**. [http://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/pedologia/unidades\\_federacao/am\\_pedologia.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/am_pedologia.pdf) Acesso em 30 de outubro de 2017.

IBGE, **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais**, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro**; IBGE/EMBRAPA. 2001. 1 mapa colorido, 107x100cm na escala 1; 5.000.000.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Projeto Prodes** - Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em: 20 Dezembro. 2018



KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 413p, 2001.

KABATA-PENDIAS, A. **Behavioural properties of trace metals in soils**. Applied Geochemistry, n. 2, p. 3–9, 1993.

KABATA-PENDIAS, A. **Soil-Plant transfer of trace elements - an environmental issue**. Geoderma, v.122, p.143-149, 2004.

LI, Z.; MA, Z.; KUIJP, T. J.; YUAN, Z.; HUANG, L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China; pollution and health risk assessment. **Science of The Total Environment**, vol. 468-469, p. 843–853, 2014.

LIMA, H. N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (**Tese de Doutorado**).

LIMA, H. N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER C.E.G.R.; KER, J.C.& LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 59-68, 2006.

LOGAN, T. J.; MILLER, R. H. Background levels of heavy metals in Ohio farm soils. Soil contamination analysis. **Res. Circ. Ohio Agric. Res. Dev. Cent.**, v. 275, p. 3-15. 1983.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. **Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus; CPRM**, 2010. p.275

Manual de descrição e coleta de solo no campo, por R.D.dos Santos et al. 53 ed. revista e ampliada Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência de Solo**, 2005.

**Manual técnico de pedologia; guia prático de campo / IBGE**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro ; IBGE, 2015.134 p

MARTINS, G. C., FERREIRA, M. M., CURI, N., VITORINO, A. C. T., SILVA, M. L. N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): Atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia** 30, n°2, 221 – 227, 2006.

MATTOS, A.G. Valores de Referência de Qualidade e Adsorção de Metais Pesados em Solos da Região do Médio Paraíba - RJ. 2016. 144f. **Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Santa Catarina , 2014.

MELO, S. B. de; FRANÇA, M.M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, p.2041- 2051, 2013.

MENDONÇA, B.A.F. Os Solos das Campinaranas na Amazônia Brasileira: Ecossistemas Arenícolas Oligotróficos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 827-839, dez. 2015.]

MOREIRA, L. S. Caracterização química, física e mineralógica e teores naturais de metais pesados em solos do Estado do Amazonas - Brasil. 2016. 144f. **Tese**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

NAGAJYOTI, P. C.; LEE, K. D., SREEKANTH, T. V. M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants; a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 8, p. 199–216, 2010.

PRESTON W, Nascimento C.W.A, Biondi C.M, Souza Junior V.S., Silva W.R., Ferreira HA. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Rev Bras Cienc Solo**. 2014; 38; 2041-51. doi; 10.1590 / S0100-06832014000300035

QUESADA, C. A.; LLOYD, J. SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; CZIMEZIK, C. I. et al. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. 2010. **Biogeosciences**, 7: 1515-1541.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas; Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

REIMANN, C.; GARRETT, R. G. Geochemical background – concept and reality. **Science of the Total Environment**, v. 350, 12 – 27, 2005.

REIMANN, C.; GARRETT, R. G. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. **Science of the Total Environment**, v. 350, 12 – 27, 2005.

REIS, N. J; ALMEIDA, M. E. **Arcabouço Geológico**. In; MAIA, M.A.M.; MARMOS, J.L., eds. Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus, CPRM, 2010. p.17-26.

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In; ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L. E.; FONTES, M.P.F., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1996. p.19-60.

SANTOS, S.N.; ALLEONI, L.R.F. Reference values for heavy metals in soils of the Brazilian agricultural frontier in Southwestern Amazônia. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2012.

SCHUBART, H.O.R.; Franken, W.; Luizão, F.J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, 2: 26-32.

SILVA, Fernando Moreira da. **Geografia Física II** / Fernando Moreira da Silva, Marcelo dos Santos Chaves, Zuleide Maria C. Lima. – Natal, RN: EDUFRN, 2009.

SILVEIRA, M. 2003. **Vegetação e flora das campinaranas do sudoeste amazônico**. SOS Amazônica: Relatório Técnico, 28 p

**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

SU, Y. Z.; YANG, R. Background concentrations of elements in surface soils and their changes as affected by agriculture use in the desert-oasis ecotone in the middle of Heihe River Basin, north-west China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 98, p. 57-64. 2008.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. **Avaliação de exposição de populações a metais pesados no ambiente**; exemplos do Recôncavo Baiano. Química Nova, v.15, n. 2, 1992.

TEIXEIRA FILHO, C. D. Teores de metais pesados em alguns solos do estado do Ceará. 2016. 74 f. **Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)**-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

TENG, Y.; NI, S.; WANG, J.; NI, L. **Geochemical baseline of trace elements in the sediment in Dexing area**, South China. Environ. Geol., 57;1649-1660, 2009.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Feb 2007. 30p. Disponível em <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>. Acesso em; 22 de setembro de 2017.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R..C. Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo). In: **V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**. Santa Maria: UFSM, 2004.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. Amazônia seus solos e outros recursos naturais. **Ed. Agrônômica Ceres**. São Paulo, 1987. 416 p.

WUANA, R. A., OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils; A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **ISRN Ecology**. v.11, 2011.

ZHANG, X. P.; DENG, W.; YANG, X. M. The background concentrations of 13 soil trace elements and their relations to parent materials and vegetation in Xizang (Tibet), China. **Journal of Asian Earth Science**, v. 21, 167 – 174, 2002.

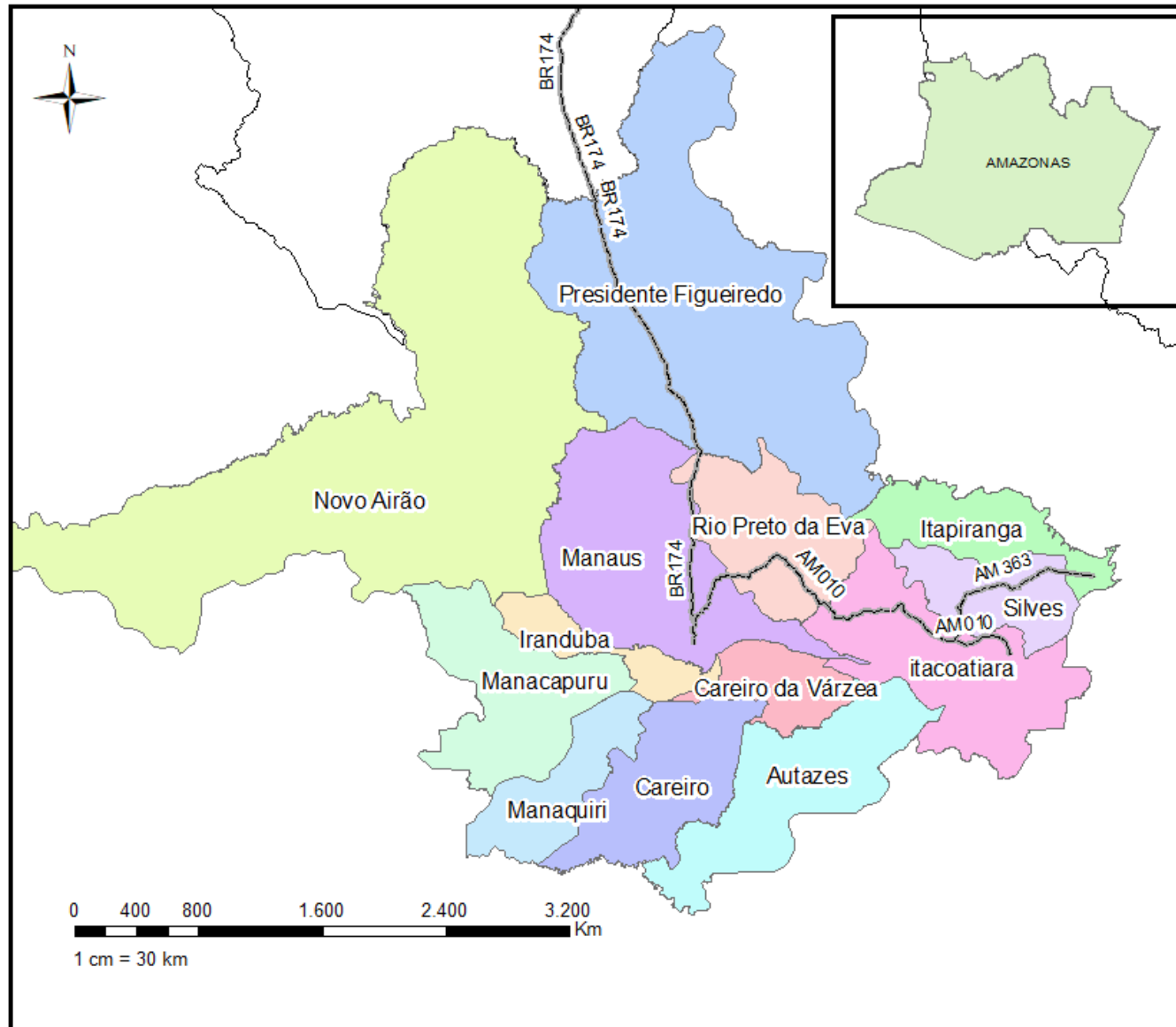
ZHAO, F. J.; McGRATH, S. P.; MERRINGTON, G. Estimates of ambient background concentrations of trace metals in soils for risk assessment. **Environmental Pollution**, v. 148, p. 221-229. 2007.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

MELO, V. F. *et al.* Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima. **Revista brasileira de ciência do solo**, 30:1039-1050, 2006.

## APÊNDICE

## Região Metropolitana de Manaus



### Legenda

#### RMM

#### MUNICÍPIO

- Autazes
- Careiro
- Careiro da Várzea
- Iranduba
- Itapiranga
- Manacapuru
- Manaquiri
- Manaus
- Novo Airão
- Presidente Figueiredo
- Rio Preto da Eva
- Silves
- itacoatiara

#### RODOVIAS

#### NM\_SIGLA

- AM010
- AM363
- BR174

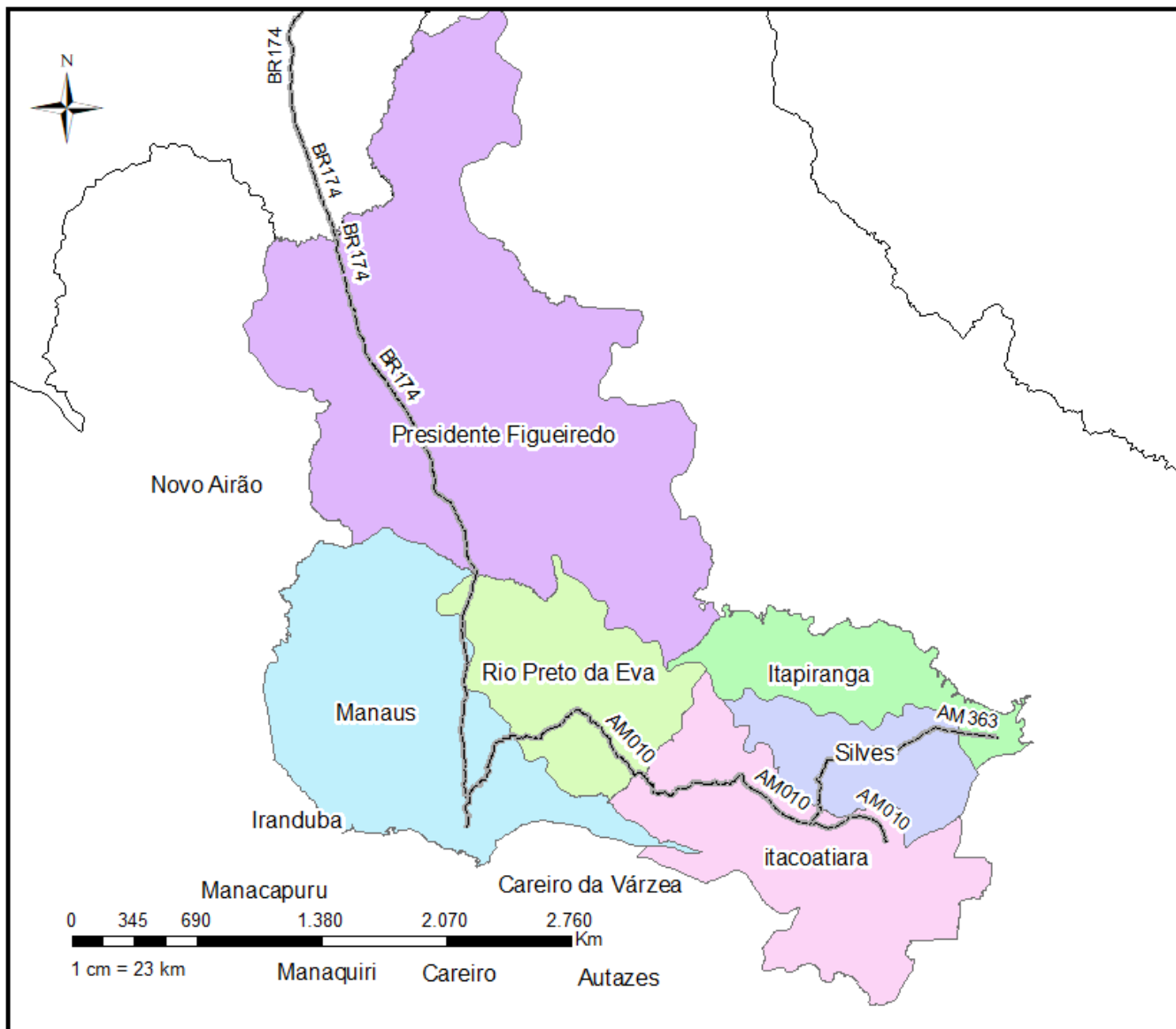
#### Base Cartográfica

Mapa Estado do Amazonas IBGE, 2010  
Sistema de coordenadas geográficas UTM  
Datum Horizontal WGS 84

#### Elaboração

Julio Ferreira Falcão

## Municípios dentro da Área de Estudo

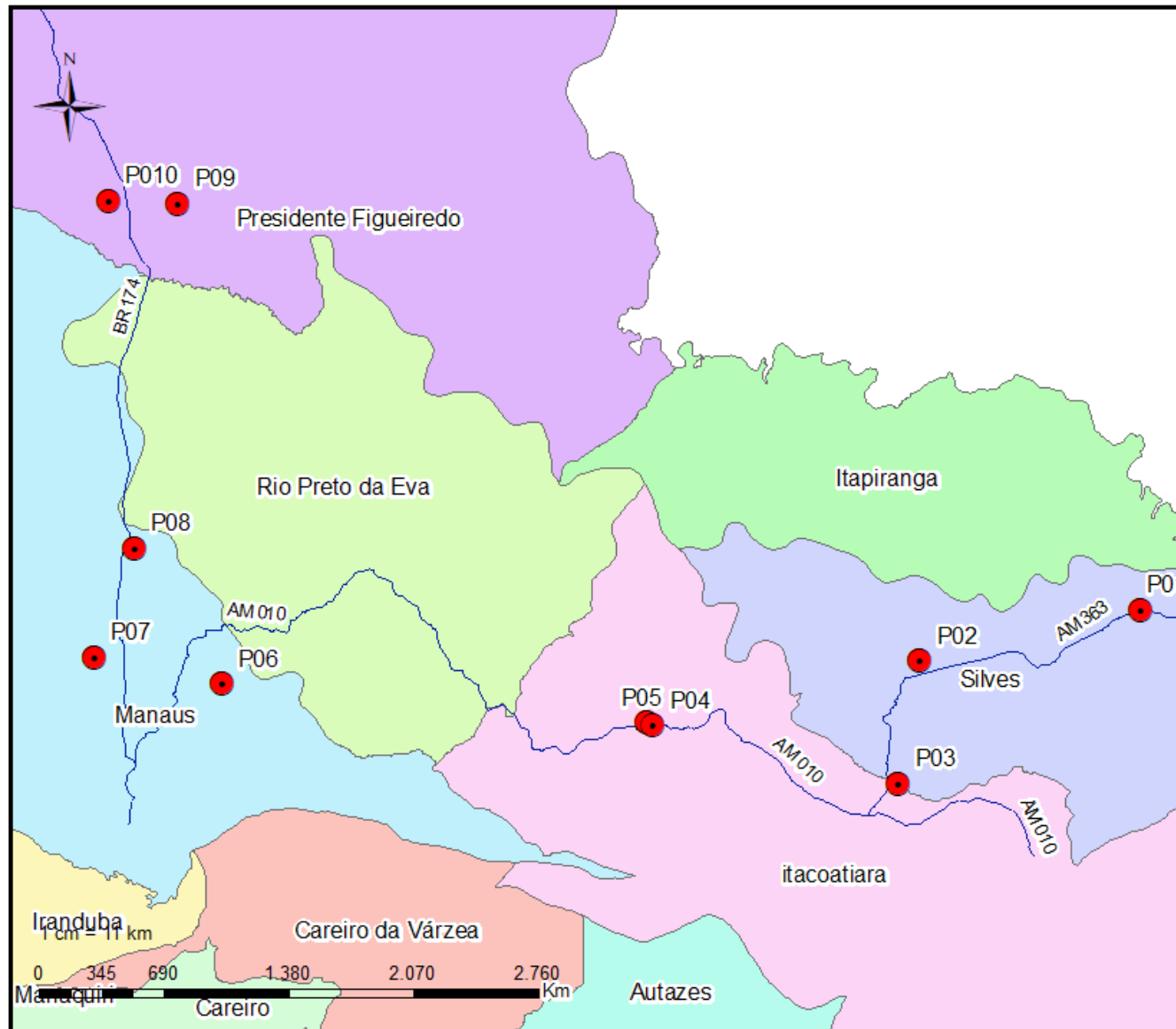


**Legenda**

AMAZONAS  
**NM\_SIGLA**  
 AM010  
 AM363  
 BR174  
**RMM**  
**MUNICIPIO**  
 Itapiranga  
 Manaus  
 Presidente Figueiredo  
 Rio Preto da Eva  
 Silves  
 Itacoatiara

**Base Cartográfica**  
 Mapa Estado do Amazonas IBGE, 2010  
 Sistema de coordenadas geográficas UTM  
 Datum Horizontal WGS 84  
**Elaboração**  
 Julio Ferreira Falcão

## Pontos de amostragem de Solos



**Legenda**

**PONTOS\_AMOSTRADOS**

Name	
	P01
	P010
	P02
	P03
	P04
	P05
	P06
	P07
	P08
	P09
	AMAZONAS

Base Cartográfica  
 Mapa Estado do Amazonas IBGE, 2010  
 Sistema de coordenadas geográficas UTM  
 Datum Horizontal WGS 84  
 Elaboração  
 Julio Ferreira Falcão

## - APÊNDICE A

### Banco de dados da especies encontradas no Levntamento Florístico das áreas com solos arenosos.

Comum	Vulgar	Científico	Família
Abiurana Casca Doce Pc	Abiurana	Pouteria guianensis Aubl.	Sapotaceae
Abiurana do Baxio	Abiurana-da-vázea	Pouteria caimito (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae
Abiurana goiabinha	Abiurana-goiabinha	Micropholis mensalis (Baehni) Aubrév.	Sapotaceae
Abiurana Pr	Abiurana	Pouteria guianensis Aubl.	Sapotaceae
Abiurana Ps	Abiurana	Pouteria guianensis Aubl.	Sapotaceae
Abiurana Vermelha Pc	Abiurana-vermelha	Chrysophyllum prieurii A.DC.	Sapotaceae
Abiurana-Cascuda	Abiurana	Pouteria guianensis Aubl.	Sapotaceae
Abiurana-Goiabinha	Abiurana-goiabinha	Micropholis mensalis (Baehni) Aubrév.	Sapotaceae
Acapuri	Acapuri	Micrandropsis scleroxylon (W.A.Rodrigues) W.A.Rodrigues	Euphorbiaceae
Apuí	Apuí	Ficus nymphaeifolia Mill.	Moraceae
Aquariquara Mg	Aquariquara	Minuartia guianensis Aubl.	Olacaceae
Arabá Preto	Arabá-roxo	Swartzia reticulata Ducke	Leguminosae-Papilionoideae
Arabá vermelho	Arabá-vermelho	Swartzia sp.	Leguminosae-Papilionoideae
Arabá-Preto Sr	Arabá-roxo	Swartzia reticulata Ducke	Leguminosae-Papilionoideae
Araçá do Mato	Araçá-do-campo	Myrcia atramentifera Barb.Rodr.	Myrtaceae
Arara Seringa	Arara-branca	Dimorphandra macrostachya Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Arara-Seringa Cg	Arara-branca	Dimorphandra macrostachya Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Arataciú	Arataciú	Sagotia racemosa (Baill.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae
Arataciú	Arataciú	Sagotia racemosa (Baill.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae
Arurá vermelho	Arurá-vermelho	Iryanthera juruensis Warb.	Myristicaceae
Arurá Vermelho Ip	Arurá-vermelho	Iryanthera juruensis Warb.	Myristicaceae
Arurá vermelho pc	Arurá-vermelho	Iryanthera juruensis Warb.	Myristicaceae
Bacaba	Bacaba	Oenocarpus bacaba Mart.	Palmae
Bacabinha	Bacabinha	Oenocarpus minor Mart.	Palmae
Balatinha Pr	Balata	Manilkara huberi (Ducke) Chevalier	Sapotaceae
Breu de Leite Ts	Breu-de-leite	Thyrsodium schomburgkianum Benth.	Anacardiaceae
Breu Pa	Breu	Protium apiculatum Sw.	Burseraceae
Breu Pal	Breu	Protium apiculatum Sw.	Burseraceae
Breu Ph	Breu	Protium apiculatum Sw.	Burseraceae
Breu Scuruba	Breu-scuruba	Protium insigne Engl.	Burseraceae
buriti	Buriti	Mauritia flexuosa L.f.	Palmae
Canela de Velhp	Canela-de-velha	Miconia serialis DC.	Melastomataceae
Caqui	Caqui	Diospyros praetermissa Sandwith	Ebenaceae
Caraipé	Caraipé	Licania egleri Prance	Chrysobalanaceae
Caraipé arana	Caraipé-branco	Licania sclerophylla (Mart. ex Hook.) Fritsch.	Chrysobalanaceae
Caraipé Lc	Caraipé	Licania egleri Prance	Chrysobalanaceae



<b>Comum</b>	<b>Vulgar</b>	<b>Científico</b>	<b>Família</b>
Carbeiro	Cardeiro	Scleronema micranthum Ducke	Bombacaceae
Carberu	Cardeiro	Scleronema micranthum Ducke	Bombacaceae
Cardeira	Cardeiro	Scleronema micranthum Ducke	Bombacaceae
Caroba	Caroba	Jacaranda copaia (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae
Casca doce	Casca-dura	Zollernia paraensis Huber	Leguminosae-Papilionoideae
Castanha de galinha	Castanha-de-galinha	Couepia bracteosa Benth.	Chrysobalanaceae
Cebolão Bravo Ci	Cebola-brava	Clusia rosea Jacq.	Guttiferae
Cardeiro	Cardeiro	Scleronema micranthum Ducke	Bombacaceae
Copaíba	Copaíba	Copaifera guianensis Desf.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Cumáí La	Cumarú	Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.	Leguminosae-Papilionoideae
Curuaru	Cumarú	Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.	Leguminosae-Papilionoideae
Curuarú	Cumarú	Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.	Leguminosae-Papilionoideae
Envira	Embira	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Envira Gm	Embira	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Envira Go	Embira	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Envira Sará-sará	Embira	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Envira Surucucu	Embira-surucucu	Unonopsis guatterioides (A.DC.) R.E.Fr.	Annonaceae
Envira-preta Gp	Embira-preta	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Envira-Surucucu Bm	Embira-surucucu	Unonopsis guatterioides (A.DC.) R.E.Fr.	Annonaceae
Evira Preta Gd	Embira-preta	Guatteria olivacea R.E.Fr.	Annonaceae
Faveira	Faveira	Macrolobium acacifolium (Benth.) Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Faveira chá	Faveira	Macrolobium acacifolium (Benth.) Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Faveira Sr	Faveira	Macrolobium acacifolium (Benth.) Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Favinha	Favinha	Macrosamanea pedicellaris (DC.) Kleinh.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingá xixica	Ingá	Cedrela sp.	Meliaceae
Ingarana	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingarana Ma	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingarana Ml	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingarana Ms	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingarana Na	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingarana Vermelha	Ingarana	Marmaroxylon racemosum (Ducke) Killip. ex Record.	Leguminosae-Mimosoideae
Ingaxixica Ip	Ingá	Cedrela sp.	Meliaceae
Itaúba	Itaúba	Mezilaurus itauba (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae
<b>Comum</b>	<b>Vulgar</b>	<b>Científico</b>	<b>Família</b>

Jacareúba	Jacareúba	Calophyllum lucidum Benth.	Guttiferae
Jacarúbra	Jacareúba	Calophyllum lucidum Benth.	Guttiferae
Jitó Pn	Jitó	Guarea kunthiana A.Juss.	Meliaceae
Jitó Tm	Jitó	Guarea kunthiana A.Juss.	Meliaceae
Jitó Gs	Jitó	Guarea kunthiana A.Juss.	Meliaceae
João Mole Nf	João-mole	Neea oppositifolia Ruiz & Pav.	Nyctaginaceae
João Mole Nm	João-mole	Neea oppositifolia Ruiz & Pav.	Nyctaginaceae
Louro Gamela	Louro-gamela	Ocotea rubra Mez	Lauraceae
Louro preto	Louro-preto	Ocotea fragrantissima Ducke	Lauraceae
Macucu	Macucu	Aldina latifolia Benth.	Leguminosae-Papilionoideae
Macucu Bobó	Macucu-preto	Licania sp.	Chrysobalanaceae
Macucú Bobó	Macucu-preto	Licania sp.	Chrysobalanaceae
Macucu do Baxio	Macucu-do-baxio	Aldina heterophylla Spruce ex Benth.	Leguminosae-Papilionoideae
Macucu do Baxio Ah	Macucu-do-baxio	Aldina heterophylla Spruce ex Benth.	Leguminosae-Papilionoideae
Macucu preto	Macucu-preto	Licania sp.	Chrysobalanaceae
Macucu roxo	Macucu-roxo	Licania heteromorpha Benth.	Chrysobalanaceae
Macucu Roxo La	Macucu-roxo	Licania heteromorpha Benth.	Chrysobalanaceae
Macucu roxo Lr	Macucu-roxo	Licania heteromorpha Benth.	Chrysobalanaceae
Macucu Xiador	Macucu-do-baxio	Aldina heterophylla Spruce ex Benth.	Leguminosae-Papilionoideae
Macucu-Bobó LL	Macucu-preto	Licania sp.	Chrysobalanaceae
Macucu-Xiador	Macucu-chiador	Licania oblongifolia Standl.	Chrysobalanaceae
Mameleiro	Mameira	Vitex flavens H.B.K.	Verbenaceae
Mandioqueira	Mandioqueira	Qualea albiflora Warm.	Vochysiaceae
Mandioqueira Cr	Mandioqueira	Qualea albiflora Warm.	Vochysiaceae
Mandioqueira Cr (Bifurcado)	Mandioqueira	Qualea albiflora Warm.	Vochysiaceae
Mandioqueira Vermelha	Mandioqueira-vermelha	Qualea paraensis Ducke	Vochysiaceae
Maneleiro	Mameira	Vitex flavens H.B.K.	Verbenaceae
Maraozinho Mf	Marão-vermelho	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Marupá	Marupá	Jacaranda copaia (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae
Massaranduba Mb	Maçaranduba	Manilkara bidentata (A.DC.) Chevalier	Sapotaceae
Mata pal	Mata-pau	Clusia rosea Jacq.	Guttiferae
Mataíba Arboreense	Matanaíba	Bowdichia nitida Spruce	Leguminosae-Papilionoideae
Matamatá	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Matamatá Ec	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Matamatá Et	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Matamatá Ev	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Matamatá Lf	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Matamatá Pl	Matamatá	Eschweilera coriacea (DC.) S.A.Mori	Lecythidaceae
Moriri Sp	Murici	Byrsonima chrysophylla H.B.K.	Malpighiaceae
Mungubarana Bn	Munguba	Bombax munguba Mart.	Bombacaceae
Murapiranga	Muirapiranga	Brosimum paraense Huber	Moraceae
Murici	Murici	Byrsonima chrysophylla H.B.K.	Malpighiaceae
Muricí	Murici	Byrsonima chrysophylla H.B.K.	Malpighiaceae
Pajurá pedra	Pajurá-da-mata	Couepia bracteosa Benth.	Chrysobalanaceae
<b>Comum</b>	<b>Vulgar</b>	<b>Científico</b>	<b>Família</b>
Pajurazinho Pe	Pajurá	Couepia bracteosa Benth.	Chrysobalanaceae

Pal Chumbinho	Pequiá-marfim	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll.Arg.	Apocynaceae
Pal de Remo Cd	Pau-de-remo	<i>Chimarrhis babata</i> (Ducke) Bremek.	Rubiaceae
Pal de Tamanco	Pau-tartaruga	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Moraceae
Pal de Tamanco Tm	Pau-tartaruga	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Moraceae
Pal Marfim Ad	Pau-marfim	<i>Calycophyllum acreanum</i> Ducke	Rubiaceae
Pal Pombo	Pau-pombo	<i>Thyrsodium schomburgkianum</i> Benth.	Anacardiaceae
Pal Rainha	Pau-rainha	<i>Brosimum lanciferum</i> Ducke	Moraceae
Papa terra	Pau-terra	<i>Qualea albiflora</i> Warm.	Vochysiaceae
Pau de Remo Cb	Pau-de-remo	<i>Chimarrhis babata</i> (Ducke) Bremek.	Rubiaceae
Pau de Remo Hv	Pau-de-remo	<i>Chimarrhis babata</i> (Ducke) Bremek.	Rubiaceae
Pau Marfim Ad	Pau-marfim	<i>Calycophyllum acreanum</i> Ducke	Rubiaceae
Pau Pombo	Pau-pombo	<i>Thyrsodium schomburgkianum</i> Benth.	Anacardiaceae
Pau Rainha	Pau-rainha	<i>Brosimum lanciferum</i> Ducke	Moraceae
paxiú barana Tc	Paxiubarana	<i>Tovomita triflora</i> Huber	Guttiferae
Pintadinha Lm	Ingá	<i>Pithecellobium incuriale</i> (Vell.) Benth.	Leguminosae-Mimosoideae
Piquearana	Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Piquiarana	Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Pitomba da Mata	Pitomba	<i>Sapindus cerasinus</i> (Radlk.) Benth.	Sapindaceae
Puruí da mata	Puruí-da-mata	<i>Duroia macrophylla</i> Huber	Rubiaceae
Puxirana	Puxuri	<i>Licania puchury-major</i> (Mart.) Kosterm.	Chrysobalanaceae
Rosadinha Mg	Rosadinha	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D.Penn.	Sapotaceae
Rozadinha Mg	Rosadinha	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D.Penn.	Sapotaceae
Sapucalia	Sapucaia	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Leguminosae-Papilionoideae
Seringa	Seringa	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae
Seringa Hg	Seringa	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae
Seringa-Arana Ns	Seringarana	<i>Micrandra rossiana</i> R.E.Schult.	Euphorbiaceae
Seringaí Ms	Seringa	<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae
Seringarana Ms	Seringarana	<i>Micrandra rossiana</i> R.E.Schult.	Euphorbiaceae
Sombra da Mata	Sombra-de-vaca	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Leguminosae-Papilionoideae
Sucuba hs	Sucuúba	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Apocynaceae
Sucupira Preta Dm	Sucupira-preta	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce	Leguminosae-Papilionoideae
Sucupira Vermelha Ev	Sucupira-vermelha	<i>Diplotropis racemosa</i> (Hoehne) Amshoff	
Swarsea recurva	Muirajibóia-amarela	<i>Swartzia recurva</i> Poepp.	Leguminosae-Papilionoideae
Swartzia recurva	Muirajibóia-amarela	<i>Swartzia recurva</i> Poepp.	Leguminosae-Papilionoideae
Tachi Preto Sn	Taxi-preto	<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Leguminosae-Caesalpinioideae
Taquari	Taquari	<i>Mabea angustifolia</i> Spruce	Euphorbiaceae
Tauari-Branco CI	Tauari-branco	<i>Couma macrocarpa</i> Barb.Rodr.	Apocynaceae
Torem Vermelho Po	Torém	<i>Cecropia humboldtiana</i> Klotzsch	Cecropiaceae
Uchi Torrado	Uxi-vermelho	<i>Iryanthera tessmannii</i> Mgf.	Myristicaceae
Ucuba do baxio	Ucuúba	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Myristicaceae
<b>Comum</b>	<b>Vulgar</b>	<b>Científico</b>	<b>Família</b>
Ucuba punã Ij	Punã	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Myristicaceae

Ucuquiarana Brava	Cuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	Sapotaceae
Ucuquiarana Cs	Cuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	Sapotaceae
Ucuquiarana Brava Pw	Cuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	Sapotaceae
Ucuuba Preta	Ucuúba-preta	<i>Virola melinonii</i> (R.Benoist) A.C.Sm.	Myristicaceae
Ucuuba Vermelha	Ucuúba-vermelha	<i>Iryanthera paraensis</i> Huber	Myristicaceae
Uirapiranga Ea	Muirapiranga	<i>Brosimum lanciferum</i> Ducke	Moraceae
Uiratinga	Muiratinga	<i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg	Moraceae
Uquiiana Brava	Cuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> subsp. <i>balata</i> (Ducke) T.D.Penn.	Sapotaceae
Urta Grande	Murta-branca	<i>Thyrsodium schomburgkianum</i> Benth.	Anacardiaceae
Urucurana	Ucuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> (Pierre) Baehni subsp. <i>sanguinolentum</i>	Sapotaceae
Urucurana SL	Ucuquirana	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> (Pierre) Baehni subsp. <i>sanguinolentum</i>	Sapotaceae
Uruí da mata	Uxi-vermelho	<i>Iryanthera tessmannii</i> Mgf.	Myristicaceae
Uxi Torrado Sc	Uxi-vermelho	<i>Iryanthera tessmannii</i> Mgf.	Myristicaceae
Uxirana	Uxirana	<i>Licania egleri</i> Prance	Chrysobalanaceae
Uxirana	Uxirana	<i>Licania egleri</i> Prance	Chrysobalanaceae
Uxirana Us	Uxirana	<i>Licania egleri</i> Prance	Chrysobalanaceae
Uxirana Vm	Uxirana	<i>Licania egleri</i> Prance	Chrysobalanaceae

## **ANEXOS**

# ANEXOS I - Ficha para descrição morfológica de solos em camp. (IBGE,2015)

IDENTIFICAÇÃO: Nº: <input type="text"/>		PROJETO: <input type="text"/>		<b>DESCRIÇÃO GERAL</b>				DATA: <input type="text"/>
TIPO DE CARACTERIZAÇÃO: <input type="checkbox"/> PER-FIL COMPLETO <input type="checkbox"/> AMOSTRA EXTRA <input type="checkbox"/> AMOSTRA PARA FINS DE FERTILIDADE								
CLASSIFICAÇÃO: <input type="text"/>						UNIDADE DE MAPEAMENTO: <input type="text"/>		
LOCALIZAÇÃO: <input type="text"/>				MUNICÍPIO: <input type="text"/>	UF: <input type="text"/>	COORDENADAS: <input type="text"/>	ALTITUDE (m): <input type="text"/>	
SITUAÇÃO:		DECLIVIDADE: <input type="text"/>		COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: <input type="text"/>		USO ATUAL: <input type="text"/>		
TIPO DE PAISAGEM:		POSIÇÃO NA ENCOSTA:		LITOLOGIA: <input type="text"/>		UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA: <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> COLINA/ MORRO <input type="checkbox"/> PLANALTO/ CHAPADA <input type="checkbox"/> DEPRESSÃO <input type="checkbox"/> PLANÍCIE <input type="checkbox"/> ESCARPA <input type="checkbox"/> PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO <input type="checkbox"/> PATAMAR <input type="checkbox"/> TERRAÇO FLUVIAL		<input type="checkbox"/> TERÇO INFERIOR <input type="checkbox"/> TERÇO MÉDIO <input type="checkbox"/> TERÇO SUPERIOR <input type="checkbox"/> TOPO						
MATERIAL DE ORIGEM:		NATUREZA DA CONTRIBUIÇÃO EXTERNA:		ROCHOSIDADE:		DESCRITO E COLETADO POR: <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> AUTOCTONE IDENTIFICAÇÃO: <input type="text"/> CONSISTÊNCIA: <input type="checkbox"/> BRANDO <input type="checkbox"/> SEMIBRANDO <input type="checkbox"/> CONSOLIDADO		<input type="checkbox"/> ALÓCTONE <input type="checkbox"/> PSEUDO-AUTOCTONE <input type="checkbox"/> COLUVIONAR <input type="checkbox"/> LACUSTRE <input type="checkbox"/> ALUVIONAR <input type="checkbox"/> ORGÂNICA <input type="checkbox"/> MARINHA <input type="checkbox"/> ANTROPOGÊNICA		<input type="checkbox"/> NÃO PEDREGOSA <input type="checkbox"/> LIGEIRAMENTE PEDREGOSA <input type="checkbox"/> PEDREGOSA <input type="checkbox"/> MUITO PEDREGOSA <input type="checkbox"/> EXTREMAMENTE PEDREGOSA				
EROSÃO:		DRENAGEM:		RELEVO LOCAL:		RELEVO REGIONAL:		
CLASSE:		FORMA:		<input type="checkbox"/> PLANO <input type="checkbox"/> FORTE ONDULADO <input type="checkbox"/> SUAVE ONDULADO <input type="checkbox"/> MONTANHOSO <input type="checkbox"/> ONDULADO <input type="checkbox"/> ESCARPADO		<input type="checkbox"/> PLANO <input type="checkbox"/> FORTE ONDULADO <input type="checkbox"/> SUAVE ONDULADO <input type="checkbox"/> MONTANHOSO <input type="checkbox"/> ONDULADO <input type="checkbox"/> ESCARPADO		
<input type="checkbox"/> NÃO APARENTE <input type="checkbox"/> FORTE <input type="checkbox"/> LIGEIRA <input type="checkbox"/> MUITO FORTE <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> EXTREMAMENTE FORTE		<input type="checkbox"/> LAMINAR <input type="checkbox"/> SULCOS <input type="checkbox"/> VOÇOROCAS		<input type="checkbox"/> MUITO MAL DRENADO <input type="checkbox"/> BEM DRENADO <input type="checkbox"/> MAL DRENADO <input type="checkbox"/> ACENTUADAMENTE DRENADO <input type="checkbox"/> IMPERFEITAMENTE DRENADO <input type="checkbox"/> FORTEMENTE DRENADO <input type="checkbox"/> MODERADAMENTE DRENADO <input type="checkbox"/> EXCESSIVAMENTE DRENADO				
				VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:		COMPLEMENTO:		
				TIPO: <input type="checkbox"/> CAATINGA <input type="checkbox"/> CERRADO <input type="checkbox"/> CAMPINARANA <input type="checkbox"/> FLORESTA <input type="checkbox"/> CAMPO <input type="checkbox"/> RESTINGA <input type="checkbox"/> CERRADÃO <input type="checkbox"/> OUTROS		<input type="checkbox"/> SUBPERENIFÓLIA <input type="checkbox"/> SUBCADUCIFÓLIA <input type="checkbox"/> TROPICAL <input type="checkbox"/> CADUCIFÓLIA <input type="checkbox"/> SUBTROPICAL <input type="checkbox"/> PERENIFÓLIA <input type="checkbox"/> HIGRÓFILA <input type="checkbox"/> HIDRÓFILA		

<b>DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA - 1º Horizonte/ Camada</b>									
SÍMBOLO: <input type="text"/>	PROFUNDIDADE (cm): <input type="text"/>	ESPESSURA (cm): <input type="text"/>	COR: <input type="text"/>	MATRIZ/ COR DE FUNDO: <input type="text"/>	UMIDADE: <input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	CÓDIGO MUNSELL: <input type="text"/>	QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3		
				MOSQUEADO OU VARIEGADO		CONTRASTE: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3			
				CÓDIGO MUNSELL: <input type="text"/>		CÓDIGO MUNSELL: <input type="text"/>			
CASCALHO:		ESTRUTURA:		TIPO:		CEROSIDADE:			
<input type="checkbox"/> POUCO CASCALHENTA <input type="checkbox"/> CASCALHENTA <input type="checkbox"/> MUITO CASCALHENTA		GRAU: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> FORTE		TAMANHO: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> MUITO PEQUENA <input type="checkbox"/> PEQUENA <input type="checkbox"/> MÉDIA <input type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/> MUITO GRANDE <input type="checkbox"/> EXTR. GRANDE		TIPO: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> GRANULAR <input type="checkbox"/> BLOCOS ANGULARES <input type="checkbox"/> BLOCOS SUBANGULARES <input type="checkbox"/> LAMINAR <input type="checkbox"/> CUNEIFORME <input type="checkbox"/> PARALELEPÍPEDICA <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> PRISMÁTICA <input type="checkbox"/> COLUNAR <input type="checkbox"/> GRÃOS SIMPLES <input type="checkbox"/> MACIÇA <input type="checkbox"/> COM ASPECTO MACIÇO <input type="checkbox"/> PRISMÁTICA COMPOSTA DE		QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> ABUNDANTE GRAU: <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> FORTE	
CONSISTÊNCIA:		MOLHADA:		RAÍZES:		POROS:			
SECA: <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> MACIA <input type="checkbox"/> LIG. DURA <input type="checkbox"/> DURA <input type="checkbox"/> MUITO DURA <input type="checkbox"/> EXTR. DURA ÚMIDA: <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> FIRME <input type="checkbox"/> MUITO FRIÁVEL <input type="checkbox"/> FRIÁVEL <input type="checkbox"/> MUITO FIRME <input type="checkbox"/> EXTR. FIRME		PLASTICIDADE: <input type="checkbox"/> NÃO PLÁSTICA <input type="checkbox"/> LIG. PLÁSTICA <input type="checkbox"/> PLÁSTICA <input type="checkbox"/> MUITO PLÁSTICA PEGAJOSIDADE: <input type="checkbox"/> NÃO PEGAJOSA <input type="checkbox"/> LIG. PEGAJOSA <input type="checkbox"/> PEGAJOSA <input type="checkbox"/> MUITO PEGAJOSA		TAMANHO: <input type="checkbox"/> MUITO FINAS <input type="checkbox"/> FINAS <input type="checkbox"/> MÉDIAS <input type="checkbox"/> GROSSAS <input type="checkbox"/> MUITO GROSSAS QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCAS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> AUSENTES		TAMANHO: <input type="checkbox"/> MUITO PEQUENOS <input type="checkbox"/> PEQUENOS <input type="checkbox"/> MÉDIOS <input type="checkbox"/> GRANDES <input type="checkbox"/> MUITO GRANDES QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCOS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> SEM POROS VISÍVEIS			
				SUPERFÍCIES:		TRANSIÇÃO:			
				<input type="checkbox"/> FRICÇÃO (slickenside) <input type="checkbox"/> COMPRESSÃO <input type="checkbox"/> FOSCA <input type="checkbox"/> BRILHANTE QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> ABUNDANTE GRAU: <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> FORTE		TOPOGRAFIA: <input type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> IRREGULAR <input type="checkbox"/> QUEBRADA CONTRASTE: <input type="checkbox"/> ABRUPTA <input type="checkbox"/> CLARA <input type="checkbox"/> GRADUAL <input type="checkbox"/> DIFUSA			

Nota: os números 1, 2 e 3 dentro dos boxes são opções para até três possibilidades de ocorrência de tipos de estruturas e cores em um mesmo horizonte/camada.



Ficha para descrição morfológica de solos em campo (continuação). (IBGE,2015)

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA - 2º Horizonte/ Camada**

<b>SÍMBOLO:</b>	<b>PROFUNDIDADE (cm):</b>	<b>COR:</b>	<b>MATRIZ/ COR DE FUNDO</b>	<b>MOSQUEADO OU VARIEGADO</b>	<b>CÓDIGO MUNSELL:</b>	<b>TEXTURA:</b>
	<b>ESPESSURA (cm):</b>		<b>UMIDADE:</b>	<b>QUANTIDADE:</b>	<b>TAMANHO:</b>	<input type="checkbox"/> AREIA <input type="checkbox"/> ARGILA <input type="checkbox"/> AREIA FRANCA <input type="checkbox"/> ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARENOSA <input type="checkbox"/> ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> FRANCO <input type="checkbox"/> SILTE <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> MUITO ARGILOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA FIBROSA <input type="checkbox"/> FRANCO-SILTOSA <input type="checkbox"/> INDISCRIMINADA
			<b>CÓDIGO MUNSELL:</b>	1 2 3 POUCO 1 2 3 PEQUENA 1 2 3 DIFUSA 1	1 2 3 COMUM 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 DISTINTA 2	
			<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	1 2 3 ABUNDANTE 1 2 3 GRANDE 1 2 3 PROEMINENTE 3		

<b>CASCALHO:</b>	<b>ESTRUTURA:</b>	<b>TAMANHO:</b>	<b>TIPOS:</b>	<b>CEROSIDADE:</b>	<b>COESÃO:</b>	<b>SUPERFÍCIES:</b>
<input type="checkbox"/> POUCO CASCALHENTA <input type="checkbox"/> CASCALHENTA <input type="checkbox"/> MUITO CASCALHENTA	<b>GRAU:</b> 1 2 3 FRACA 1 2 3 MODERADA 1 2 3 FORTE	<b>MUITO PEQUENA</b> 1 2 3 PEQUENA 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 GRANDE 1 2 3 MUITO GRANDE 1 2 3 EXTR. GRANDE	1 2 3 GRANULAR 1 2 3 PRISMÁTICA 1 2 3 BLOCOS ANGULARES 1 2 3 COLUNAR 1 2 3 BLOCOS SUBANGULARES 1 2 3 GRÃOS SIMPLES 1 2 3 LAMINAR 1 2 3 MACIÇA 1 2 3 CUNEIFORME 1 2 3 COM ASPECTO MACIÇO 1 2 3 PARALELEPIPÉDICA 1 2 3 PRISMÁTICA COMPOSTA DE	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABUNDANTE <input type="checkbox"/> FORTE	<input type="checkbox"/> MODERADAMENTE COESO <input type="checkbox"/> FORTEMENTE COESO	<input type="checkbox"/> FRICÇÃO (stickenside) <input type="checkbox"/> COMPRESSÃO <input type="checkbox"/> QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> FOSCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> BRILHANTE <input type="checkbox"/> ABUNDANTE <input type="checkbox"/> FORTE

<b>CONSISTÊNCIA:</b>	<b>ÚMIDA:</b>	<b>MOLHADA:</b>	<b>RAÍZES:</b>	<b>QUANTIDADE:</b>	<b>POROS:</b>	<b>TRANSIÇÃO:</b>			
<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> MACIA <input type="checkbox"/> LIG. DURA <input type="checkbox"/> DURA <input type="checkbox"/> MUITO DURA <input type="checkbox"/> EXTR. DURA	<input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> FIRME <input type="checkbox"/> MUITO FRIÁVEL <input type="checkbox"/> FRIÁVEL <input type="checkbox"/> MUITO FIRME <input type="checkbox"/> EXTR. FIRME	<b>PLASTICIDADE:</b> <input type="checkbox"/> NÃO PLÁSTICA <input type="checkbox"/> LIG. PLÁSTICA <input type="checkbox"/> PLÁSTICA <input type="checkbox"/> MUITO PLÁSTICA	<b>PEGAJOSIDADE:</b> <input type="checkbox"/> NÃO PEGAJOSA <input type="checkbox"/> LIG. PEGAJOSA <input type="checkbox"/> PEGAJOSA <input type="checkbox"/> MUITO PEGAJOSA	<b>TAMANHO:</b> <input type="checkbox"/> MUITO FINAS <input type="checkbox"/> FINAS <input type="checkbox"/> MÉDIAS <input type="checkbox"/> GROSSAS <input type="checkbox"/> MUITO GROSSAS	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCAS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> AUSENTES	<b>TAMANHO:</b> <input type="checkbox"/> MUITO PEQUENOS <input type="checkbox"/> PEQUENOS <input type="checkbox"/> MÉDIOS <input type="checkbox"/> GRANDES <input type="checkbox"/> MUITO GRANDES	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCOS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> SEM POROS VISÍVEIS	<b>TOPOGRAFIA:</b> <input type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> IRREGULAR <input type="checkbox"/> QUEBRADA	<b>CONTRASTE:</b> <input type="checkbox"/> ABRUPTA <input type="checkbox"/> CLARA <input type="checkbox"/> GRADUAL <input type="checkbox"/> DIFUSA

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA - 3º Horizonte/ Camada**

<b>SÍMBOLO:</b>	<b>PROFUNDIDADE (cm):</b>	<b>COR:</b>	<b>MATRIZ/ COR DE FUNDO</b>	<b>MOSQUEADO OU VARIEGADO</b>	<b>CÓDIGO MUNSELL:</b>	<b>TEXTURA:</b>
	<b>ESPESSURA (cm):</b>		<b>UMIDADE:</b>	<b>QUANTIDADE:</b>	<b>TAMANHO:</b>	<input type="checkbox"/> AREIA <input type="checkbox"/> ARGILA <input type="checkbox"/> AREIA FRANCA <input type="checkbox"/> ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARENOSA <input type="checkbox"/> ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> FRANCO <input type="checkbox"/> SILTE <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOARENOSA <input type="checkbox"/> MUITO ARGILOSA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSSILTOSA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA <input type="checkbox"/> FRANCO-ARGILOSA <input type="checkbox"/> ORGÂNICA FIBROSA <input type="checkbox"/> FRANCO-SILTOSA <input type="checkbox"/> INDISCRIMINADA
			<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	1 2 3 POUCO 1 2 3 PEQUENA 1 2 3 DIFUSA 1	1 2 3 COMUM 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 DISTINTA 2	
			<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> ÚMIDA <input type="checkbox"/> ÚMIDA AMASSADA	1 2 3 ABUNDANTE 1 2 3 GRANDE 1 2 3 PROEMINENTE 3		

<b>CASCALHO:</b>	<b>ESTRUTURA:</b>	<b>TAMANHO:</b>	<b>TIPOS:</b>	<b>CEROSIDADE:</b>	<b>COESÃO:</b>	<b>SUPERFÍCIES:</b>
<input type="checkbox"/> POUCO CASCALHENTA <input type="checkbox"/> CASCALHENTA <input type="checkbox"/> MUITO CASCALHENTA	<b>GRAU:</b> 1 2 3 FRACA 1 2 3 MODERADA 1 2 3 FORTE	<b>MUITO PEQUENA</b> 1 2 3 PEQUENA 1 2 3 MÉDIA 1 2 3 GRANDE 1 2 3 MUITO GRANDE 1 2 3 EXTR. GRANDE	1 2 3 GRANULAR 1 2 3 PRISMÁTICA 1 2 3 BLOCOS ANGULARES 1 2 3 COLUNAR 1 2 3 BLOCOS SUBANGULARES 1 2 3 GRÃOS SIMPLES 1 2 3 LAMINAR 1 2 3 MACIÇA 1 2 3 CUNEIFORME 1 2 3 COM ASPECTO MACIÇO 1 2 3 PARALELEPIPÉDICA 1 2 3 PRISMÁTICA COMPOSTA DE	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> ABUNDANTE <input type="checkbox"/> FORTE	<input type="checkbox"/> MODERADAMENTE COESO <input type="checkbox"/> FORTEMENTE COESO	<input type="checkbox"/> FRICÇÃO (stickenside) <input type="checkbox"/> COMPRESSÃO <input type="checkbox"/> QUANTIDADE: <input type="checkbox"/> POUCA <input type="checkbox"/> FRACA <input type="checkbox"/> FOSCA <input type="checkbox"/> COMUM <input type="checkbox"/> MODERADA <input type="checkbox"/> BRILHANTE <input type="checkbox"/> ABUNDANTE <input type="checkbox"/> FORTE

<b>CONSISTÊNCIA:</b>	<b>ÚMIDA:</b>	<b>MOLHADA:</b>	<b>RAÍZES:</b>	<b>QUANTIDADE:</b>	<b>POROS:</b>	<b>TRANSIÇÃO:</b>			
<input type="checkbox"/> SECA <input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> MACIA <input type="checkbox"/> LIG. DURA <input type="checkbox"/> DURA <input type="checkbox"/> MUITO DURA <input type="checkbox"/> EXTR. DURA	<input type="checkbox"/> SOLTA <input type="checkbox"/> FIRME <input type="checkbox"/> MUITO FRIÁVEL <input type="checkbox"/> FRIÁVEL <input type="checkbox"/> MUITO FIRME <input type="checkbox"/> EXTR. FIRME	<b>PLASTICIDADE:</b> <input type="checkbox"/> NÃO PLÁSTICA <input type="checkbox"/> LIG. PLÁSTICA <input type="checkbox"/> PLÁSTICA <input type="checkbox"/> MUITO PLÁSTICA	<b>PEGAJOSIDADE:</b> <input type="checkbox"/> NÃO PEGAJOSA <input type="checkbox"/> LIG. PEGAJOSA <input type="checkbox"/> PEGAJOSA <input type="checkbox"/> MUITO PEGAJOSA	<b>TAMANHO:</b> <input type="checkbox"/> MUITO FINAS <input type="checkbox"/> FINAS <input type="checkbox"/> MÉDIAS <input type="checkbox"/> GROSSAS <input type="checkbox"/> MUITO GROSSAS	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCAS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> AUSENTES	<b>TAMANHO:</b> <input type="checkbox"/> MUITO PEQUENOS <input type="checkbox"/> PEQUENOS <input type="checkbox"/> MÉDIOS <input type="checkbox"/> GRANDES <input type="checkbox"/> MUITO GRANDES	<b>QUANTIDADE:</b> <input type="checkbox"/> POUCOS <input type="checkbox"/> COMUNS <input type="checkbox"/> ABUNDANTES <input type="checkbox"/> SEM POROS VISÍVEIS	<b>TOPOGRAFIA:</b> <input type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> IRREGULAR <input type="checkbox"/> QUEBRADA	<b>CONTRASTE:</b> <input type="checkbox"/> ABRUPTA <input type="checkbox"/> CLARA <input type="checkbox"/> GRADUAL <input type="checkbox"/> DIFUSA

**OBSERVAÇÕES:**

Nota: os números 1, 2 e 3 dentro dos boxes são opções para até três possibilidades de ocorrência de tipos de estruturas e cores em um mesmo horizonte/camada.

**ANEXO V - Tabela de análise química de fertilidade dos solos arenosos estudados em duas profundidades (0 - 10m e de 80 - 100).**

Amostras	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K*	SB	CTC	CTCt	V	m	P	MO
	cmol <sub>(c)</sub> .dm <sup>-3</sup>									%	%	mg.dm <sup>-3</sup>	dag.kg-1
P1 0 - 20	3,2	0,4	3,1	0,1	0	10	0,13	3,23	0,53	3,90	76,10	5	1,7
P1 80 - 100	3,9	0,05	1,3	0,1	0	2	0,11	1,41	0,16	7,48	32,23	1	0,4
P2 0 - 20	2,9	0,6	5,2	0,1	0	10	0,13	5,33	0,73	2,36	82,69	2	0,9
P2 80 - 100	3,5	0,05	1,5	0,1	0	2	0,11	1,61	0,16	6,55	32,23	1	0,4
P3 0 - 20	3,8	1,4	8,8	0,1	0	8	0,12	8,92	1,52	1,35	92,07	2	1,9
P3 80 - 100	4	0,7	3,8	0,1	0	2	0,11	3,91	0,81	2,69	86,94	1	1,8
P4 0 - 20	2,8	1,3	15	0,3	0,1	2	0,41	15,41	1,71	2,63	76,24	2	1,9
P4 80 - 100	3,4	0,2	1,8	0,1	0	2	0,11	1,91	0,31	5,52	65,55	1	0,3
P5 0 - 20	3,8	1	5,2	0,1	0	6	0,12	5,32	1,12	2,17	89,66	2	1,3
P5 80 - 100	4,1	0,5	3,8	0,1	0	2	0,11	3,91	0,61	2,69	82,63	1	0,8
P6 0 - 20	3,9	1	5,8	0,1	0	14	0,14	5,94	1,14	2,29	88,04	2	1,5
P6 80 - 100	4,4	0,3	2,2	0,1	0	2	0,11	2,31	0,41	4,56	74,05	1	0,4
P7 0 - 20	2,7	1,4	16,6	0,1	0	6	0,12	16,72	1,52	0,69	92,39	2	2,1
P7 80 - 100	3,7	0,1	1,3	0,1	0	2	0,11	1,41	0,21	7,48	48,75	1	0,2
P8 0 - 20	2,9	0,7	6,4	0,1	0	10	0,13	6,53	0,83	1,93	84,78	3	1,3
P8 80 - 100	3,4	0,2	1,5	0,1	0	2	0,11	1,61	0,31	6,55	65,55	1	0,2
P9 0 - 20	2,9	0,9	8	0,1	0	18	0,15	8,15	1,05	1,79	86,03	2	1,8
P9 80 - 100	3,7	0,1	1,5	0,1	0	2	0,11	1,61	0,21	6,55	48,75	1	0,4
P10 0 - 20	2,9	0,9	8	0,1	0	14	0,14	8,14	1,04	1,67	86,88	5	2,1
P10 20- 50	3,4	0,1	1,6	0,1	0	2	0,11	1,71	0,21	6,17	48,75	1	0,6

Onde: \* mg dm<sup>-3</sup>; SB = K + Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>; CTC = SB + (H+Al); CTC = SB + Al<sup>3+</sup>; V (%) = (SB / CTC) x 100; m (%) = Al<sup>3+</sup> / (CTC) x 100.



Anexo VII – Resultado da análise de teores dos elementos químicos Al, Fe e metais pesados pelo método de digestão ácida e espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OEA)

S E Q		Nº de Campo	Método	ICP-OES					
				Elemento	Ag (mg/L)	Al (mg/L)	As (mg/L)	Ba (mg/L)	B (mg/L)
		Nº de Laboratório	/	/	/	/	/	/	/
1	P1-0-20	1504/18	ND	0,7869	ND	<LQ	ND	ND	<LQ
2	P1-80-100	1505/18	ND	0,9073	ND	0,0119	<LQ	ND	<LQ
3	P2-0-20	1506/18	<LQ	0,4253	ND	<LQ	<LQ	ND	<LQ
4	P2-80-100	1507/18	ND	0,6889	ND	0,0136	ND	ND	ND
5	P3-0-20	1508/18	ND	79,6040	ND	0,0251	ND	ND	0,0155
6	P3-80-100	1509/18	ND	95,583	ND	0,0155	<LQ	ND	0,0102
7	P4-0-20	1510/18	ND	0,821	ND	0,0128	ND	ND	ND
8	P4-80-100	1511/18	ND	0,667	ND	<LQ	ND	ND	ND
9	P5-0-20	1512/18	ND	ND	<LQ	<LQ	ND	<LQ	<LQ
10	P5-80-100	1513/18	ND	107,630	ND	0,022	ND	ND	0,0117
11	P6-0-20	1514/18	ND	52,384	ND	0,023	ND	ND	0,011
12	P6-80-100	1515/18	ND	0,150	ND	<LQ	<LQ	ND	<LQ
13	P7-0-20	1516/18	ND	2,193	ND	0,010	ND	ND	<LQ
14	P7-80-100	1517/18	ND	0,171	ND	<LQ	ND	ND	<LQ
15	P8-0-20	1518/18	ND	28,182	ND	0,016	ND	<LQ	0,012
16	P8-80-100	1519/18	ND	0,200	<LQ	0,023	ND	ND	<LQ
17	P9-0-20	1520/18	ND	1,288	ND	0,022	ND	ND	<LQ
18	P9-80-100	1521/18	ND	0,115	ND	<LQ	ND	ND	<LQ
19	P10-0-20	1522/18	ND	0,301	<LQ	0,020	ND	ND	<LQ
20	P10-80-100	1523/18	ND	0,413	ND	<LQ	ND	<LQ	0,002
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBS : LQ = Menor que o Limite de Quantificação B = Não Solicitado  
 ND = Não Detectado P = Amostra Perdida  
 I = Amostra Insuficiente H = Interferência

ANALISTA (S) : Larissa Torrezani Data de entrega do resultado: 06/12/2018  
 Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja  
 Química - N° CRQ 14100875



LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS - LAMIN  
ANÁLISE DE ÁGUA

2  
3

Serviço Geológico do Brasil

Requisição : Ofício nº 005/2018/PPGCIFA

Lote nº -

Projeto : Julio Ferreira Falcão

Data 03/12/2018

S E Q	Nº de Campo	Método	ICP-OES						
		Elemento	Co (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr (mg/L)	Sb (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)
		Nº de Laboratório	/	/	/	/	/	/	/
1	P1-0-20	1504/18	<LQ	ND	ND	<LQ	0,4916	0,0123	ND
2	P1-80-100	1505/18	ND	<LQ	ND	ND	0,6453	0,0284	0,0148
3	P2-0-20	1506/18	<LQ	<LQ	ND	<LQ	0,7505	0,0339	0,026
4	P2-80-100	1507/18	<LQ	<LQ	0,019	<LQ	0,3282	0,0139	0,0172
5	P3-0-20	1508/18	<LQ	<LQ	0,0972	<LQ	4,6916	0,0792	ND
6	P3-80-100	1509/18	<LQ	<LQ	0,0908	ND	7,6411	0,0782	ND
7	P4-0-20	1510/18	<LQ	<LQ	ND	<LQ	0,4348	0,0274	ND
8	P4-80-100	1511/18	<LQ	ND	<LQ	<LQ	0,4187	0,019	ND
9	P5-0-20	1512/18	ND	ND	ND	ND	ND	<LQ	ND
10	P5-80-100	1513/18	ND	<LQ	0,0968	<LQ	13,687	0,044	ND
11	P6-0-20	1514/18	<LQ	<LQ	0,033	ND	4,670	0,031	ND
12	P6-80-100	1515/18	<LQ	ND	ND	<LQ	0,214	<LQ	<LQ
13	P7-0-20	1516/18	ND	<LQ	ND	<LQ	1,293	<LQ	<LQ
14	P7-80-100	1517/18	ND	<LQ	0,017	<LQ	0,268	<LQ	<LQ
15	P8-0-20	1518/18	<LQ	<LQ	0,045	<LQ	1,347	0,028	ND
16	P8-80-100	1519/18	<LQ	<LQ	0,056	<LQ	0,471	0,012	<LQ
17	P9-0-20	1520/18	<LQ	<LQ	ND	<LQ	0,463	0,021	<LQ
18	P9-80-100	1521/18	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,157	<LQ	<LQ
19	P10-0-20	1522/18	<LQ	ND	ND	<LQ	0,242	0,015	0,024
20	P10-80-100	1523/18	<LQ	<LQ	ND	<LQ	0,366	0,018	<LQ
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBS :

LQ = Menor que o Limite de Quantificação

ND = Não Detectado

I = Amostra Insuficiente

B = Não Solicitado

P = Amostra Perdida

H = Interferência

ANALISTA(S) : Larissa Torrezani

Data de entrega do resultado: 06/12/2018

Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja

Química - N° CRQ 14100875



LABORATÓRIO DE ANÁLISES MINERAIS - LAMIN  
ANÁLISE DE ÁGUA

3  
3

Serviço Geológico do Brasil

Requisição : Ofício nº 005/2018/PPGCIFA Lote nº -  
Projeto : Julio Ferreira Falcão Data 03/12/2018

S E Q	Nº de Campo	Método	ICP-OES				DMA-80	-	-
		Elemento	Ni (mg/L)	Se (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)	Hg (ppm)		
		Nº de Lab	/	/	/	/	/		
1	P1-0-20	1504/18	ND	ND	ND	ND	< LQ	-	-
2	P1-80-100	1505/18	0,022	ND	ND	1,167	< LQ	-	-
3	P2-0-20	1506/18	ND	<LQ	<LQ	0,015	< LQ	-	-
4	P2-80-100	1507/18	0,019	<LQ	<LQ	0,357	< LQ	-	-
5	P3-0-20	1508/18	ND	ND	ND	0,025	0,0009	-	-
6	P3-80-100	1509/18	ND	ND	ND	0,015	0,0011	-	-
7	P4-0-20	1510/18	0,024	<LQ	ND	0,016	< LQ	-	-
8	P4-80-100	1511/18	ND	<LQ	ND	0,061	< LQ	-	-
9	P5-0-20	1512/18	<LQ	ND	ND	<LQ	< LQ	-	-
10	P5-80-100	1513/18	0,077	ND	ND	0,0	0,0012	-	-
11	P6-0-20	1514/18	0,013	ND	ND	0,014	0,0007	-	-
12	P6-80-100	1515/18	0,104	ND	ND	0,108	< LQ	-	-
13	P7-0-20	1516/18	ND	<LQ	ND	0,000	< LQ	-	-
14	P7-80-100	1517/18	0,020	ND	<LQ	0,002	< LQ	-	-
15	P8-0-20	1518/18	0,087	ND	ND	0,113	< LQ	-	-
16	P8-80-100	1519/18	0,019	ND	ND	0,006	< LQ	-	-
17	P9-0-20	1520/18	ND	<LQ	ND	0,004	< LQ	-	-
18	P9-80-100	1521/18	ND	<LQ	ND	0,003	< LQ	-	-
19	P10-0-20	1522/18	<LQ	<LQ	ND	0,009	< LQ	-	-
20	P10-80-100	1523/18	<LQ	ND	ND	0,056	< LQ	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OBS :

< LQ = Menor que o Limite de Quantificação  
ND = Não Detectado  
I = Amostra Insuficiente

B = Não Solicitado  
P = Amostra Perdida  
H = Interferência

ANALISTA (S) : Larissa Torrezani Data de entrega do resultado: 06/12/2018

Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja

Química - N° CRQ 14100875

**Limites de Quantificação do LAMIN, Valores Máximos Permitidos pelas Legislações Aplicáveis e Métodos Utilizados**

<b>CÂTIONS</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>LQ (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>VMP (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Métodos utilizados</b>
		<b>RDC 274</b>	
Alumínio	0,015	----	SMEWW 3120 IT-03-10-01
Antimônio	0,002	0,005	
Arsênio	0,002	0,01	
Bário	0,010	0,7	
Berílio	0,002	----	
Boro	0,100	5	
Cádmio	0,002	0,003	
Cálcio	0,100	----	
Chumbo	0,002	0,01	
Cobalto	0,005	----	
Cobre	0,015	1	
Cromo	0,005	0,05	
Estanho	0,010	----	
Estrôncio	0,010	----	
Ferro	0,010	----	
Lítio	0,005	----	
Magnésio	0,010	----	
Manganês	0,010	0,5	
Molibdênio	0,005	----	
Níquel	0,005	0,02	
Potássio	0,100	----	
Silício	0,500	----	
Sódio	0,100	----	
Titânio	0,005	----	
Vanádio	0,005	----	
Zinco	0,010	----	
Selênio	0,005	0,01	
Mercúrio (Analisador Direto de Mercúrio)	0,0005	0,001	Proc. Int. IT-03-08-01