

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
POLO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

DANIELE RODRIGUES BARBOSA

DIAGNÓSTICO DO SOLO DE FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA EM ÁREA
URBANA

Volta Redonda, RJ
2015

DANIELE RODRIGUES BARBOSA

**DIAGNÓSTICO DO SOLO DE FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA EM ÁREA
URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª Fabiana Soares dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo de Souza Teodoro

Volta Redonda, RJ
2015

D238 Barbosa, Daniele Rodrigues.

Diagnóstico do solo de fragmento de mata atlântica em área urbana. / Daniele Rodrigues Barbosa. – Volta Redonda, 2015.

123 f.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) –
Universidade Federal Fluminense.

Orientador: Fabiana Soares dos Santos.

Coorientadores: Carlos Eduardo de Souza Teodoro

1. Unidade de Conservação 2. Metal pesado. 3.
Microrganismos. I. Santos, Fabiana Soares dos. II. Teodoro, Carlos
Eduardo de Souza. III. Título.

CDD 631.4

DANIELE RODRIGUES BARBOSA

DIAGNÓSTICO DO SOLO DE FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA EM ÁREA
URBANA

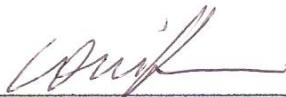
Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 23 de fevereiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA



Profª Drª Fabiana Soares dos Santos – UFF
Orientadora



Profº Dr Wellington Kiffer de Freitas - UFF



Profª Drª Ana Carolina Callegario Pereira -UNIFOA

Volta Redonda
2015

Dedico...

à minha mãe (*in memoriam*),
ao meu pai e ao meu irmão
por quem me esforço em dar orgulho.

aos apaixonados por meio ambiente
e unidades de conservação brasileiras.

AGRADECIMENTOS

À orientadora Fabiana, principalmente pelo apoio no futuro doutorado, e ao co-orientador Carlos Eduardo pela paciência, contribuição e aprendizado durante todo o processo.

A banca pelas contribuições dadas ao trabalho.

Ao ICMBio pela autorização, Felipe Sardella gestor da UC na época, e aos funcionários da ARIE Floresta da Cicuta pelo auxílio: à Márcia pelas dicas, à Gláucia pela compreensão, à pelo auxílio em campo e em especial ao José Henrique pelos braços fortes nas coletas.

A CSN pela concessão de dados e autorização.

Aos professores do curso de mestrado, em especial à Lilian pelo carinho, ao Gilmar pelo auxílio na coleta, ao Welington pelo incentivo em unidades de conservação, ao Adriano pelo auxílio em estatística e dicas no laboratório, Sambassiva e Wilson pelo ensino sobre visão crítica de trabalhos científicos.

Aos estagiários Ahmad, Natanael, Leonardo, Janmille, Jéssica Loira e Jéssica Morena, à Carla, ao técnico do laboratório de Solo e Água, Alexandre, ao de Biotecnologia Matheus, à Jordana e à pesquisadora Ana Carolina Dornellas pelas dicas, auxílio e amizade.

Aos amigos da primeira, histórica e melhor turma de mestrado em Tecnologia Ambiental da UFF Andreza, Júlio, Júlia, Irinéa, Tatiane, Leonardo, Marcela, Vanessa e Débora pelo auxílio, apoio e cia nos eventos científicos.

À minha família, mãe (*in memorian*), pai, irmão, tios e primos pelo carinho, incentivo e abrigo durante o curso. É a razão da minha vida.

À Dr^a Lara Carolina Almeida, responsável por me fazer continuar a carreira acadêmica, e ao Dr. Rubens pelo tratamento.

Aos diretores, professores e alunos do C.E. Baldomero Barbará, principalmente à prof^a Jéssica pelo auxílio, e E.M. Graciema Coura, especialmente à Caroline Pereira e Magali, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

Ao Carlos Fausto e família pelo apoio ao estudo e carinho.

Aos amigos e colaboradores da “campanha dos potes” para coleta: Amore Maria, Adriana Bellei, Andreza Sapede, Marcela Cassin, Cátia Lopes, Restaurante da Vila, Armazém 74, Dr^a Lara Almeida, Sr. Abelar, Alvina e outros.

RESUMO

As unidades de conservação são espaços instituídos pelo Poder Público que, devido às características ambientais relevantes, objetivam a conservação através de uma administração que garanta a proteção da área. A unidade de conservação Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta, é um dos poucos remanescentes de Mata Atlântica Floresta Estacional Semidecidual do Estado do Rio de Janeiro. Situada nos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa, caracterizados pela industrialização metalúrgica e de minerais não-metálicos e rodovias, a unidade de conservação tem em seu entorno fatores de impacto ambiental negativo que podem interferir na qualidade do solo. O trabalho, devido a estes fatores, objetiva verificar se há influência na unidade de conservação de atividades antrópicas de significativo impacto ambiental negativo que alteram as características químicas e biológicas do solo. Foram determinados os pontos de coleta das amostras de solo na Unidade de Conservação, considerando locais de vegetação preservada e de borda, expostos à ação antrópica, e em cada ponto selecionado foram analisados os teores de metais pesados, macro e micronutrientes e parâmetros microbiológicos (carbono da biomassa microbiana, respiração do solo, qCO_2 e estimativa da população microbiana do solo). As coletas foram realizadas em duas épocas distintas, uma no inverno do ano de 2013 e outra no verão de 2014. Os resultados apresentaram atividade microbiana dos solos, nos locais de vegetação preservada na parte interna da ARIE Floresta da Cicuta, com maior estabilidade dos microrganismos e menores flutuações sazonais do verão para o inverno e menores valores de quociente metabólico. Os valores de metais não ultrapassaram os valores estipulados pela resolução CONAMA 420/2009.

Palavras-Chave: unidade de conservação; metal pesado; microrganismos.

ABSTRACT

Protected areas are spaces instituted by the Government that due to the relevant environmental characteristics, aim at conservation through an administration that ensures the protection of the area. The protected area Area of Relevant Ecological Interest (ARIE) Floresta da Cicuta, is one of the few remnants of Atlantic Forest Semideciduous the State of Rio de Janeiro. Located in the town of Volta Redonda and Barra Mansa, characterized by industrialization metal and non-metallic minerals and highways, the protected area around it has negative environmental impact of factors that can affect the quality of the soil. The work, due to these factors, objective check for the influence of human activities protected area of significant negative environmental impact that change the chemical and biological characteristics of the soil. Were determined collection points of the soil samples in the protectect area, considering points in local vegetation preserved and edge sites, exposed to human action and at every point selected were analyzed for heavy metals content, macro and micronutrients and microbiological parameters (microbial biomass carbon, soil respiration, qCO_2 and estimate the microbial population). Samples were collected at two different times, one in 2013 and another year of winter in the summer of 2014. The results showed microbial activity of the soil, vegetation sites preserved inside the ARIE Floresta da Cicuta, with greater stability of microorganisms and lower summer seasonal fluctuations for the winter and lower metabolic quotient values. The metal values did not exceed the values set by CONAMA 420/2009.

Key words: protected area; heavy metal; microorganisms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fig. 1 Malha ferroviária (em preto) e malha rodoviária (em amarelo) no entorno da ARIE Floresta da Cicuta (em vermelho). Fonte: Google Earth (2014), f. 9
- Fig. 2 Pontos de coleta de amostras de solo no interior da ARIE Floresta da Cicuta e suas denominações. Fonte imagem: Google Earth, f.. 31
- Fig. 3 Concentrações de manganês (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 53
- Fig. 4 Concentrações de chumbo (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 57
- Fig. 5 Concentrações de níquel (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 59
- Fig. 6 Concentrações de zinco (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 61
- Fig. 7 Concentrações de cobre (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, , onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 63
- Fig. 8 Carbono da Biomassa Microbiana (BMS-C) do solo da ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 e verão de 2014, com média e desvio-padrão, f. 66
- Fig. 9 Umidade Relativa do Solo -UR na ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 (UR2013) e verão de 2014 (UR2014), f. 67
- Fig.10 Respiração basal dos solos-RBS da ARIE Floresta da Cicuta, período inverno de 2013 e verão de 2014 , onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão, f. 69
- Fig.11 Quociente metabólico do solo-q-CO₂ da ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 e verão de 2014, com media e desvio-padrão, onde cada valor corresponde a uma média de 2 repetições \pm desvio padrão, f. 71
- Fig.12 ARIE Floresta da Cicuta ponto Cachoeira: diferença do índice pluviométrico observada no córrego Brandão durante as coletas no inverno, em julho de 2013 (a), e no verão, início de janeiro de 2014 (b); detalhe do local de retirada das amostras (c) e com córrego Brandão ao fundo (d); coleta (e) e secagem (f) na profundidade 0-5cm, f. 104
- Fig.13 ARIE Floresta da Cicuta ponto Águas Frias Leste: ponte sobre o córrego Águas Frias (a); local da coleta (b); amostras coletadas nas profundidades 10-20cm (c) e 40-60 cm (d) secando no laboratório, f. 105

- Fig. 14 ARIE Floresta da Cicuta ponto Trilha da Velha: detalhe (a) e local (b) de coleta de amostras; Amostras coletadas nas profundidades 10 a 20 cm (c) e 20 a 40 cm (d) secando no laboratório, f. 105
- Fig. 15 ARIE Floresta da Cicuta ponto Trilha Nova: entorno (a) e uso do trado (b) para coleta por profundidade; amostras coletadas nas profundidades 5 a 10 cm (c) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório, f. 105
- Fig. 16 ARIE Floresta da Cicuta ponto Figueira: árvore que nomeia a trilha (a), detalhe do solo (b); amostra coletada nas profundidades 20 a 40 cm (c) e 5 a 10 cm (d) secando no laboratório, f. 105
- Fig. 17 ARIE Floresta da Cicuta ponto Porteira da Fazenda: estrada de acesso à porteira da fazenda Santa Cecília (a); diferença de nível devido à estrada (b); amostra coletada na profundidade 40 a 60 cm secando no laboratório; visão da área próxima à porteira com escória na estrada (d), f. 105
- Fig. 18 ARIE Floresta da Cicuta ponto Entrada: estrada de acesso à entrada da ARIE com escória (a); acesso à trilha principal na entrada (b); amostra coletada na profundidade 20 a 40 cm (c) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório, f. 105
- Fig. 19 ARIE Floresta da Cicuta ponto Alto da Linha de Transmissão-LT: visão geral da área florestada (a) dividida pela linha de transmissão; detalhe do solo (b); coleta no acesso à linha de transmissão (c); amostra coletada na profundidade 40 a 60 cm (d) secando no laboratório, f. 105
- Fig. 20 ARIE Floresta da Cicuta ponto Águas Frias Oeste (fronteira com a fazenda do Sr. Arthur): vista da área da fazenda com floresta avançando na área de pasto (a); local com marco de metal (seta) e cerca delimitando o local da ARIE (c); amostras coletadas nas profundidades 0 a 5 cm (b) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório, f. 105

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Potencial de poluição atmosférica industrial dos municípios do RJ, f. 10
- Tabela 2 - Indicadores de qualidade do solo, f. 16
- Tabela 3 - Valores de prevenção e investigação de contaminação do solo no Brasil para cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de acordo com a Resolução CONAMA 420 (2009), f. 19
- Tabela 4 - Valores de referência de qualidade de solo- VRQs de cobre, níquel, chumbo e zinco para solos na região do Médio Paraíba no Estado do Rio de Janeiro segundo Mattos *et al* (2013), f. 20
- Tabela 5 - Valores de Temperatura e dados pluviométricos nos períodos de coleta inverno de 2013 (julho) e verão de 2014 (janeiro) na ARIE Floresta da Cicuta provenientes da estação meteorológica Recreio (CSN, 2014), f. 31
- Tabela 6 - Análise granulométrica com valores de argila, areia, silte e pH em água no solo da ARIE Floresta da Cicuta no período do inverno de 2013 nas profundidades 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-40cm e 40-60cm, f. 34
- Tabela 7 - Carbono Orgânico (CO), Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio trocável (N) dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014, f. 40
- Tabela 8 - Teores de Potássio (K^+), Sódio (Na^+) e Fósforo (P^+) trocáveis dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014, f. 43
- Tabela 9 - Teores de Hidrogênio e Alumínio (H+Al), Cálcio (Ca^{+2}), Cálcio e Magnésio ($Ca^{+2}Mg^{+2}$) e Magnésio (M^{+2}) trocáveis dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014, f. 46
- Tabela 10- Soma de Bases Trocáveis (S), Capacidade de Troca de Cátions(T), Índice de Saturação de Bases (V), Índice de saturação de Alumínio Trocável (M) dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014, f. 48
- Tabela 11 - Unidades Formadoras de Colônias de Bactérias e Fungos em solos da ARIE Floresta da Cicuta, f. 72

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Ag	Elemento químico prata
Al	Elemento químico alumínio
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
APA	Categoria de unidade de conservação Área de Proteção Ambiental
ARIE	Categoria de unidade de conservação Área de Relevante Interesse Ecológico
ASSS	Sociedade Norte-Americana de ciência do solo
Bi	Elemento químico bismuto
BMS-C	Carbono da biomassa microbiana do solo
Br	Elemento químico bromo
Ca	Elemento químico cálcio
CCQS	Ciclo de Controle de Qualidade
Cd	Elemento químico cádmio
CESBRA	Empresa química de estanho
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO	Carbono Orgânico
Cr	Elemento químico cromo
CSN	Empresa Companhia Siderúrgica Nacional
Cu	Elemento químico cobre
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES	Estado do Espírito Santo
FC	Fator de Crescimento
Fe	Elemento químico ferro
FEM	Empresa de construção e montagem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
meq	Unidade de medida miliequivalente
NCEP-USA	National Centers for Environmental Prediction
INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Estado do RJ
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISSO	International Organizations for Standardisation (Organização Internacional de Padronização)

MOS	Matéria Orgânica do Solo
Ni	Elemento químico níquel
K	Elemento químico potássio
LT	Linha de transmissão de energia elétrica
MG	Estado de Minas Gerais
Mn	Elemento químico manganês
N	Elemento químico nitrogênio
Na	Elemento químico sódio.
PA	Estado do Pará
pH	Potencial Hidrogeniônico, que varia de ácido ao alcalino
PI	Estado do Piauí
PM ₁₀	Material Particulado fino de origem atmosférica com diâmetro menor do que 10 micrões
Pb	Elemento químico chumbo
qCO ₂	Quociente metabólico
RPPN	Categoria de unidade de conservação Reserva Particular do Patrimônio Natural.
RJ	Estado do Rio de Janeiro
S	Elemento químico enxofre
Sn	Elemento químico antimônio
SP	Estado de São Paulo
TSA	Tryptone Soya Agar (meio de cultura para bactérias)
UFC	Unidade Formadora de Colônia
VRQs	Valor de Referência de Qualidade do solo
Zn	Elemento químico zinco

SUMÁRIO

Introdução	1
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo Geral	4
1.1.2 Objetivos Específicos	4
1.2 Revisão Bibliográfica.....	5
1.2.1 Unidades de Conservação	5
1.2.2 Atividades Potencialmente Poluidoras.....	8
1.2.3 Qualidade do Solo	14
1.2.4 Microrganismos do Solo	21
2. Materiais e Métodos	28
2.1 Caracterização da Área de Estudo - ARIE Floresta da Cicuta.....	28
2.2 Definição dos Pontos de Coleta e Análises Realizadas	30
3. Resultados e Discussão	34
3.1 Análise granulométrica e pH dos solos.....	34
3.2 Análise Química de Fertilidade dos solos.....	39
3.3 Concentrações de Metais Pesados nos Solos da ARIE Floresta da Cicuta.....	52
3.4 Carbono de Biomassa Microbiana, Respiração microbiana e Quociente Metabólico do solo.....	64
3.5 Estimativa de População Microbiana dos Solos da ARIE Floresta da Cicuta.....	71
4. Conclusões	80
Referências	82
5.1 Obras Citadas	82
5.2 Obras Consultadas	97
APÊNDICE	101
TABELA TEORES DE CARBONO, BMS-C, RBS E QCO ₂ NO SOLO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA NO INVERNO DE 2013 E VERÃO DE 2014.....	101
TABELA TEORES DE METAIS PESADOS Pb , Cu, Mn, Zn e Ni NO SOLO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA, NO INVERNO DE 2013 E VERÃO DE 2014.....	102
CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETA DA ARIE FLORESTA DA CICUTA	104

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, de acordo com a Lei nº11.428/2006, compreende uma variedade de florestas pluviais, ombrófilas e estacionais classificadas como: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucárias); Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, incluindo os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais no Nordeste. Este bioma permeia a “faixa continental atlântica leste brasileira” (IBGE, 2004, p. 6), expandido-se para o oeste nas regiões sul e sudeste, incluindo porção do Paraguai e Argentina. A extensão do bioma, no entanto, não caracteriza sua atual abrangência com florestas nativas visto que muitas são regiões urbanas, onde ocorreram as primeiras ocupações coloniais no período da descoberta do país (IBGE, 2004). A Mata Atlântica, que já abrangeu área florestada equivalente a 1.315.460 km ao longo de 17 Estados, no ano de 2013 possuía 8,5% de florestas com mais de 100 hectares e, 12,5% se somados aos fragmentos florestais com mais de 3 hectares (SOSMA, 2013).

Entre as denominações de Floresta Atlântica, há Floresta Estacional Semidecidual, atualmente reduzida a poucos fragmentos, assim classificada devido à caducifoliedade do conjunto florestal entre 20 a 50%, ou seja, queda de folhas em período desfavorável e o clima possuir estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. No Estado do Rio de Janeiro, há apenas três unidades de conservação públicas com formações florestais deste tipo, sendo uma destas a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Floresta da Cicuta (RAMBALDI, 2003), e 4 particulares na categoria RPPN (UZÊDA, 2009, p.260).

As unidades de conservação são espaços instituídos pelo Poder Público que, devido às características ambientais relevantes, objetivam a conservação de áreas naturais através de uma administração que garanta a proteção do local. Para tanto, a lei nº 9.985/2000, que

institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, estabeleceu “critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação” (BRASIL, 2000, Art. 1º). O local estudado é integrante da categoria Uso Sustentável, que permite o uso dos recursos naturais da unidade de conservação de forma sustentável, e classificado como ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico, pequena área com pouca ou sem ocupação humana, e “características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional”, objetivando “manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza” (BRASIL, 2000, art.16º).

A ARIE Floresta da Cicuta abriga exemplares raros da biota regional como o bugio *Alouatta guariba clamitans* e espécies da flora nativa ameaçadas de extinção, exigindo assim cuidados especiais de proteção por parte do Poder Público (ALVES & ZAU, 2005). Em se tratando de Unidade de Conservação de Uso Sustentável categoria Área de Relevante Interesse Ecológico, os processos de licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente poluidores não incluídos na lista de obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental perante a lei, apenas dá-se ciência ao órgão responsável pela administração da unidade de conservação quando o empreendimento que impactar diretamente a área estiver localizado no limite de até dois mil metros da unidade de conservação, cuja Zona de Amortecimento não tenha sido estabelecida no Plano de Manejo prazo de até cinco anos a partir da data da publicação da Resolução CONAMA 428 de 2010, salvo as categorias APA e RPPN dispostas em áreas urbanas consolidadas. A ARIE Floresta da Cicuta até o momento não possui plano de manejo consolidado, o que interfere na tomada de decisão sobre sua área de influência.

Localizada nos municípios de Barra Mansa e de Volta Redonda, a ARIE Floresta da Cicuta possui em seu entorno, atividades de significativo impacto ambiental negativo como

indústrias metalúrgicas, fluxo intenso de veículos automotores, urbanização acelerada e um aterro controlado desativado. Segundo SOR *et. al.* (2008), o município de Volta Redonda emite 4.031 toneladas por ano de material particulado fino (PM10), correspondendo a 21% das emissões totais do Estado do Rio de Janeiro, sendo considerado o segundo município do Estado nessas emissões, que são provenientes de indústrias metalúrgicas (sete indústrias em Volta Redonda e onze em Barra Mansa) e de minerais não-metálicos (vinte e seis indústrias em Volta Redonda e 19 em Barra Mansa) correspondendo, respectivamente, a 51% e 45% de potencial poluidor em relação ao município de Volta Redonda e 11% e 19% de Barra Mansa.

Os metais pesados podem estar presentes naturalmente na água, no ar, na poeira, no solo e nos sedimentos e alguns elementos apresentam importantes funções na vida humana. Porém, atividades antrópicas podem aumentar suas concentrações no ambiente de modo a influenciar na contaminação do solo. A composição química do solo, especialmente as concentrações de metais pesados, pode reduzir a fertilidade do solo, afetar negativamente a biota do solo, serem absorvidos pelos vegetais e transferidos na cadeia alimentar. A camada superficial do solo e a poeira são indicadores de contaminação por metais pesados provenientes da deposição atmosférica. São notados próximos às rodovias metais pesados como Pb, Zn, Cu, Cd entre outros. O excesso de metais pesados no solo aumenta a possibilidade de inserção dos mesmos na cadeia alimentar e, conseqüentemente, contaminação dos integrantes bióticos. Além disso, pode haver a lixiviação destes metais no solo com subsequente contaminação do lençol freático (KRISHNA & GOVI, 2007).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa foi verificar se há influência, na unidade de conservação, de atividades antrópicas de significativo impacto ambiental negativo que alteram as características químicas e biológicas do solo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar pontos de coleta em locais de vegetação preservada e locais expostos à ação antrópica, no interior da unidade de conservação.

Determinar os teores de macro e micronutrientes do solo.

Diagnosticar as concentrações de metais pesados nas amostras de solo.

Determinar a atividade microbiana através de parâmetros como carbono da biomassa microbiana, respiração do solo e quociente metabólico (qCO_2).

Estimar a população microbiana existente no solo.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Unidades de Conservação

A Lei nº 9.995, de 18 de julho de 2000, conhecida por dispor sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC, define unidade de conservação em seu artigo segundo, como:

“[...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”(BRASIL, 2000, art. 2º I).

As unidades de conservação, segundo esta lei, podem ser categorizadas como de Uso Sustentável e Proteção Integral, de acordo com a finalidade de sua criação. As de Proteção Integral são as destinadas ao uso indireto, não envolvendo “consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais” (BRASIL, 2000, art. 2º, IX) e subdividem-se em Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. As unidades de conservação categorizadas como de Uso Sustentável compatibilizam a conservação com o uso sustentável, ou seja, com a “exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (BRASIL, 2000, art.2º, XI) e podem ser: Área de Proteção Integral; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural” (BRASIL, 2000, art.14º, I-VII).

A Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), em geral, tem pequena extensão de terras públicas ou privadas e possui características naturais extraordinárias ou abriga exemplares raros da biota regional (BRASIL, 2000, art. 16º). A ARIE objetiva “manter ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de forma a compatibilizá-las com os objetivos da conservação da natureza” (BENSUSAN, 2006, p.21).

A ARIE Floresta da Cicuta foi criada pela Resolução CONAMA 05, de 05 de junho de 1984 devido à “necessidade urgente de tomar medidas para melhor salvaguardar algumas áreas naturais de grande importância ecológica.” O decreto 90.792, de 09 de janeiro de 1985, reafirmou a criação e delimitou sua localização: “planalto da bacia média do rio Paraíba do Sul, no município de Volta Redonda”. Destinada a proteger e preservar as espécies raras e diversificadas da biota local, a ARIE limita-se ao Norte e à Leste com a Fazenda Santa Cecília, pertencente à CSN, e ao Sul e à Leste com terrenos particulares, segundo o decreto de criação. As áreas circunvizinhas são compostas de matas em estágio inicial/médio de sucessão, antigos plantios de *Eucalyptus spp.* e pastagens (PEREIRA *et al.*, 2011; ALVES & ZAU, 2005). Pela ARIE Floresta da Cicuta passa o córrego Brandão, um importante afluente do Rio Paraíba do Sul que abastece os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, as linhas de alta tensão de Furnas e a foz do córrego Água Fria. A abertura de estradas, segundo o referido decreto, dependerá de aprovação do presidente da república.

Faria (2005) em estudo florístico e estrutural da ARIE Floresta da Cicuta, identificou 141 espécies ou morfoespécies botânicas em 90 gêneros e 41 famílias. Indivíduos da flora mortos em pé em área de borda da floresta corresponderam a 3,46% do total amostrado. As famílias botânicas destacadas pelo autor quanto ao número de espécies foram Myrtaceae, Fabaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Annonaceae, Rubiaceae e Moraceae. O mesmo relata diversidades botânicas semelhantes na área de borda e na área central e conclui que a floresta

apresenta estrutura característica resultante das modificações decorrentes da fragmentação, retiradas seletivas de espécies e poluição industrial.

Souza *et al.* (2007), destacaram a importância do fragmento florestal como representante florístico do bioma Mata Atlântica:

“As famílias mais ricas em gêneros e espécies encontradas na Floresta da Cicuta são, de modo geral, as mesmas encontradas em diferentes trechos de Floresta Atlântica. A elevada diversidade do componente arbustivo arbóreo na área é compatível com a de outros trechos de Floresta Atlântica. O alto percentual de espécies raras e as baixas similaridades evidenciam o caráter único da área. (Souza *et al.*, 2007, p. 407)”

Com relação à fauna da unidade de conservação, Costa (2014) estudando a diversidade de morcegos em Unidades de Conservação no Estado do Rio de Janeiro, encontrou na ARIE Floresta da Cicuta vinte espécies de quirópteros, entre elas a espécie de morcego *Molossops neglectus*, que a autora considera merecer atenção especial no Estado do Rio de Janeiro por ser rara no estado. Alves & Zaú (2007) estudando grupos de bugios *Alouatta guariba clamitans*, encontraram quatro grupos com 23 indivíduos no total e alerta para a ameaça na sustentação genética e ecológica da espécie. Aracnídeos do gênero *Cyclosa* *sp.* foram estudados na ARIE por Gonzaga & Vasconcellos-Neto (2012). Sobre formigas, Miranda *et al.* (2013) encontraram na unidade de conservação 18 espécies diferentes, sendo seis no dossel das árvores e 12 no solo. A lacuna de informações sobre invertebrados na ARIE Floresta da Cicuta tem como ameaça sua vulnerabilidade aos impactos ambientais negativos de urbanização e industrialização de sua localização (SANTOS, 2009, p.271).

A ARIE Floresta da Cicuta está localizada nos municípios de Volta Redonda e de Barra Mansa, na bacia do Rio Paraíba do Sul no sul do Estado do Rio de Janeiro, em região conhecida como Médio Paraíba Fluminense e recebe pressão das atividades potencialmente poluidoras existentes em seu entorno. Algumas delas possuem registros de procedimentos administrativos e inquéritos civis públicos no Ministério Público Federal, abrangendo registro

de incêndios, desmatamento, disposição de resíduos siderúrgicos e construção de fábrica de cimento (MPF-VR, 2009). Há também atividades que, mesmo impactantes, não incluíram a ARIE em seu processo de licenciamento, como a “construção do gasoduto GASCAR e GASBEL II, a ampliação da BR 393 e da BR 465” que atingem diretamente a área circundante da unidade de conservação e que não consideraram o estudo de impacto cumulativo no licenciamento das obras (AGUIAR, 2011, p.76).

1.2.2 Atividades Potencialmente Poluidoras

Os municípios de Barra Mansa e Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro, possuem empresas com atividades potencialmente poluidoras que emitem material particulado para a atmosfera e que podem ser depositados no solo ao longo dos anos. Neste famoso “vale do aço” as principais atividades potencialmente poluidoras, segundo Seva Filho (2002, p. 12), são a Companhia Siderúrgica Nacional em Volta Redonda (produção de aço e coque); Siderúrgica Barra Mansa (produção de ferro e aço, grupo Votorantim); Cesbra (fabricação de estanho) em Barra Mansa.

As rodovias reforçam o impacto ambiental atmosférico devido ao excesso de tráfego de veículos (GIODA *et al.* 2004). A ARIE Floresta da Cicuta é circundada por quatro vias expressas de grande movimentação de veículos automotores, vistas na Figura 1, sendo estas a BR-393 e sua saída (BR494) para a via Dutra; a via Dutra (BR116); a Rodovia dos Metalúrgicos (RJ153), que liga a via Dutra à BR-393 por Volta Redonda. A frota de veículos automotores em Volta Redonda é de 117.709 e no município de Barra Mansa é de 61.859, segundo IBGE (2013). Pela Via Dutra, BR 116 RJ/SP, segundo a ANTT (2012), o volume anual de veículos equivalentes que trafegaram pela rodovia em 2002 foi 107.603.597 e no ano

de 2012, 178.922.255. A Rodovia do Aço, concessionária que administra o trecho da BR 393, no relatório da ANTT (2012) divulgou o fluxo de veículos na praça de pedágio P3, próximo à Barra do Pirai, o valor de 15.662.189 de volume de veículos equivalentes.

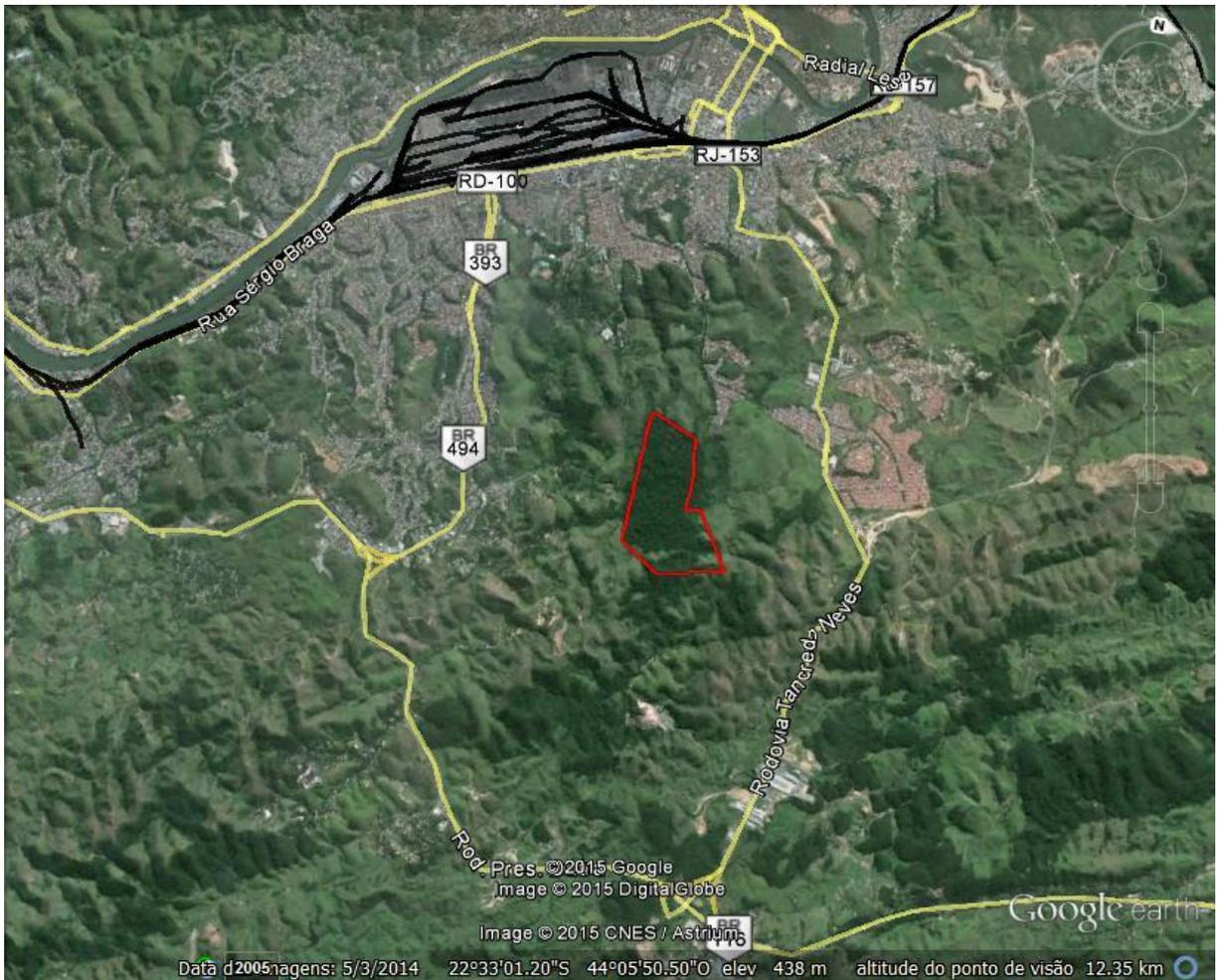


Figura 1: Malha ferroviária (em preto) e malha rodoviária (em amarelo) no entorno da ARIE Floresta da Cicuta (em vermelho). Fonte: Google Earth (2014).

A rede ferroviária que permeia os municípios de Volta Redonda e de Barra Mansa, gerida pela MRS Logística desde 1996 transporta, em sua maior parte, carga minério de ferro segundo dados da ANTT (2012). No Brasil, por não existir regulamentação específica para emissões atmosféricas ferroviárias, o levantamento feito considerou a emissão de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e materiais particulados resultantes da combustão do diesel usado nas locomotivas. A ferrovia, segundo o estudo da ANTT (2012), é

a que mais contribuiu em emissões de dióxido de carbono no país, com 24% do total nacional. A quantidade de material particulado (PM₁₀) emitido nesta categoria passou de 214,3 toneladas em 2002 para 346,8 toneladas em 2011.

SOR et al. (2008) em estudo sobre poluição do ar no Estado do Rio de Janeiro organizado pelo IBGE, enunciaram o levantamento sobre material particulado PM₁₀. O município de Volta Redonda ficou em segundo lugar em emissões de material particulado com 21% das emissões do Estado, Barra Mansa em quarto lugar com 6% e Barra do Piraí em quinto lugar com 4%. Nestes, as indústrias metalúrgicas contribuiriam com mais de 50% do potencial poluidor de PM₁₀, como visto na Tabela 1.

Tabela 1: Potencial de poluição atmosférica industrial dos municípios do RJ

Município	PM ₁₀ t/ano	%PM ₁₀ Estado	Área industrial que mais contribui	% potencial poluidor por área industrial, em relação ao município	Total de indústrias por área
Rio de janeiro	4844	25	Minerais não- metálicos	54	357
			Metalurgia	22	198
			Química	8	521
Volta Redonda	4031	21	Metalurgia	51	7
			Minerais não- metálicos	45	26
Barra Mansa	1243	6	Metalurgia	64	11
			Minerais não - metálicos	30	19
Barra do Piraí	775	4	Metalurgia	69	7
			Minerais não- metálicos	30	19

Fonte: SOR et al. (2008) modificado.

A CSN iniciou, em 1997, um programa de Gestão Ambiental que “transcendia a hierarquia da empresa” através do Ciclo de Controle de Qualidade-CCQS, que identificava os problemas no âmbito ambiental (BURTON, 1998). A empresa adotou a ISO 14.000 para aumentar o monitoramento ambiental, devido à proximidade das áreas residenciais, e recuperar a “sua” área verde protegida por lei ambiental, no caso a ARIE Floresta da Cicuta. O autor cita os investimentos para diminuição de emissão de poluentes atmosféricos, como na sinterização a instalação de precipitadores eletrostáticos, que aumentam a captura de material particulado atmosférico. Chaves (2010) analisando dados do INEA (2009), fornecidos por

Estações de Monitoramento Privadas pertencentes à indústria CSN, relatou que em 99% dos valores, os índices de qualidade do ar monitorados em Volta Redonda situaram-se entre a qualidade “boa” e “regular”. Tais índices incluem o material particulado denominado Partículas Inaláveis e Partículas Totais em Suspensão.

Gioda et al. (2004), fizeram dois levantamentos nos períodos de 1995/1996 e de 1999 baseados em parâmetros internacionais, para caracterizar as fontes dos principais poluentes atmosféricos do município de Volta Redonda. As estações de monitoramento da qualidade do ar escolhidas pelos autores cobriam a área de influência das principais empresas do município, seguindo a direção dos ventos. As empresas monitoradas foram a CSN, a FEM de estruturas metálicas, CESBRA companhia de estanho, Voldac de fundição e as indústrias de cimento Tupi e Votorantin. De acordo com a pesquisa, a CSN estaria ligada à maioria das emissões de Al, Mn, Cr, Sn, Zn e Fe, a FEM às de Fe, a CESBRA às de Sb, Bi, Ni, Ag, Zn, Pb e Sn e a Voldac às de Mn, Cu e Fe.

Os problemas relacionados aos poluentes no ambiente também são vistos em outros países, a exemplo dos fatores de poluição atmosférica em Jeddah, na Arábia Saudita, que apontaram relações entre os componentes dos materiais particulados e suas fontes de emissão pesquisada por Khodeir et al. (2012). O material particulado foi dividido de acordo com a concentração da massa: $28.4 \pm 25.4 \mu\text{g m}\mu^3$ (PM 2.5) e $87.3 \pm 47.3 \mu\text{g m}\mu^3$ (PM10). O PM10 (particulados com diâmetro menor do que 10 micrones) mostrou alta deposição de Cu, Zn, Br, S e Ca. As altas concentrações de zinco e cobre foram atribuídas à indústria metalúrgica e aos veículos movidos a diesel, seguidos por sal marinho e tráfego urbano (KHODEIR et al. 2012).

Os autores Al- Khashman & Shawabkeh (2006), em levantamento da quantidade de material particulado depositado no solo em profundidade até 10 cm no entorno de uma fábrica de cimento na Jordânia, compararam os valores de metais pesados encontrados no local com

as áreas urbanas pelo mundo. Comparando concentrações médias (mg kg^{-1}) de chumbo, zinco, cádmio, ferro e cobre em solos urbanos os autores citaram Londres, com 294, 183, 1, sem dados e 73 (THORNTON, 1991 apud AL- KHASHMAN & SHAWABKEH 2006); em Hong Kong, 100, 93,9, 1,89, sem dados e 27,5 (WONG et al, 1996 apud AL- KHASHMAN & SHAWABKEH, 2006); e Qadissiya na Jordânia, 55 a 14,47; 44,51 a 12,27; 5 a 2,19; 24,18 a 6,03 e 2,89 a 1,47(AL- KHASHMAN & SHAWABKEH, 2006). Os altos níveis de zinco foram associados à fábrica de cimento e às emissões veiculares, também responsáveis por emissão de cádmio.

Mazzoni-Viveiros & Trufem (2004) comparando componentes da raiz de planta nativa com poluentes atmosféricos em Cubatão–SP, em áreas nas “proximidades de indústrias de fertilizantes, cimento e siderúrgicas e, conseqüentemente, altamente poluído por particulados, fluoretos e compostos de enxofre e nitrogênio”, encontraram no solo baixos valores de pH e altas concentrações de Al, S, Fe, Ca, Mg, C, N, ânions e cátions totais em sítios experimentais com os maiores índices de poluição atmosférica (MAZZONI-VIVEIROS & TRUFEM, 2004, p.339).

Resíduos siderúrgicos também podem alterar a fertilidade do solo. A influência do silício proveniente de escória siderúrgica sobre a disponibilidade de fósforo solúvel em um solo franco-arenoso foi observada por Madeiros et al (2010), aumentando consideravelmente os teores de fósforo. Nobile et al (2010) avaliando o efeito de resíduo da mineração de bauxita nos teores de macronutrientes, no solo e cana-de—açúcar, concluiu que o resíduo de bauxita tem valores baixos de fósforo. Ferreira (2001 apud NOBILE et al 2010 p.171), enunciou que “com o aumento do pH, o fósforo adsorvido nos coloides do solo passariam para a solução tornando-se disponíveis para as plantas, sendo a maior disponibilidade em pH ao redor de seis”.

Domingos et al (2000) relatando os dados da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, observaram significativo índice de morte de árvores na Reserva Biológica de Paranapiacaba na década de 90, provocando a simplificação na estrutura florestal devido à poluição atmosférica proveniente do complexo industrial de Cubatão-SP, como compostos gasosos de flúor, nitrogênio e enxofre. Os autores relatam que a poluição do ar influencia no crescimento microbiano, diminuindo a taxa de decomposição no solo. Os valores encontrados no solo da reserva variaram no ponto amostral mais sucessível à poluição (MAS) e menos exposto à poluição (LAS).

O fluxo de veículos influi na deposição no solo dos metais pesados dispersos nas partículas atmosféricas, devido ao tamanho da partícula emitida pelos veículos, visto por Gunawardena et al (2013), onde grande volume de veículos contribui para maiores partículas devido ao desgaste dos mesmos e o congestionamento para partículas finas de exaustão, influenciando na deposição de Zn em período seco, com tráfego de veículos, encontrado com o triplo do valor dos verificados para Pb, Cd, Ni e Cu em período úmido, com congestionamento, onde foram verificados os maiores valores destes.

Comparando as concentrações de metais pesados em solos urbanos em diversas cidades chinesas, a maior concentração destes foi encontrada em poeira de rodovias, seguida por solo urbano (WEI & YANG, 2010). Os principais metais pesados encontrados em áreas de rodovias na China foram decorrentes de exaustor veicular e desgaste de pneu, como Pb, Zn e Cu (LUO et al. 2012).

Araújo et al (2008), estudaram concentração de elementos químicos em plantas e solos em Mata Atlântica classificada como Floresta Ombrófila Densa, em duas Unidades de Conservação de São Paulo, distantes 150 km entre si: Parque Estadual Serra do Mar e Parque Estadual Carlos Botelho. O primeiro ponto, caracterizando-os, é próximo à Cubatão, cidade

com influência significativa de indústrias e com histórico de impactos ambientais negativos no Brasil e das demais localidades que possuem reflexos destes poluentes, como São Bernardo do Campo, Pilões (inclusive próximo à rodovia movimentada de São Paulo) e Quilombo. No Parque Estadual Carlos Botelho, a área é preservada e indicada para valores de referência de qualidade de solo. Os autores encontraram grande concentração de cálcio, maior que o limite de detecção 1500 mg kg^{-1} em todos os pontos, as maiores concentrações de potássio no Parque Estadual Carlos Botelho (49000 máxima e 6900 mínima, em mg kg^{-1}), de sódio foi em Pilões, perto da estrada Anchieta, (10300 máxima e 550 mínima, em mg kg^{-1}) e zinco em Pilões, com máxima de 259 e mínima de 24, em mg kg^{-1}).

No Estado do Rio de Janeiro, o estudo de acumulação de metais pesados em serapilheira da unidade de conservação Parque Estadual da Pedra Branca, concluiu que a renovação do estoque de metais na serapilheira varia de acordo com o elemento, sendo 0,2 ano para Cr, 1,2 anos para Zn, 1,4 anos para Ni e 1,9 anos para Cd e Pb. Para Zn os valores encontrando resultados superiores aos demais estudos realizados sobre o tema que, segundo Oliveira *et al* (2005), é devido à proximidade com a capital Rio de Janeiro e com usina siderúrgica no bairro Curicica, a 2km de distância do local de coleta.

1.2.3 Qualidade do Solo

O solo é um habitat único devido às características diferenciadas e dinâmicas. O tamanho e a forma das células dos microrganismos do solo estão relacionados às condições deste ambiente que ocupam, podendo ou não se adaptar às mudanças que nele ocorrem, como as de pH e disponibilidade de nutrientes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006 p.83).

O equilíbrio biológico de um ecossistema consiste nas relações harmônicas entre a diversidade biológica e suas conexões que restringem a expansão populacional a fim de equilibrar as relações ecológicas ali existentes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, p. 84).

A Sociedade Norte-Americana de Ciência do Solo (ASSS) define qualidade do solo como "a capacidade do solo para funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde animal e vegetal" (DORAN & PARKER, 1994 apud MOREIRA & SIQUEIRA, 2006 p.159). Vezzani & Mielniczuk (2009), em revisão sobre qualidade do solo, concluíram que indicadores de qualidade do solo por eles denominados atributos, são adaptados de acordo com as características regionais, socioeconômica e recursos naturais na tentativa de abranger a dinâmica integrada do solo. Herrick (2000), em revisão questionando o uso da qualidade do solo como um indicador de manejo sustentável, alerta que fatores de sustentabilidade não se resumem apenas à parte física, mas à ecologia e aos fenômenos biofísicos e socioeconômicos, tais como clima, vegetação, fauna e na micro, meso e macrotopografias.

Os parâmetros usados para identificar os indicadores de qualidade do solo variam pouco por autor, sendo os mais comuns o valor do pH, matéria orgânica e respiração do solo. Casos específicos identificam os nutrientes e o índice de elementos-traço que interferem na dinâmica do solo. Na Tabela 2 são apresentados os indicadores de qualidade de solo determinados por diversos autores considerados para o presente estudo.

Os fatores ambientais que interferem no desenvolvimento dos microrganismos do solo são: substratos e fontes de energia, como a matéria orgânica do solo (MOS) e xenobióticos (antrópicos); fatores de crescimento (FC), que são substâncias orgânicas essenciais necessárias em pequena quantidade; nutrientes minerais como fósforo, potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, manganês, cobre, molibdênio, cobalto,

níquel, selênio, tungstênio e vanádio que em quantidade insuficientes podem afetar síntese de enzimas e interações simbióticas; composição; força iônica e pH (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 2: Indicadores de qualidade do solo de acordo com diferentes autores.

	Quantidade e tipos de indicadores utilizados	Autor	Local estudado
13	Matéria orgânica do solo (MOS), estrutura, infiltração e densidade, capacidade de retenção de umidade, pH, condutividade elétrica, NPK, biomassa microbiana, mineralização de nutrientes, respiração do solo, fixação de N ₂ (FBN) e atividade enzimática	Doran & Parkin (1994) apud Araújo & Monteiro (2007)	-
7	Matéria orgânica (M.O.), pH, fósforo total (PT), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), trocáveis, soma de bases (S.B.), capacidade de troca de cátions (C.T.C), porcentagem de saturação de bases (V%), boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), cádmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni) e chumbo (Pb).	Brito et al.	Bacia Hidrográfica
10	O pH e textura, extração de metais, carbono e nitrogênio orgânico total, mineralização de C e N, biomassa microbiana, carbono orgânico dissolvido, e Ca Fe Mn, Zn, Cd, Pb, Cu.	Daí et. al. (2004)	-
9	Matéria orgânica, agregação, pH, condutividade elétrica, salinidade, fósforo disponível, nitrato, carbono de biomassa, densidade.	<i>Soil Management Assessment Framework</i> apud Karlen et al. (2008)	<i>Iowa River South Fork Watershed</i>
13	O pH; CTC; Matéria orgânica; Disponibilidade de nutrientes; Densidade e profundidade; Aeração; Ausência de toxicidade; Ciclagem eficiente; Infiltração; Biomassa microbiana; Atividade enzimática; Diversidade e Densidade microbiana	Moreira & Siqueira (2006)	Revisão Bibliográfica
13	Textura; espessura; densidade; resistência; porosidade; infiltração; estabilidade; matéria orgânica; elementos fitotóxicos; acidez; nutrientes; saturação de bases e alumínio.	Araujo et al. (2012)	Revisão Bibliográfica
9	Porosidade total, macro e micro e densidade do solo; retenção de água em câmaras de pressão de Richards; condutividade hidráulica; pH; capacidade de troca catiônica; saturação por bases e saturação por alumínio; e matéria orgânica.	Conceição (2008)	Fazenda com consórcios
2	O pH do solo e os teores de Al, Ca + Mg, P, K, C e N do solo.	Moraes et. al. (2008)	REBIO Poço das Antas
9	O pH na água, potencial de acidificação, soma das bases, CEC com pH 7, saturação, saturação de alumínio, matéria orgânica, granulometria, biomassa total (considerou também, serrapilheira, raízes e índice pluviométrico e pH da chuva)	Domingos et al. (2000)	REBIO Paranapiacaba
17	Carbono na biomassa microbiana, N na biomassa microbiana; minhocas, enzimas, supressividade de doenças, pH, condutividade elétrica, capacidade de troca de cátions, matéria orgânica, N mineralizável, K trocável, Ca trocável. Densidade, profundidade de enraizamento, taxa de infiltração de água, estabilidade de agregado.	Mitchell (2000) apud Freire et al (2013)	-

A Matéria Orgânica do Solo - MOS inclui toda matéria orgânica do solo, excetuando-se a biomassa viva, sendo sua fonte primária a flora local modificada pela fauna,

microrganismos e intemperismo. Para sua determinação, usa-se o método indireto onde o carbono encontrado na MOS é oxidado para gás carbônico (KER *et al*, 2012).

O pH é um importante fator para determinar a qualidade do solo. Ele indica a atividade dos íons H^+ na solução, onde a relação pH e concentração destes íons é inversa e logarítmica. O pH 7 indica neutralidade, onde a quantidade de íons H^+ (indica acidez) é igual à quantidade de íons OH^- (indica alcalinidade). O valor abaixo do pH 7 é considerado ácido e maior é chamado de alcalino ou básico (KER *et al*, 2012). A definição do pH auxilia “inferir sobre propriedades do solo” (CURI & KÄMPF, 2012 p.153 apud KER *et al*, 2012), pois a maioria dos minerais é mais solúvel em solos ácidos e, sendo muito ácidos, podem possuir níveis tóxicos de Al e Mn (KER *et al*, 2012).

Segundo Moreira & Siqueira (2006), os solos possuem pH entre 4 e 8,5, sendo que a área superficial do solo tende a acidez devido à lixiviação e deterioração da serapilheira. Fatores antrópicos como chuva ácida e fertilização, podem modificar o pH do solo assim como a composição natural do solo e clima. O pH da água da chuva de Volta Redonda coletada por estudantes no Centro Universitário Geraldo di Biasi no dia 22 de maio de 2013 foi 4,9, dia 28 de maio, pH 5,4, dia três de junho pH 5,7, dia sete de junho pH 6,1 e dia 12 de junho, pH 5,8 (ALBERTACCI *et al*, 2013). Porém, para ser considerado ácido, o pH, deve ser menor que 5 e, para alcalino, maior que 6 atentando-se considerar os íons presentes na composição desta água da chuva e fontes de poluentes que contribuem para alteração deste pH (FORNARO, 2006). O pH do solo em água, deste modo, é um dado importante para avaliar o estado nutricional do solo, a disponibilidade de macro e micronutrientes, estimar o potencial de carga da argila e observar os possíveis níveis de toxicidade (EMBRAPA, 1995). Na rizosfera, região no entorno das raízes, ocorrem mudanças químicas no solo como variação de pH, potencial redox, liberação de compostos orgânicos e diminuição da toxicidade (FAGUERIA *et al*, 2002, p.163). Assim, a absorção de nitrogênio em forma NH_4^+

ou NO_3^- pode mudar o pH da rizosfera e, conseqüentemente, do solo em geral em duas unidades acima ou abaixo do restante do solo da região (MENGEL et al, 2001 apud FAGUERIA et al, 2002 p.166).

Estudo sobre estágios sucessionais florestais e qualidade do solo em Pinheiral, município próximo à cidade de Volta Redonda e Barra Mansa, apontou diferentes valores de macronutrientes do solo, e sugere que o nível de nitrogênio (N) aumenta de acordo com o aumento do nível sucessional do solo, relacionando os resultados às famílias vegetais existentes na área (MENEZES, 2008).

Os indicadores representantes da restauração florestal são o carbono orgânico total, carbono orgânico associado aos minerais, carbono da fração de ácido fúlvico, carbono da fração de ácidos húmicos, presentes em florestas de estágio avançado (MACHADO, 2011). Já os indicadores no solo que melhor respondem às mudanças quanto à degradação e recuperação, em ordem decrescente, são carbono orgânico total, estoque de matéria orgânica e matéria orgânica particulada (MENEZES, 2008).

A vegetação é a principal fonte de matéria orgânica para o solo, principalmente pela queda de material do dossel e material orgânico em decomposição que forma a serapilheira ou resteva e a rizodeposição no solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais determinam a quantidade e qualidade do material depositado, assim como sua heterogeneidade (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Concentrações críticas de poluentes no solo apresentam riscos à biota. A biociclagem e mineralização no solo podem fazer com que ocorram alterações dos microrganismos em contato com metais pesados. Os metais pesados no solo podem sofrer lixiviação ou serem absorvidos pela microbiota e flora. Após a morte das plantas, esses elementos acumulam-se na serapilheira e são liberados na mineralização. A microbiota contribui na transformação de

vários metais pesados interferindo em seus ciclos, sendo influenciados de modo diferenciado por estes, assim como os processos mediados por estes, sendo difícil estabelecer concentrações críticas dos metais para inibir funções ecológicas e ciclagem de elementos. A ação inibitória dos metais pesados no ambiente varia com o pH (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A Resolução Conama 420, de 28 de dezembro de 2009, propõe valores gerais de prevenção e investigação e sugere que cada Estado estabeleça o próprio Valor de Referência de Qualidade de Solo-VRQ, que é a “concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos” (CONAMA, 2009, art.6º, XXII). Os valores de Prevenção estabelecem “a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais” (CONAMA, 2009, art 6º, XXIII). Já os valores de investigação denotam “a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado” (CONAMA, 2009 art. 6º,XXIV). Estes valores de prevenção e de investigação para solos definidos pela Legislação e estudados na presente pesquisa estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Valores de prevenção e investigação de contaminação do solo no Brasil para cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de acordo com a Resolução CONAMA 420 (2009).

Substâncias Inorgânicas	Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco)			
	Prevenção	Investigação		
		Agrícola	Residencial	Industrial
Cádmio	1,3	3	8	20
Chumbo	72	180	300	900
Cobre	60	200	400	600
Níquel	30	70	100	130
Zinco	300	450	1.000	2.000

Fonte: CONAMA 420 (2009), modificado.

Em pesquisa sobre VRQ de metais pesados para solos na região do Médio Paraíba, no Estado do Rio de Janeiro, Mattos et al. (2013) determinaram valores naturais em profundidade 0-20 cm para diferentes tipos de solo, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores de referência de qualidade de solo- VRQs de cobre, níquel, chumbo e zinco para solos na região do Médio Paraíba no Estado do Rio de Janeiro segundo Mattos et al (2013).

Metal	Tipo de solo mg kg ⁻¹			
	Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolo Amarelo	Cambissolo	Argissolo Vermelho-Amarelo
Cu	17,45	6,6	26,2	23,2
Ni	0,97	0,51	2,39	1,43
Pb	29,5	20	10	17
Zn	33,21	27	90,7	55,09

Fonte: Mattos *et al.* (2013), modificado.

A matéria húmica tem grande afinidade com cátions metálicos. A poeira da rua é uma medida, em certo grau, do quantitativo de chumbo aos quais as pessoas nas cidades estão expostas por inalação. O chumbo no ambiente é proveniente atualmente de partículas de aerossóis, cinzas de fundição, tubulações, processos envolvendo baterias, fumaça de cigarro. A maior parte do cádmio é produzida como subproduto da fusão do zinco, também chumbo e cobre através da queima de carvão (BAIRD & CANN, 2011).

A função biológica e a toxicidade de alguns elementos-traço foram selecionadas por McBride (1994), a exemplo do cobre onde a função biológica é essencial a todos os organismos como co-fator em enzimas redox e pigmentos transportadores de O₂, a do manganês também co-fator de enzimas e reações de fotossíntese, a do níquel é vista na enzima urease. Em relação à fitotoxicidade, esta foi considerada de moderada a alta de 5 ppm a 30 ppm no cádmio e de 20 ppm a 100 ppm no cobre, moderada de 10 ppm a 100 ppm no níquel e de 30 ppm a 300 ppm no chumbo, e baixa a moderada de 100 ppm a 400 no zinco e 300 ppm a 500 ppm no manganês. A toxicidade em mamíferos, segundo o autor, é alta e cumulativa para cádmio e chumbo, moderada para cobre, manganês e níquel, e baixa a moderada para zinco (MCBRIDE, 1994).

1.2.4 Microrganismos do Solo

A biota do solo possui representantes de vários reinos, de tamanhos macro e microscópicos. O quantitativo de espécies microscópicas é estimado em até 100 vezes mais dos descritos atualmente (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, P.20). Estes ocupam cerca de metade do espaço poroso do solo, sendo quantitativamente maior em região de rizosfera devido ao substrato. Microrganismos heterotróficos presentes no solo contribuem em diversos processos utilizando resíduos orgânicos e os fotossintéticos e nitrificantes são importantes colonizadores nas rochas para formação do solo, envolvidos no intemperismo.

Os microrganismos geralmente adaptam-se às mudanças ambientais, refletindo em suas formas e tamanhos, por exemplo. Porém, nem todos os microrganismos adaptam-se às alterações ambientais, podendo diminuir a população dos mesmos de acordo com a variação de temperatura, umidade, interações negativas com demais microrganismos ou por fatores antropogênicos que podem restringir o desenvolvimento dos microrganismos, como os poluentes contendo metais pesados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, P.83-137). Os metais Fe, Mn e Zn, menos disponíveis em pH acima de 7, atingem níveis tóxicos em pH menor que 5, afetando o crescimento germinativo de fungos micorrízicos, por exemplo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, p.116). Assim, as atividades microbianas não podem ser consideradas isoladamente para mensurar os efeitos dos metais pesados nos microrganismos do solo, sendo necessário diferencia-los dos efeitos da alteração do solo e monitorar as flutuações naturais da população de microrganismos (BROOKES, 1995).

Microrganismos comumente encontrados no solo, os fungos são heterotróficos importantes na mineralização de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica (ALEF & NANNIPIERI, 1995), sendo versáteis e persistentes (BRADY & WEIL, 2013). Os

microrganismos procariontes do solo compreendem as bactérias e Arqueias que, apesar de abundantes no solo, a grande parte não é cultivável em laboratório. A variação do pH interferem este cultivo, assim como pode alterar a população dominante no solo: acidófila, quando melhor crescem em ambiente ácido; alcalofílica, que melhor crescem em ambiente alcalino; e neutrófila, não toleram acidez ou alcalinidade no ambiente (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, p.117). O pH próximo ao valor neutro propicia o crescimento de bactérias e pH ácido faz com que os fungos se desenvolvam melhor. Isto explica a predominância de fungos em florestas. (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BRADY & WEIL, 2013).

A contagem de Unidades Formadoras de Colônias –UFC, como as de bactérias, depende de uma série de fatores como o meio de cultura, o tempo e a temperatura de incubação (VIEIRA & NAHAS, 2000a). Estas “associações das condições de cultivo que influem no crescimento microbiano” são pouco consideradas em trabalhos de acordo com Vieira & Nahas (2000a, p.540), que utilizaram no cultivo de bactérias isoladas de Latossolo Vermelho-Escuro argiloso com histórico de plantio de sorgo, os meios de cultura Tryptic Soy Agar- TSA e o Thorton comparando-os para verificar a eficiência dos mesmos, considerando contagem a cada 24h por no máximo sete dias. O meio, TSA, segundo os autores, permitiu maior crescimento de colônias com maior nitidez, que o meio de cultura Thorton.

A atividade humana pode provocar mudanças nos fatores físicos, químicos e biológicos do solo. Compostos ou elementos tóxicos, como metais pesados, adicionados ao solo através de atividades antrópicas como as industriais, tem efeito prejudicial à microbiota. O número de bactérias, fungos e biomassa microbiana são reduzidos em solo com alta contaminação de zinco, cobre e cádmio. Assim, os microrganismos possuem importância na avaliação da qualidade do solo devido a esta interação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006, p.135).

As condições desfavoráveis do ambiente tornam o efeito do estresse provocado por metais pesados no solo mais expressivo sobre a população microbiana do solo, afetando visivelmente o seu crescimento em relação ao período de condições favoráveis de umidade e temperatura. Este “estresse duplo” é menos contrastante na camada superficial devido à manutenção de fatores abióticos favoráveis (BARROS, 2008). Foi observado que há “diminuição de 24% a 30% da população bacteriana com a adição de cobre, fato menos marcante na população de fungos devido à diferença de tempo de crescimento” (ANTONIOLLI et al., 2010 p.422).

Outro fator ambiental que interfere no crescimento dos microrganismos do solo é a temperatura. A temperatura do solo pode variar de 15°C a 18°C na camada superficial a 5 cm de profundidade, observando que a água interfere neste processo devido ao seu calor específico, diferenciando a temperatura dos solos úmidos dos solos secos. Assim, os microrganismos são denominados de acordo com a faixa ótima de temperatura para seu crescimento em: psicrófilos, quando se desenvolvem em temperaturas menores que 20°C; mesófilos, quando crescem em temperaturas entre 20 °C e 40°C; e termófilos, quando se desenvolvem em temperaturas maiores que 40°C (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A estação do ano influencia na temperatura. Freire (1975, apud OSAKI & PELLICO NETO, 2012) relatou que disponibilidade de matéria orgânica e umidade do solo, são fatores que interferem no crescimento de fungos que, em geral, são mesófilos.

Neste contexto, Melloni et al (2001) comparou o cultivo em período de seca de bactérias e fungos coletados de 0-20 cm de profundidade em região de mata ciliar, de solo Podzólico Vermelho-Amarelo álico, e campo cerrado, de Cambissolo Álico, em Itutinga-MG, com meio de cultura ágar nutriente (bactérias) por 3 dias e com meio Martin (fungos) por 6 dias, à 27°C, também mensurou o carbono de biomassa e respiração basal. Os autores

concluíram que a baixa diferença encontrada no valor das colônias entre os tipos de uso do solo foi devido à estação seca, com UFC g^{-1} de solo com bactérias no campo $4,8 \times 10^6$ e 13×10^6 em mata, UFC fungos $6,1 \times 10^5$ campo e $7,0 \times 10^5$ mata. Os baixos valores de C- biomassa microbiana, campo $475,37 \mu g C g^{-1}$ e mata $380,55 \mu g C g^{-1}$ de solo seco, aos também baixos valores de carbono orgânico, $16 g kg^{-1}$ campo e $17 g kg^{-1}$ mata, apontando que amostras de mata liberaram mais C-CO₂ por unidade de tempo, possuindo maior atividade. O q-CO₂ foi maior na mata que em campo, respectivamente $3,4 \mu g C-CO_2 h^{-1} \times 10^3$ e $1,2 \mu g C-CO_2 h^{-1} \times 10^3$ biomassa g^{-1} de solo seco, indicando maior decomposição da matéria orgânica e fluxo de nutrientes. A umidade do solo representa a “integração dos incrementos periódicos e estacionais, das perdas (remoções), retenção e movimentação da água no solo” (KAMP & CURI, 2012, p. 215 apud KER et al, 2012). Os métodos de RBS, BMS-C, qCO₂ e Teor de C são limitados pelo fator umidade do solo, visto que este dificulta a difusão do CO₂, recomendando-se proximidade de 60% da capacidade de campo baseando-se na determinação da capacidade máxima de retenção de água (capacidade de campo) e na umidade do solo no momento da coleta (EMBRAPA, 2007).

Em estudo realizado por Rodrigues et al (2011) na unidade de conservação na região nordeste da Amazônia, Floresta Nacional Caxiuanã, em Melaço-PA, em períodos chamados de verão e inverno amazônico (seco e chuvoso, respectivamente), foi realizada a contagem da população microbiana pelo método *Pour Plate* (CLARK, 1965 apud Rodrigues et al, 2011), usando ágar padrão para bactérias e Martin para fungos. Os autores observaram que a variação da temperatura em relação à profundidade do solo é mínima, devido ao bloqueio de radiação pela sombra flora. Os autores concluíram, ao quantificar a população microbiana, que bactérias são mais sensíveis às variações de temperatura do que fungos, e ambos foram influenciados pelo teor de água no solo. Populações de fungos desenvolveram-se melhor em época seca, devido às taxas de fluxo de calor, e as bactérias em época chuvosa.

Os autores Borges et al (2009), concluíram que os atributos carbono de biomassa microbiana e atividade microbiana “mostraram-se bons indicadores de caracterização da qualidade ambiental do solo de vegetação nativa com diferentes fitofisionomias” (BORGES et al 2009 p.59). O resultado para Carbono da Biomassa Microbiana da fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual, foi superior ao do Cerrado em estudo realizado por BORGES *et al* (2009) no Estado de Mato Grosso.

Roscoe et al (2006, p. 163-198) relacionaram os principais valores encontrados na bibliografia para matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas a fim de realizar modelagem matemática e métodos auxiliares, concluindo que o teor de argila auxilia na proteção da MOS e na manutenção das atividades microbianas.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a “parte viva da matéria orgânica do solo, excluídas as raízes e animais maiores que 5000 μm^3 , e atua como agente transformador da matéria orgânica, ciclo de nutrientes e fluxo de energia” (DE-POLLI & GUERRA, 1996, p.551). Ela está relacionada à quantidade de carbono que ele recebe e é favorecida em solos com vegetação e é reduzida em solos degradados, erodidos e contaminados por metais pesados.

Os metais pesados afetam o crescimento, morfologia e metabolismo dos microrganismos no solo, através de distúrbios funcionais, desnaturação de proteínas ou destruição da integridade das membranas celulares, havendo relação entre estes elementos em níveis de pequena, média e grande poluição, afetando a diversidade funcional dos microrganismos que reflete na ciclagem de nutrientes do solo (LEITA et al. 1995 apud KANDELER et al. 1996). A influência no ecossistema do solo, onde microrganismos sofrem os efeitos no decréscimo de população e de atividades, variam de acordo com o tipo de contaminante, concentração do elemento traço e tempo de exposição e incubação do

microrganismo (SHENTU et al. 2008; KHAN et al. 2010). Os estudos que relacionam as populações microbianas às interferências por metais pesados nos ambientes naturais e em agrossistemas de modo anual contínuo ainda são escassos (PEREIRA, 2001).

Solos com metais pesados tem redução da biomassa microbiana, densidade de fungos e bactérias, na atividade enzimática e elevação do quociente metabólico (qCO_2) comparado ao solo sem contaminação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os valores maiores de qCO_2 relacionados ao quantitativo de Cd, Zn, Cu no solo estão relacionados ao estresse dos microrganismos devido ao excesso de elementos traço, fazendo com que microrganismos consumam mais energia. Também se observa que a respiração microbiana do solo pode diminuir de acordo com o aumento de Zn no solo. A microbiota também pode atuar nas transformações de elementos traço interferindo nos ciclos biogeoquímicos, controlando o fluxo destes no ambiente e provocando deficiência ou fitotoxicidade de micronutrientes e consequentes problemas ambientais (SYLVIA et al., 1998 e PAUL & CLARK, 1996 apud MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Ao mensurarem a atividade de celulase por microrganismos expostos ou não aos metais pesados, Ohtonen et al (1994) observaram que a concentração de Cr, Cu, Pb e Zn menor que $400\mu g g^{-1}$ em área contaminada afetaram as atividades microbianas, não claramente reduziram a decomposição de matéria orgânica, mas afetaram a respiração do solo.

Os níveis de respiração microbiana foram analisados 64 dias por Åkerblom (2006) e estes variaram de acordo com a concentração de metais pesados no solo de uma unidade de conservação em Sweden, próxima à rodovias. O autor demonstrou a estrutura da comunidade microbiana, em escala logarítmica do principal componente (PC) e a respiração acumulada como uma função de concentração de metal pesado Cr, Zn, Pb, Mo, Ni e Cd. O autor

observou que próximo às rodovias, a concentração de Cu não afetou a atividade microbiana. Alta concentração de Ni indicou efeito microbiano tóxico. A concentração de Pb apesar de afetar a respiração microbiana, não foi considerada de risco para a função microbiana no solo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - ARIE FLORESTA DA CICUTA

A ARIE Floresta da Cicuta localiza-se entre as coordenadas de 22° 24' e 22° 38' Sul e 44° 09' e 44° 20' Oeste, compreendendo 131,28 hectares, com altitudes que variam entre 300 a 500 m (SOUZA et al, 2009).

Na classificação de Köppen, o clima local é mesotérmico (Cwa), com inverno seco e verão quente e chuvoso, com elevados índices de umidade. As temperaturas médias anuais variam entre 17 °C (julho) e 24 °C (fevereiro) e as precipitações entre 1.000 a 1.600 mm/ano (MONSOIRES et al., 1982 apud ALVES & ZAU, 2005). As normais climatológicas da região indicam uma estação seca e uma estação chuvosa. A estação seca compreende os meses de maio a setembro, período de baixas precipitações e temperaturas. A estação chuvosa compreende os meses de outubro a abril, com elevadas temperaturas e concentração das precipitações. Quanto à precipitação acumulada mensal, o verão apresenta destaque no mês de janeiro, com valores entre 160-240 mm; no outono 80-160 mm, destacando o mês de abril; no inverno valor de 0-80 mm, destacando o período seco no mês de julho; na primavera valores entre 80-160 mm, em outubro (INEA, 2009). Porém, no mês de julho de 2013, a região Sul do Estado do Rio de Janeiro obteve índice de chuva acima da média desde o ano 1961, destacando a estação de Resende-RJ com desvio positivo de 513% (INMET, 2013 p.9). No período de janeiro de 2014, houve registro de chuvas abaixo da média devido à presença de um bloqueio atmosférico (INMET, 2014 p. 8).

A vegetação é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992 apud ALVES & ZAU, 2005).

O Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA, 2009) citando dados do *National Center for Environmental Prediction* (NCEP- USA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), discorre sobre a direção dos ventos na região de Volta Redonda ser “predominantemente de leste em todos os meses do ano, em associação à circulação decorrente da borda oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)” (INEA, 2009, p. 51).

Dados geológicos produzidos pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e pela Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro para o Plano de Manejo da ARIE Floresta da Cicuta (FGEL/UERJ, 1998 apud PORTO, 2014), descrevem que a única faixa de rocha que aflora à superfície localiza-se na faixa sul, no extremo sul dos limites da unidade de conservação, na cachoeira do rio Brandão. As demais áreas possuem “coberturas de solos originados a partir de materiais inconsolidados de idade terciária a quaternária, com menos de 2,8 milhões de anos de formação”. As rochas Pré-Cambrianas são “biotita-gnaisses bandados a laminados, com porções bem definidas de material claro, composto predominantemente por quartzo e feldspato e porções máficas, formadas pelo acúmulo de minerais escuros, sobretudo biotita” (FGEL/UERJ, 1998 apud PORTO, 2014). No quaternário recente, foram depositadas areias e cascalhos aluvionares, produto do sistema fluvial instalado acima dos sedimentos argilo-arenosos terciários, regularmente inundáveis pelo rio Brandão, sobre os quais se situam os atuais remanescentes da ARIE Floresta da Cicuta (FGEL/UERJ, 1998 apud PORTO, 2014).

O solo encontrado na ARIE Floresta da Cicuta, segundo o mapa de solos da EMBRAPA (1999) é denominado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006). O Argissolo é composto por “material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte

B” (EMBRAPA, 2006, p.101). No caso da ARIE Floresta da Cicuta, a classificação Argissolo Vermelho-Amarelo é devido a não se enquadrar nas demais classes de 2º nível categórico: Bruno-Acinzentado; Acinzentado; Amarelo ou Vermelho.

2.2 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA E ANÁLISES REALIZADAS

Foram determinados os pontos de coleta das amostras de solo, utilizando imagens do Google *Earth* plotando polígonos dos limites e trilhas já existentes na ARIE Floresta da Cicuta, sendo selecionados nove pontos em locais com grande influência antrópica e com floresta preservada dentro da unidade de conservação, identificados de acordo com o nome original das trilhas: Entrada; Figueira; Trilha da Velha; Trilha Nova; Cachoeira, Águas Frias; Águas Frias Oeste (próximo à propriedade do Sr. Arthur); Porteira da Fazenda e Alto LT (Linha de Transmissão). Destes, os pontos de floresta preservada são: Figueira; Trilha da Velha; Trilha Nova; Cachoeira e Águas Frias Leste. Já os pontos expostos à ação antrópica são: Porteira da Fazenda; Águas Frias Oeste; Entrada e Alto LT, vistos na Figura 2.

Em cada ponto selecionado foram analisados os teores dos metais pesados Zn, Mn, Cd, Pb, Ni e Cu, macro e micronutrientes e parâmetros microbiológicos como carbono da biomassa microbiana, respiração do solo, qCO_2 e estimativa da população microbiana do solo.



Figura 2: Pontos de coleta de amostras de solo no interior da ARIE Floresta da Cicuta e suas denominações. Fonte imagem: Google Earth.

As coletas foram realizadas em duas épocas distintas, uma no inverno em julho de 2013 e outra no verão em janeiro de 2014. A precipitação no mês de julho de 2013 foi de 151 mm e no mês de janeiro de 2014 foi de 78,4 mm, visto na Tabela 5. A coleta de dados de precipitação e de temperatura foi realizada na Estação Meteorológica do Recreio, sendo gentilmente disponibilizados pela Companhia Siderúrgica Nacional em formato digital.

Tabela 5: Valores de Temperatura e dados pluviométricos nos períodos de coleta inverno de 2013 (julho) e verão de 2014 (janeiro) na ARIE Floresta da Cicuta provenientes da estação meteorológica Recreio (CSN, 2014).

Variáveis	Período anterior	Período coleta	Período anterior	Período coleta
	Junho 2013	Julho 2013	Dezembro 2013	Janeiro 2014
Precipitação total (mês)	52mm	151mm	*22mm	**78,4mm
Precipitação Máxima	24,6mm	26,1mm	10,4mm	42mm
Temperatura média/mês	17,9°C	17,6°C	24,3°C	26,6°C
Temperatura máxima/mês	31°C	31,8°C	37,2°C	37,8°C
Temperatura mínima/mês	12°C	8°C	17,8°C	18,2°C

Fonte de dados: Companhia Siderúrgica Nacional -UPV1, Estação Meteorológica Recreio (2013/2014).

Dados disponíveis: *Até 3/12/13 **Após 08/01/14

Para análise dos elementos Zn, Mn, Cd, Pb, Ni e Cu foram coletadas amostras nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm visando avaliar as concentrações desses elementos em diferentes profundidades do solo. Essas amostras foram levadas para o laboratório, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 450 μm . Os teores pseudototais desses elementos foram determinados utilizando como extrator água-régia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3$), na proporção 3:1, de acordo com ISO 11.466 (1995). Em seguida, os extratos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica com chama ar/acetileno.

Para análise de fertilidade, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, que foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm de malha. Após esse procedimento, determinou-se os teores trocáveis de Ca, Mg, P, K, H, H + Al, Na, pH e matéria orgânica segundo EMBRAPA (1997).

Para análise granulométrica, que permite quantificar o componente areia, silte e argila como percentagem nas frações granulométricas em relação ao total da terra fina seca em estufa-TFSE, foi utilizado o método da pipeta para análise granulométrica/dispersão total (EMBRAPA, 1999).

A caracterização microbiológica foi realizada com a coleta das amostras de solo na camada de 0-5 cm. O carbono da biomassa microbiana foi avaliado pelo método de fumigação-extração, conforme Vance et al. (1987) apud EMBRAPA (2007) adaptado. A respiração basal do solo foi feita de acordo com Jenkinson & Powlson (1976, apud EMBRAPA, 2007) adaptado e o $q\text{CO}_2$ determinado pela razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana (EMBRAPA, 2007).

Para a estimativa da população microbiana do solo em unidades formadoras de colônia –UFC, foram escolhidos previamente dois pontos com características distintas, área aberta na trilha Porteira da Fazenda e área de floresta na Trilha da Velha. Após a coleta na

profundidade de 0-5 cm, estimou-se a população de bactérias e fungos utilizando três valores de pH: 4,5; 6,5 e 8,5; dois meios de cultura, um para o crescimento de fungos meio de cultura *Sabouraud* e para bactérias em *Tryptone Soya Agar-TSA*, duas temperaturas, 30°C e 55°C e uma diluição 10^{-4} , exceto para a temperatura 55°C na amostra de inverno que foi utilizada a diluição 10^{-2} por não apresentar crescimento na diluição estudada no período de janeiro de 2014.

A análise estatística dos dados foi realizada para comparar resultados de UFC e fertilidade do solo, usando análise de variância (ANOVA) e médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para a confecção dos gráficos, foi utilizada a versão *trial* 6.05 do programa GraphPad Prism.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E PH DOS SOLOS

Os valores das análises granulométricas dos pontos de coleta da ARIE Floresta da Cicuta apresentados na Tabela 6, indicaram a classe textural do solo de acordo com triângulo textural Embrapa Simplificado (COSTA, 2012) nos seguintes pontos de coleta e profundidades: franco para Figueira (exceto na profundidade 10-20 cm), Aguas Frias Leste, Porteira da Fazenda, Cachoeira (até profundidade 20 cm, acima foi analisada como arenosa), Trilha Nova, Aguas Frias Oeste, Alto da Linha de Transmissão (Alto LT) e Trilha da Velha. A trilha Entrada foi classificada como franco/argilosa, exceto na profundidade 5-10 cm, cujos valores apontaram a amostra como franca. A classe de textura denominada franca, encontrada na maioria das amostras, contém teor menor que 350 g kg^{-1} de argila e maior que 150 g kg^{-1} de areia em sua composição, excetuando-se as classes texturais areia e areia-franca (IBGE, 2007).

Tabela 6: Análise granulométrica com valores de argila, areia, silte e pH em água no solo da ARIE Floresta da Cicuta no período do inverno de 2013 nas profundidades 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-40cm e 40-60cm.

Área	Profundidade cm	ARGILA SILTE AREIA			pH (H ₂ O)	Triângulo textural EMBRAPA (Costa, 2012)
		%				
Trilha da Velha	0-5	15,4	14,028	70,572	4,5	franca
	5-10	21	10,678	68,322	4,5	franca
	10-20	23	13,625	63,375	4,3	franca
	20-40	25,2	12,289	62,511	4,4	franca
	40-60	30,3	12,176	57,524	4,3	franca
Figueira	0-5	27	20,391	52,609	6,1	franca
	5-10	27,4	19,433	53,167	6,1	franca
	10-20	43,3	0,158	56,542	5,2	franco-argilosa
	20-40	25,6	20,966	53,434	4,9	franca
	40-60	31,5	18,353	50,147	5,1	franca
Trilha Nova	0-5	24,6	28,005	47,395	5,9	franca
	5-10	28,7	22,791	48,509	5,9	franca
	10-20	27,3	19,593	53,107	5,5	franca
	20-40	36,3	17,105	46,595	4,9	franco-argilosa
	40-60	25,9	25,163	48,937	4,9	franca
Águas Frias Leste	0-5	10,8	18,841	70,359	6,3	franca
	5-10	21,1	23,04	55,86	6,2	franca
	10-20	17,1	22,321	60,579	7,1	franca
	20-40	24,8	21,812	53,388	6,7	franca
	40-60	25,1	6,143	68,757	7,0	franca

Cont.						
Área	Profundidade cm	ARGILA	SILTE %	AREIA	pH (H ₂ O)	Triângulo Textural EMBRAPA (Costa, 2012)
Águas Frias Oeste	0-5	32,1	26,517	41,383	4,8	franca
	5-10	28,6	18,809	52,591	4,6	franca
	10-20	36,3	15,906	47,794	4,5	franco-argilosa
	20-40	24,6	23,405	51,995	4,6	franca
	40-60	14	10,475	75,525	6,0	franca
Cachoeira	0-5	10,2	12,325	77,475	5,1	franca
	5-10	16	5,7	78,3	5,0	franca
	10-20	11,4	7,526	81,074	4,9	arenosa
	20-40	10	7,797	82,203	4,9	arenosa
	40-60	9,5	8,333	82,167	5,0	arenosa
Alto LT (Linha De Transmissão)	0-5	18,7	30,607	50,693	6,1	franca
	5-10	28,8	20,929	50,271	5,6	franca
	10-20	20,6	26,116	53,284	5,6	franca
	20-40	13,2	32,873	53,927	5,8	franca
	40-60	10,6	20,758	68,642	5,4	franca
Entrada	0-5	50,1	30,87	19,03	6,6	franco-argilosa
	5-10	24,7	47,492	27,808	7,3	franca
	10-20	52,3	23,236	24,464	7,6	franco-argilosa
	20-40	40,6	44,226	15,174	6,9	franco-argilosa
	40-60	49,1	46,252	4,648	6,2	franco-argilosa
Porteira da Fazenda	0-5	19,4	18,319	62,281	7,4	franca
	5-10	16	20,193	63,807	7,6	franca
	10-20	14,9	22,924	62,176	7,7	franca
Fazenda	20-40	16,3	19,919	63,781	8,2	franca
	40-60	8,7	27,401	63,899	8,3	franca

O pH do solo variou de acordo com o ponto de coleta de amostra, assim como em sua profundidade. Apenas as amostras coletadas em áreas mais impactadas, a exemplo dos pontos Entrada e Porteira da Fazenda, apresentaram pH neutro à alcalino. O pH alcalino pode ser consequência da lixiviação da escória presente nas estradas próximas aos pontos Entrada e Porteira da Fazenda. Madeiros et al (2010) observaram o fenômeno de aumento de pH na presença deste resíduo.

Para os parâmetros de pH na classificação agronômica de acidez ativa do solo, onde pH < 4,5 é muito baixo; pH 4,5-5,4 é baixo; pH 5,5-6,0 é bom; pH 6,1-7,0 alto; pH > 7,0 é muito alto (NETO *et al* 2001, p.54), os pontos Trilha da Velha e Cachoeira apresentaram pH do solo baixo; Águas Frias Oeste tem pH do solo baixo, com uma exceção a 40-60 cm de profundidade; a Figueira e Trilha Nova pH do solo é de baixo a bom; Alto LT tem pH do solo bom; a Águas Frias Leste tem pH do solo alto; Entrada tem pH do solo alto a muito alto; e

Porteira da Fazenda tem pH do solo muito alto. As amostras coletadas em áreas florestadas, com vias de acesso não pavimentadas (estrada de chão) e com mais árvores em suas proximidades, apresentaram menor pH (ácido), em relação às demais amostras. O Mn apresenta toxicidade para os vegetais em pH ácido (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BRADY & WEIL, 2013).

Vários autores citam a diferença de pH relacionada ao uso do solo em suas pesquisas. Coutinho (2012) analisando solos em usos diversificados, encontrou pH de menores valores em áreas florestadas, mínimo de 3,8 no inverno em floresta secundária em estágio avançado na profundidade 5-20 cm, e os maiores valores em áreas de manejo com pastagem e plantio, com máxima de pH 5,8 em área de agricultura anual profundidade 0-5 cm no inverno, havendo poucos casos de correlação entre pH e mudança de estação do ano (inverno e verão). A mineralização da matéria orgânica e exsudatos ácidos produzidos pelas raízes também contribuem para acidificação do solo (COUTINHO, 2012, p.37; BARRETO et al, 2006), podendo o valor de pH variar em até 2 unidades em região de rizosfera (FAGUEIRA et al, 2009). Durante as coletas, foi notada dificuldade de perfuração do solo com a ferramenta trado não apenas devido à textura do mesmo, sendo também pela presença raízes, a exemplo do ponto Figueira, e pedra e/ou escória, a exemplo dos pontos Entrada e Porteira da Fazenda.

Assim na coleta de inverno no ano de 2013 dentro da ARIE Floresta da Cicuta, na Trilha da Velha obtiveram-se os menores valores de pH, 4,5 na superfície de 0-5 cm, a pH 4,3 nas maiores profundidades, de 10-20 e 40-60cm, área considerada mais interna da unidade de conservação, mais florestada. Outro ponto de coleta com pH ácido foi a 4,5, na profundidade 10-20 cm, a pH 6,0, na profundidade de 40-60 cm foi Águas Frias Oeste, área limítrofe da unidade de conservação onde a vegetação é densa com uma propriedade particular com criação de gado, modalidade de uso do solo no qual também se observa pH ácido, visto nos exemplos a seguir.

Alves et al (2011) avaliando a influência de diferentes manejos na atividade microbiana, observaram pH em água 6,0 e 5,0 na integração lavoura-pecuária e lavoura, e pH mais ácidos em pastagem, vegetação nativa e vegetação nativa em recuperação, pH 4,6, 4,5 e 4,6 respectivamente. Moura et al (2006), analisando solos de Teresina-PI, encontraram pH em água 4,36 no interior de Horto Florestal Parque Buenos Aires a pH 7,79 na área próxima ao mesmo Horto. Alves et al (2011), avaliando atividade microbiana ao manejo do solo, encontrou diferentes valores de pH de acordo com uso do solo: na integração lavoura e pecuária foi encontrado pH 6,0; na lavoura pH 5,5; em pastagem pH 4,6; em vegetação nativa pH 4,5; e na vegetação nativa em recuperação foi pH 4,6. Baretta et al (2005) comparando área de mata com *Araucaria angustifolia*, com plantação de pinus, em campos sulinos e em campos após queimada encontrou, nesta ordem, os seguintes valores de pH: 5,6; 4,4; 4,8; 4,6. Os autores apontaram que Anderson (1999 apud BARETTA et al, 2005) enunciou que o pH exerce função controladora de taxa respiratória da biomassa microbiana, onde pH baixo tende a qCO₂ alto.

Com relação ao pH do solo em áreas de florestas, Mayer et al (2000 apud MAZZONI-VIVEIROS & TRUFEM, 2004, p.340), mensurando pH em áreas verdes sujeitas à ação da poluição atmosféricas entre 1991 e 1995, encontrou em vale do rio Pilões em Curitiba-PR, à 10 cm de profundidade, pH 4,30 e, à 60 cm de profundidade, pH 4,37, na Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba em Santo André -SP, foi encontrado pH 3,5 à 10 cm e pH 3,59 à 60 cm, e no vale do rio Moji em Cubatão-SP, com pouca influência de poluição, mensurou-se pH 3,47 à 10 cm de profundidade e pH 3,57 à 60 cm de profundidade (MAZZONI-VIVEIROS & TRUFEM, 2004). Na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RRPN) Cafundó em Cachoeiro de Itapemirim -ES, com Floresta Estacional Semidecidual Submontana em estágio médio a avançado de sucessão ecológica, o pH variou de 5,2, considerada acidez média pelo autor, a pH 6,1, acidez fraca, de acordo com

as parcelas coletadas (CALIMAN, 2011). O uso do solo, desta forma, diferencia o valor de pH do solo, a exemplo dos encontrados em mata atlântica, cultura de cacau (*Theobroma cacao*) e pastagem (*Brachiaria decumbens*), pH 4,50, pH 5,01 e pH 5,65 no Sul da Bahia encontrados por Barreto et al (2006).

Nos solos da ARIE Floresta da Cicuta obtiveram-se valores de pH maiores nos pontos: Águas Frias Leste, variando do pH 6,2 em profundidade 5-10 cm até pH 7,0, em 40-60 cm de profundidade; Entrada, com variação de pH 6,2 a 40-60 cm de profundidade até o pH 7,0, em profundidade 10-20; e Porteira com pH 7,4 em 0-5 cm de profundidade a até pH 8,3 em profundidade 40-60cm. Estes pontos de coleta possuem em comum a intervenção antrópica através de estrada de chão com escória proveniente de usina siderúrgica (CSN), cuja lixiviação provoca o aumento de pH (MADEIROS et al, 2010) na Porteira da Fazenda e na Entrada. Ainda sobre a caracterização do local com maior pH, Águas Frias Leste possui proximidade à trilha principal do interior da floresta, onde há uma manilha para passagem de água do córrego Águas Frias. Miranda et al (2006) em mata nativa encontrou pH 4,8 e em pastagem, pH 5,3 e, no mesmo trabalho, coletou em área de deflúvio de mata nativa e de usos diversos do solo, onde o pH foi 6,5 em mata e em pasto pH 6,2. Assim, a área Águas Frias Leste deve ter influência do córrego durante o inverno de 2013, período de coleta no qual as chuvas estavam intensas.

Araújo et al (2009) na região de grande pressão antrópica de Cubatão-SP, área Pilões-Anchieta perto de rodovias e São Bernardo, encontraram no solo valores de pH na faixa da normalidade para a Mata Atlântica, porém com maior acidez maior na área mais afetada pela poluição, pH menor que 4,0, o que resultou em menores frações de massa de Ca, Mg, K e Na, fenômeno também observado por Baretta et al (2005). Ashmore et al (2003) citam como exemplo de poluição do ar indireta, que pode alterar o pH do solo, a emissão de

gases SO_x e NO_x que acidificam o solo e podem acompanhar uma depreciação de base cátions, afetando vegetação local após longo período de exposição aos poluentes.

3.2 ANÁLISE QUÍMICA DE FERTILIDADE DOS SOLOS

Os valores percentuais de Carbono Orgânico, Matéria Orgânica e Nitrogênio, e os valores trocáveis de K, Na, P, Al, Ca, Ca+Mg e Mg, soma de bases trocáveis (valor S), capacidade de troca de cátions (valor T), índice de saturação de bases (valor V) e índice de saturação de alumínio trocável (m%), mostrados nas tabelas a seguir, apontam as semelhanças e diferenças entre os pontos amostrais de cada trilha e entre os períodos de coleta.

Para Carbono Orgânico (CO), os resultados estatísticos mostrados na Tabela 7 diferiram nas coletas realizadas nas estações inverno do ano de 2013 e verão do ano de 2014, exceto nas amostras de Águas Frias Leste e Águas Frias Oeste. No entanto, não foi observada uma tendência de maior acúmulo de carbono orgânico em uma época de coleta distinta, provavelmente devido à alteração do regime pluviométrico esperado para o inverno e verão, conforme Tabela 5. O Alto LT apresentou os menores valores para CO no inverno de 2013 (11,0 g kg⁻¹) e no verão de 2014 (7,0 g kg⁻¹), provavelmente pela menor presença de cobertura florestal nesta área, para acesso à linha de transmissão de alta tensão. Os maiores valores de CO, no inverno de 2013, foram encontrados nos pontos Águas Frias Oeste (21,0 g kg⁻¹) e Figueira (23,0 g kg⁻¹). No verão de 2014, os maiores valores foram encontrados nos pontos Porteira da Fazenda (20,5 g kg⁻¹) e Águas Frias Oeste (21,2 g kg⁻¹). Miranda et al (2006) em Latossolo Vermelho-Amarelo em Minas Gerais também verificaram altos valores de carbono orgânico solúvel em mata natural e verificaram que, as concentrações médias variaram com a estação, sendo que foi observado aumento na época chuvosa, indicando relação com o aumento de temperatura, precipitação pluviométrica e aumento da atividade microbiana.

Avaliando a concentração de CO segundo NETO et al (2001 p.54) em g kg^{-1} , a classificação muito baixa ($<4 \text{ g kg}^{-1}$) não foi encontrada na ARIE Floresta da Cicuta, a baixa ($4,1-11,6 \text{ g kg}^{-1}$) nos pontos Cachoeira e Alto LT, e a classificação média ($11,7-23,2 \text{ g kg}^{-1}$) apareceu para as demais amostras. O CO na classificação de Freire et al (2013) o baixo teor de CO ($<10 \text{ g kg}^{-1}$) foi encontrado no ponto Cachoeira no período verão apenas, provavelmente devido à textura arenosa (Tabela 6), o teor médio ($11-20 \text{ g kg}^{-1}$) foi encontrado nos demais, exceto nos pontos Figueira no inverno, Aguas Frias Oeste no inverno e Porteira da Fazenda no verão, em que os teores foram classificados como altos ($>20 \text{ g kg}^{-1}$). BARRETO et al (2006, p.421-422) encontraram correlação inversa entre carbono orgânico total e nitrogênio com a quantidade de areia do solo em estudo sobre características químicas e físicas de solo com diversos usos no sul do Estado da Bahia.

Tabela 7: Carbono Orgânico (CO), Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio trocável (N) dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014.

Pontos de coleta	Período	g kg^{-1}		
		CO	MO	N
Trilha da Velha	Inverno 2013	14,0Eb	20,4Eb	0,6Cb
	Verão 2014	17,5Ba	30,2Ba	1,8Ba
Figueira	Inverno 2013	23,0Aa	40,0Aa	2,9Ba
	Verão 2014	18,4Bb	31,6Bb	1,8Ba
Trilha nova	Inverno 2013	19,0Ca	33,0Ca	2,3Ba
	Verão 2014	14,1Cb	24,3Cb	1,8Ba
Aguas frias leste	Inverno 2013	14,0Ea	23,0Ea	0,6Cb
	Verão 2014	12,8Ca	22,1Ca	1,2Ba
Aguas frias oeste	Inverno 2013	21,0Ba	36,0Ba	1,2Cb
	Verão 2014	21,2Aa	36,6Aa	1,2Ba
Cachoeira	Inverno 2013	13,0Ea	22,0Ea	0,0Cb
	Verão 2014	9,1Db	15,7Db	0,0Ba
Alto LT	Inverno 2013	11,0Fa	18,0Fa	0,0Cb
	Verão 2014	7,0Eb	12,1Eb	0,6Ba
Entrada	Inverno 2013	17,0Ca	30,0Ca	3,5Aa
	Verão 2014	15,5Cb	26,6Cb	2,9Aa
Porteira da Fazenda	Inverno 2013	15,0Db	26,0Db	0,0Cb
	Verão 2014	20,5Aa	35,4Aa	1,8Ba
CV %		4,76	4,72	37,16

CV: coeficiente de variação do teste de média (Tukey) a 5%, com 3 repetições.

Letras maiúsculas: compara todas as trilhas por estação do ano. **Letras minúsculas:** verifica se houve variação entre estações do ano dentro do mesmo local de coleta. Letras iguais correspondem à igualdade estatística.

Com relação à Matéria Orgânica (MO), houve diferença quanto à sazonalidade, do inverno de 2013 ao verão de 2014 na maioria das amostras, exceto em Águas Frias Leste e Águas Frias Oeste. Para as amostras coletadas no inverno de 2013, o Alto LT apresentou o menor valor ($18,0 \text{ g kg}^{-1}$) assim como no verão ($12,1 \text{ g kg}^{-1}$). Os menores valores encontrados no ponto Alto LT podem ser justificados pela cobertura da área ser de gramíneas e/ou descampada devido ao acesso à linha de transmissão de alta tensão que atravessa a ARIE, havendo, portanto, pouca matéria orgânica em relação à área florestada da unidade de conservação, mostrando a relação direta na contribuição da cobertura vegetação e da vegetação nativa no aumento de MO no solo. Os pontos de coleta que apresentaram os maiores valores de MO no inverno de 2013 foram a Entrada com $30,0 \text{ g kg}^{-1}$ e a Trilha Nova com $26,6 \text{ g kg}^{-1}$. No verão, o ponto Cachoeira também apresentou baixo teor de MO ($22,0 \text{ g kg}^{-1}$), provavelmente devido à textura arenosa (Tabela 6). Altos valores de MO para o verão de 2014 foram encontrados nos pontos Porteira da Fazenda ($35,4 \text{ g kg}^{-1}$) e Águas Frias Oeste ($36,6 \text{ g kg}^{-1}$). Coutinho et al (2010) comparando a origem da MO do solo de mata secundária, pastagem e plantio de eucalipto, concluíram que a mata secundária é a que mais contribui com a inserção de matéria orgânica no solo. De acordo com a interpretação de fertilidade para MO (NETO et al, 2001 p.54), o solo da ARIE Floresta da Cicuta obteve classificação baixa ($7,1-20,0 \text{ g kg}^{-1}$), no ponto Cachoeira e Alto LT, e nos demais pontos classificação média ($20,1-40,0 \text{ g kg}^{-1}$).

No geral, com relação à porcentagem de nitrogênio trocável (N) no solo da ARIE Floresta da Cicuta observada na Tabela 7, os valores mostraram-se diferentes do inverno de 2013 para verão de 2014, exceto para Entrada, Figueira e Trilha Nova. O ponto de coleta Cachoeira apresentou 0 g kg^{-1} de nitrogênio, provavelmente devido à textura arenosa do solo, que favorece a lixiviação. O ponto Alto LT também apresentou baixos valores de N, provavelmente devido a menor densidade de cobertura vegetal devido ao acesso à linha de

transmissão de alta tensão. O ponto Entrada apresentou os maiores valores de N no inverno ($3,5 \text{ g kg}^{-1}$) e no verão ($2,9 \text{ g kg}^{-1}$), correlacionando com os mais altos valores de matéria orgânica encontrados neste ponto. Barreto et al (2006) em Latossolo Vermelho-Amarelo no Sul da Bahia, encontraram valores iguais estatisticamente à 5% de probabilidade para nitrogênio nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, que em mata atlântica apresentou $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,79 \text{ g kg}^{-1}$; em cultura de cacau obteve-se $2,34 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,60 \text{ g kg}^{-1}$ e em área de pastagem mostrou os valores $2,12 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,55 \text{ g kg}^{-1}$. Através de coeficiente de correlação, Barreto et al(2006) encontraram significância entre CO e N inversamente proporcional à quantidade de areia. Coutinho et al (2010) encontraram teor de nitrogênio total entre $23,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $4,5 \text{ g kg}^{-1}$, concluindo que regeneração de mata atlântica a curto prazo não altera estoque de N e C do solo, em relação ao da pastagem.

Os maiores valores de potássio trocável foram encontrados nos pontos Alto LT e Entrada (Tabela 8), sendo mais elevados no inverno de 2013 quando comparado ao verão de 2014, sendo caracterizadas como áreas de borda e com maior intervenção humana como estradas e clareiras. No entanto, analisando os diferentes pontos de coleta, os teores de potássio trocável não apresentaram tendência de variação uniforme entre os pontos entre o inverno de 2013 e verão de 2014.

Barreto et al (2006, p.36) encontraram teores de K maiores em manejo com pastagem ($0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) do que em mata ($0,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), havendo variação em horizonte superficial de solo. Araújo et al (2004, p. 313) enunciaram que os teores de K decrescem com o tempo de uso do solo, encontrando na superfície do solo (0-10 cm) valores variando de 0,05 a $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em área de mata, e de 0,31 a $0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em área de pastagem, cujos valores se assemelham aos resultados encontrados no presente estudo na ARIE Floresta da Cicuta. Alves et al (2011, p.343) avaliando teores de K em usos diversos do solo, encontrou os maiores valores em lavouras ($81,4 \text{ mg dm}^{-3}$) no período seco e ($28,0 \text{ mg dm}^{-3}$) no período

chuvoso, e em pastagem no período seco ($40,8 \text{ mg dm}^{-3}$) e ($33,0 \text{ mg dm}^{-3}$) em período chuvoso, diminuindo em área de vegetação nativa em recuperação com $54,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $30,0 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo bem menor em áreas de mata nativa $27,2 \text{ mg dm}^{-3}$ e $24,0 \text{ mg dm}^{-3}$ em período seco e chuvoso, corroborando com os resultados de áreas com maior e menor intervenção humana e seus valores na ARIE Floresta da Cicuta.

Machado (2011) em floresta secundária de mata atlântica em Pinheiral, município vizinho à ARIE Floresta da Cicuta, encontrou em profundidade 0-10 cm os seguintes valores K nas áreas em estágio sucessional inicial (18 mg dm^{-3}); médio ($0,38 \text{ mg dm}^{-3}$); e avançado ($0,22 \text{ mg dm}^{-3}$). Machado (2011) observou que na profundidade 10-20 cm, o valor K nas áreas em estágio sucessional inicial, foi $0,07 \text{ mg dm}^{-3}$, médio $0,23 \text{ mg dm}^{-3}$ e avançado $0,11 \text{ mg dm}^{-3}$, correspondendo aos encontrados, em geral, na ARIE Floresta da Cicuta.

Tabela 8: Teores de Potássio (K), Sódio (Na) e Fósforo (P) trocáveis dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014.

Pontos de coleta	Período	mg dm ⁻³		
		K	Na	P
Trilha da Velha	Inverno 2013	0,12Eb	0,02Ca	9,11Ca
	Verão 2014	0,17Ba	0,01Bb	6,55Bb
Figueira	Inverno 2013	0,16Da	0,01Ca	8,0Ca
	Verão 2014	0,15Ba	0,01Ba	4,8Cb
Trilha Nova	Inverno 2013	0,22Ca	0,01Ca	9,4Ba
	Verão 2014	0,09Cb	0,01Ba	3,6Cb
Agua Frias Leste	Inverno 2013	0,13Ea	0,02Ba	6,0Aa
	Verão 2014	0,12Ca	0,01Bb	4,8Cb
Agua Frias Oeste	Inverno 2013	0,14Eb	0,01Ca	7,6Ca
	Verão 2014	0,2Aa	0,0Cb	5,3Cb
Cachoeira	Inverno 2013	0,15Ea	0,0Db	7,9Ca
	Verão 2014	0,1Cb	0,02Aa	5,6Cb
Alto LT	Inverno 2013	0,27Aa	0,0Da	2,9Da
	Verão 2014	0,23Ab	0,0Ca	2,8Da
Entrada	Inverno 2013	0,23Ba	0,03Aa	32Aa
	Verão 2014	0,21Ab	0,01Bb	17,6Ab
Porteira da Fazenda	Inverno 2013	0,16Da	0,02Ba	10,2Ba
	Verão 2014	0,18Ba	0,02Aa	16,4Ba
CV %		7,11	31,87	13,49

CV: coeficiente de variação do teste de média (Tukey) a 5%, com 3 repetições.

Letras maiúsculas: compara todas as trilhas por estação do ano, separadamente. **Letras minúsculas:** verifica se houve variação entre estações do ano dentro do mesmo local de coleta. Letras iguais correspondem à igualdade estatística.

Os teores de sódio trocáveis (Tabela 8) nos diferentes pontos não apresentaram uma tendência de variação entre as diferentes épocas de coleta. Barreto et al (2006) encontraram, a 0-10 cm de profundidade, variação de acordo com uso do solo: em mata atlântica o valor encontrado foi $0,04 \text{ mg dm}^{-3}$, para cultivo de cacau $0,04 \text{ mg dm}^{-3}$, e para pastagem, $0,05 \text{ mg dm}^{-3}$, diminuindo em 0,1 o valor de cada tipo de uso do solo profundidade 10-20 cm, mostrando valores aproximados aos encontrados na ARIE Floresta da Cicuta. Caliman (2001) avaliando teores de Na em áreas da Floresta Estacional Semidecidual Submontana da Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN Cafundó, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, encontrou em área de baixada, os valores 17 mg dm^{-3} , 8 mg dm^{-3} e 10 mg dm^{-3} ; e em encostas, 13 mg dm^{-3} , 8 mg dm^{-3} e 10 mg dm^{-3} , valores bem superiores aos encontrados na ARIE Floresta da Cicuta. Em floresta secundária de mata atlântica em Pinheiral, município próximo à região da ARIE Floresta da Cicuta, Machado (2011) encontrou, na profundidade de 0-10 cm os seguintes valores de Na nas áreas em estágios sucessionais inicial, médio e avançado, $0,01 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,06 \text{ mg dm}^{-3}$ e $0,03 \text{ mg dm}^{-3}$; e em profundidade 10-20 cm, sucessionais inicial $0,01 \text{ mg dm}^{-3}$, médio $0,05 \text{ mg dm}^{-3}$ e avançado $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$, resultados semelhantes aos encontrados na ARIE Floresta da Cicuta.

Os teores de fósforo trocáveis (Tabela 8) tenderam a variar entre os diferentes pontos de coleta, sendo os menores valores encontrados no ponto Alto LT, nas duas épocas de coleta, provavelmente devido a menor densidade de cobertura vegetal presente nesta área. Comparando as épocas de coleta, os maiores teores de P foram encontrados no inverno de 2013, com exceção do ponto Porteira da Fazenda. Os maiores teores de P foram encontrados nos pontos Entrada e Porteira da Fazenda, pontos esses próximos à estrada de acesso e com maior interferência antrópica. Segundo Nobile et al (2010) e Madeiros et al (2010), a escória proveniente de atividade siderúrgica, pode aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Em solos de vegetação nativa com baixo teor de nitrogênio, a fixação não simbiótica pode

contribuir na acumulação deste elemento através das seguintes condições: alto conteúdo de cálcio e matéria orgânica rica em carbono (COELHO & VERLEMEDIA, 1988 apud NOBILE et al, 2010 p.173). Alves et al (2011, p. 343), avaliando os teores de fósforo em solos de usos diversos em fazenda no Mato Grosso do Sul, em período seco e em chuvoso respectivamente, encontraram os seguintes valores: em lavoura, 33,8 mg dm⁻³ e 30 mg dm⁻³; em pastagem 1,8 mg dm⁻³ e 3,2 mg dm⁻³; em mata nativa em recuperação 2,0 mg dm⁻³ e 1,8 mg dm⁻³; e em mata nativa 0,8 mg dm⁻³ e 1,4 mg dm⁻³, mostrando que os maiores valores foram encontrados em áreas com intervenção humana e, menores, em locais de mata nativa. Assim, para ARIE Floresta da Cicuta, os maiores teores de fósforo trocável encontrado no ponto Entrada podem ser resultantes da escória em sua proximidade, comum também no ponto Porteira da Fazenda com valores maiores aos demais pontos amostrados.

Os teores de acidez potencial trocável (H+Al) representam o poder-tampão do solo em seu pH natural (MELLO & ALLEONI, 2009, p.333). O maior valor encontrado na ARIE Floresta da Cicuta para H+Al no inverno de 2013 foi na Trilha da Velha de 0,99 cmol_c dm⁻³, estatisticamente semelhante à Águas Frias Oeste. Em relação ao verão de 2014, nos pontos Entrada, Porteira da Fazenda e Águas Frias Leste não se detectou acidez potencial trocável, sendo estas consideradas áreas de borda da floresta. O maior valor de acidez potencial para o período verão 2014 foi observado no ponto Cachoeira, 0,52 cmol_c dm⁻³, no qual o solo apresenta maior quantidade de areia entre todos os pontos coletados na ARIE Floresta da Cicuta (Tabela 6). Os pontos amostrais dispostos na Tabela 9 que apontaram diferenças estatísticas entre as estações do ano inverno (2013) e verão (2014) foram Águas Frias Oeste, Figueira, Trilha da Velha e Trilha Nova, áreas mais centrais da floresta. Nos demais pontos, Águas frias Leste, Alto LT, Cachoeira, Entrada e Porteira da Fazenda, os valores das médias mostraram-se idênticos entre as estações do ano inverno de 2013 e verão de 2014. Machado (2011), em floresta secundária de mata atlântica em Pinheiral, encontrou para H+Al em

profundidade de 0-10 cm diferentes valores de H+Al em áreas de mata em estágios sucessionais inicial 5,66 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, médio 4,51 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, e avançado 5,85 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, e na amostra de solo coletada na profundidade 10-20 cm, encontrou em área de estágio inicial 5,23 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, médio 5,00 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ e avançado de recuperação 5,40 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, mostrando queda do valor enquanto a floresta se encontra em estágio de transição entre inicial e avançado de regeneração.

Tabela 9: Teores de Hidrogênio e Alumínio (H+Al), Cálcio (Ca), Cálcio e Magnésio (Ca+Mg) e Magnésio (Mg) trocáveis dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014.

Pontos de coleta	Período	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$			
		H+ Al	Ca	Ca + Mg	Mg
Trilha da Velha	Inverno 2013	0,99Aa	1,5Db	3,1Cb	1,6Eb
	Verão 2014	0,16Cb	8,6Ea	12,6Da	4,0Fa
Figueira	Inverno 2013	0,0Db	7,9Bb	11,6Ab	3,7Ab
	Verão 2014	0,16Ca	10,3Ca	15,9Ca	5,6Ea
Trilha Nova	Inverno 2013	0,16Cb	4,2Ca	6,4Bb	2,2Cb
	Verão 2014	0,33Ba	5,3Ea	8,9Ea	3,6Ga
Agua Frias Leste	Inverno 2013	0,0Da	5,4Cb	5,7Bb	0,3Hb
	Verão 2014	0,0Da	11,5Ca	14,1Da	2,6Ha
Agua Frias Oeste	Inverno 2013	1,1Aa	2,5Db	3,5Cb	1,0Gb
	Verão 2014	0,16Cb	9,5Da	17,6Ca	8,1Ba
Cachoeira	Inverno 2013	0,55Ba	4,1Da	2,1Ca	2,0Da
	Verão 2014	0,52Aa	2,6Fa	4,6Fa	2,0Ia
Alto LT	Inverno 2013	0,16Ca	1,7Da	3,9Cb	2,2Cb
	Verão 2014	0,16Ca	2,3Fa	10,0Ea	7,6Ca
Entrada	Inverno 2013	0,0Da	10,4Ab	11,6Ab	1,2Fb
	Verão 2014	0,0Da	17,2Aa	25,7Aa	8,5Aa
Porteira da Fazenda	Inverno 2013	0,0Da	7,9Bb	11,6Ab	2,8Bb
	Verão 2014	0,0Da	13,8Ba	19,8Ba	6,0Da
CV %		20,43	7,69	8,97	

CV: coeficiente de variação do teste de média (Tukey) a 5%, com 3 repetições.

Letras maiúsculas: compara todas as trilhas por estação do ano. **Letras minúsculas:** verifica se houve variação entre estações do ano dentro do mesmo local de coleta. Letras iguais correspondem à igualdade estatística.

Os maiores teores de cálcio trocável (Tabela 9), foram encontrados nos pontos Entrada e Porteira da Fazenda, pontos com interferência antrópica e com os maiores valores de pH (Tabela 6), mostrando a relação direta entre pH e Ca no solo. Segundo Chaves & Farias (2008), a escória de siderurgia pode influenciar nos teores de Ca. Observa-se também uma

tendência de maior acúmulo de cálcio no verão de 2014 quando comparado ao inverno de 2013, o que pode ter ocorrido pela maior taxa de decomposição da matéria orgânica devido as maiores temperaturas nesta época do ano. Os menores valores de cálcio foram encontrados no ponto Alto LT, provavelmente devido a menor densidade de cobertura vegetal presente nesta área. Coutinho (2012), comparando manejos de solo com as características dos mesmos, em Pinheiral-RJ, não encontrou diferença significativa entre estações do ano para Ca sendo que, na área de floresta secundária em estágio médio e pasto misto manejado, foram encontrados para Ca os valores $5,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em floresta secundária em estágio médio e $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em pasto misto manejado. Machado (2011), em floresta secundária de mata atlântica em Pinheiral, encontrou para Ca, nas áreas em estágio sucessional inicial, médio e avançado de regeneração, em 0-10 cm de profundidade, os valores $1,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $2,78 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $1,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ respectivamente e, para profundidade 10-20 cm, os valores $0,23 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $0,58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ respectivamente. Madeiros et al (2010) encontraram $1,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ em Argissolo Vermelho-Amarelo. Melloni et al (2008) em Delfim Moreira-MG para Ca encontraram em áreas com eucalipto, pastagem com braquiária, mata atlântica e araucária os seguintes valores, respectivamente, $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Silva et al (2012) em Cambissolo Háplico Tb Distrófico no Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ), em floresta secundária estágio avançado, estágio médio, estágio inicial, pasto, agricultura perene e agricultura anual de 0-5 cm encontrou, respectivamente, os seguintes valores de Ca $2,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $5,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $2,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $3,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $2,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Assim como observado para cálcio, os maiores teores de magnésio trocáveis (Tabela 9) foram encontrados no verão de 2014 nos pontos Águas Frias Oeste, Alto LT, Entrada e Porteira da Fazenda, pontos localizados na borda da área, conseqüentemente com maior interferência antrópica. As áreas mais internas da ARIE se mostraram mais estáveis, com

menor variação no teor de Mg entre as duas épocas de coleta. Diversos trabalhos corroboram com os resultados encontrados, em que áreas com intervenção humana ou em regeneração apresentaram maiores valores para Mg. Machado (2011), em floresta secundária de mata atlântica em Pinheiral, encontrou para Mg em áreas em estágios sucessionais inicial, médio e avançado, de 0-10 cm de profundidade, os valores de $0,03 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $2,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $0,99 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente e, para a profundidade 10-20 cm, os valores $0,36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, $0,88 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $0,54 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Melloni et al (2008) em Delfim Moreira-MG encontrou em áreas com eucalipto, pastagem com braquiária, mata atlântica e araucária, os seguintes valores de Mg respectivamente, $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. Silva et al (2012) em Cambissolo Háplico Tb Distrófico no Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ), em floresta secundária estágio avançado, estágio médio, estágio inicial, pasto, agricultura perene e agricultura anual, na profundidade de 0-5 cm, encontrou, respectivamente, os seguintes valores de Mg $1,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $3,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $1,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $3,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $3,43 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Tabela 10: Soma de Bases Trocáveis (S), Capacidade de Troca de Cátions(T), Índice de Saturação de Bases (V), Índice de saturação de Alumínio Trocável (M) dos solos da ARIE Floresta da Cicuta na profundidade de 0-20 cm, no inverno de 2013 e verão de 2014.

Pontos de coleta	Período	cmolc dm ⁻³		%	
		S	T	V	M
Trilha da Velha	Inverno 2013	3,2Ha	4,2Hb	77 Fb	23Aa
	Verão 2014	12,8Fb	13Fa	99Da	1Db
Figueira	Inverno 2013	7,4Ba	7,4Bb	100Aa	0Fb
	Verão 2014	16,1Db	16,2Da	99Cb	1Ea
Trilha Nova	Inverno 2013	6,6Da	6,8Db	98Ba	2Eb
	Verão 2014	9,0Hb	9,4Ha	96Fb	4Ba
Agua Frias Leste	Inverno 2013	5,9Eb	5,9Eb	100Aa	0Fa
	Verão 2014	14,2Ea	14,2Ea	100Aa	0Ga
Agua Frias Oeste	Inverno 2013	3,7Gb	4,8Fb	77Eb	23Bb
	Verão 2014	17,8Ca	18,0Ca	99Ba	1Fa
Cachoeira	Inverno 2013	2,4Ib	3,0Ib	81,5Db	18,5Ca
	Verão 2014	4,7Ia	5,2Ia	90Ga	10Ab
Alto LT	Inverno 2013	4,1Fb	4,3Gb	96Cb	4Db
	Verão 2014	10,2Ga	10,4Ga	98Ea	2Ca
Entrada	Inverno 2013	11,9Ab	11,9Ab	100Aa	0Fa
	Verão 2014	25,9Aa	25,9Aa	100Aa	0Ga

Cont.

Porteira da Fazenda	Inverno 2013	7,2Cb	7,2Cb	100Aa	0Fa
	Verão 2014	20,0Ba	20,0Ba	100Aa	0Ga

S:Soma de Bases Trocáveis (Ca+Mg+K+Na)

T:Capacidade de Troca de Cátions (S+H+Al)

V: Índice de Saturação de Bases (100S/T)

M%: Índice de saturação de Alumínio Trocável (100Al/Al+S)

Letras maiúsculas: compara todas as trilhas por estação do ano . **Letras minúsculas:** verifica se houve variação entre estações do ano dentro do mesmo local de coleta. Letras iguais correspondem à igualdade estatística.

Para as bases trocáveis (S), observa-se na Tabela 10 que todos os pontos obtiveram valores diferentes entre si estatisticamente, em teste de média a 5% de grau de liberdade, para o inverno de 2013 assim como para o verão de 2014. Os maiores valores para o inverno de 2013 e para o verão de 2014 foram encontrados no ponto Entrada 11,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 25,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e os menores valores no ponto Cachoeira, com 2,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 3,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Todos os pontos amostrais confirmaram, estatisticamente, diferenças no valor de S entre os períodos de coleta inverno de 2013 e verão de 2014. Caliman (2011) na RPPN Cafundó encontrou para S na planície, na encosta e em topo de morro as seguintes variações de valores, nesta ordem: 3,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a 9,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 2,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a 5,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e 1,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a 4,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) em solos neutros a alcalinos está incluída nos chamados de cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), denominado S, e em conjunto com os cátions ácidos os H^+Al^{3+} origina o valor T (KER *et al* 2012, p.153). Sobre os cátions trocáveis (T), visto na Tabela 10, todos os resultados foram estatisticamente diferentes a 5% de coeficiente de variação. No inverno de 2013 e no verão de 2014, respectivamente, o maior valor de T foi encontrado no ponto Entrada, com 11,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 25,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e para o menor no ponto Cachoeira com 3,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 5,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Caliman (2011) na RPPN Cafundó em áreas de baixadas, nas encostas e em topo de morro, respectivamente, encontrou para T os os valores 3,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a 11,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; de 2,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a 6,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

e de $4,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $6,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Na ARIE Floresta da Cicuta, o valor encontrado na Entrada no período seco do verão de 2014, superou os encontrados por Caliman (2011), provavelmente devido ao excedente de Ca visto na Tabela 9.

Em relação à saturação de bases (V) na Tabela 10 no período de inverno de 2013, a menor porcentagem foi vista no ponto Trilha da Velha, com 77% e, as maiores nos pontos Figueira, Entrada, Águas Frias Leste e Porteira da Fazenda, com 100%. No verão de 2014, a menor porcentagem foi encontrada no ponto Cachoeira com 90% e a maior nos pontos Entrada, Águas Frias Leste e Porteira da Fazenda, com 100%. Em relação à variação dos resultados no mesmo local em tempos diferentes, apresentaram resultados iguais estatisticamente nas estações inverno de 2013 e verão de 2014 os pontos Águas Frias Oeste, Alto LT, Cachoeira, Figueira, Trilha da Velha e Trilha Nova. Os demais, Águas Frias Leste, Entrada e Porteira da Fazenda foram iguais em ambos os períodos. O valor de V, percentual por bases, aumenta com o pH do solo (KER *et al*, 2012, p.154), sendo utilizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) para classificar o solo. Como todos os valores foram maiores que 50%, estes foram denominados como eutróficos. Barreto *et al* (2006, p. 419) justifica V menor na região de mata atlântica, enunciando que a nutrição da vegetação na floresta é sustentada pela ciclagem de nutrientes com acúmulo na manta orgânica e que, em outros sistemas como cultura de cacau e pastagem, é necessário o uso de corretivos agrícolas. Barreto *et al* (2006) no Sul da Bahia em Latossolo Vermelho Amarelo, para V encontraram de 0-10cm e de 10-20cm, respectivamente, para mata atlântica 13,05% e 9,68 %, em cultura de cacau, 32,12% e 21,13% e em pastagem 34,86% e 26,0%. Caliman (2011) na RPPN Cafundó encontrou para V, na planície, na encosta e em topo de morro, as seguintes variações de porcentagens: 76 % a 86%; 44% a 79%; e 31% a 78%. Domingos *et al* (1999) comparando os locais mais e menos afetados pela poluição do ar na Reserva Biológica de Paranacipapa encontraram de 0-5 cm de profundidade valores de 14,5% a 15,9% para o

local mais afetado e 11,6% a 18,0% para o menos afetado pela poluição atmosférica. Os valores vistos por Caliman (2011) foram similares aos encontrados na ARIE Floresta da Cicuta, excetuando-se os valores de 100% de V, que corresponderam a indicação de Ker et al (2012, p.154), onde V aumenta de acordo com o pH do solo, a exemplo dos pontos Trilha da Velha com pH entre 4,3 a 4,5 e Porteira da Fazenda com pH de 7,4 a 8,3, visto na Tabela 6.

Na análise estatística referente à saturação de alumínio trocável, Al^{3+} (M) na Tabela 10, durante o inverno de 2013, as porcentagens vistas nos pontos Entrada, Figueira, Porteira da Fazenda e Águas Frias Leste foram iguais estatisticamente com o menor valor, 0 %. Águas Frias Oeste apresentou maior valor, com 23%, sendo igual estatisticamente ao ponto Trilha da Velha no inverno de 2013. Para o verão de 2014, o resultado para a menor porcentagem foi semelhante ao do inverno de 2013, com Entrada, Porteira da Fazenda e Águas Frias Leste todos com 0%, e com maior valor apenas o ponto Cachoeira, com 10%. Quanto a variações sazonais no mesmo ponto de coleta, Águas Frias Oeste, Alto LT, Cachoeira, Figueira, Trilha da Velha e Trilha Nova apresentaram porcentagens com diferenças estatísticas entre inverno de 2013 e verão de 2014. Araújo et al (2004) encontraram para M em Argissolo Amarelo Distrófico no Acre, com mata variou de $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $2,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com queimada de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com cultivo de palmito pupunha de $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $2,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e com pastagem de $0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Barreto et al (2006) no Sul da Bahia em Latossolo Vermelho Amarelo, para M encontraram nas profundidades de solo 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente, os seguintes valores: para mata atlântica 36,05% e 54,3%; para cultura de cacau, 4,67% e 17,7%; e para pastagem 2,63% e 8,59%. Caliman (2011) na RPPN Cafundó encontrou para planície, para encosta e para topo de morro, nesta ordem, as seguintes porcentagens: 0%; 12% a 0%; e 27% a 0%. Domingos et al (1999) comparando locais mais e menos afetados pela poluição do ar na Reserva Biológica de Paranacipapa, encontraram, de 0-5 cm de profundidade, valor de 27,9% a 41,7% para mais

afetado e 32,6% a 47,9 % para menos afetado pela poluição atmosférica. Os valores encontrados na ARIE Floresta da Cicuta condizem com os encontrados por Caliman (2011) e Barreto et al (2006); as variações corresponderam as vistas por Araújo et al (2004), mudando de acordo com o tipo de uso do solo cujo aqueles com maior intervenção humana obtiveram os menores valores, chegando a 0, e em áreas propensas à poluição atmosférica, teoricamente as mais expostas no entorno ou borda da floresta, não corresponderam aos resultados vistos por Domingos et al (1999).

3.3 CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS NOS SOLOS DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

Os valores de manganês (Mn) variaram de acordo com o ponto de coleta na ARIE Floresta da Cicuta, como visto na Figura 3. Observou-se que os maiores valores de Mn foram encontrados nos pontos com maior intervenção de atividades humanas (Porteira da Fazenda e Entrada), localizados próximos às áreas limítrofes da unidade de conservação, próximos a estradas de acesso e centro industrial e urbano. Os maiores teores de Mn foram encontrados no ponto Porteira da Fazenda, principalmente nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm. Os menores teores de Mn foram observados nos pontos de coleta mais internos da área como Trilha de Velha, Cachoeira e Figueira, evidenciando a ação antrópica no aumento da concentração de Mn nos solos.

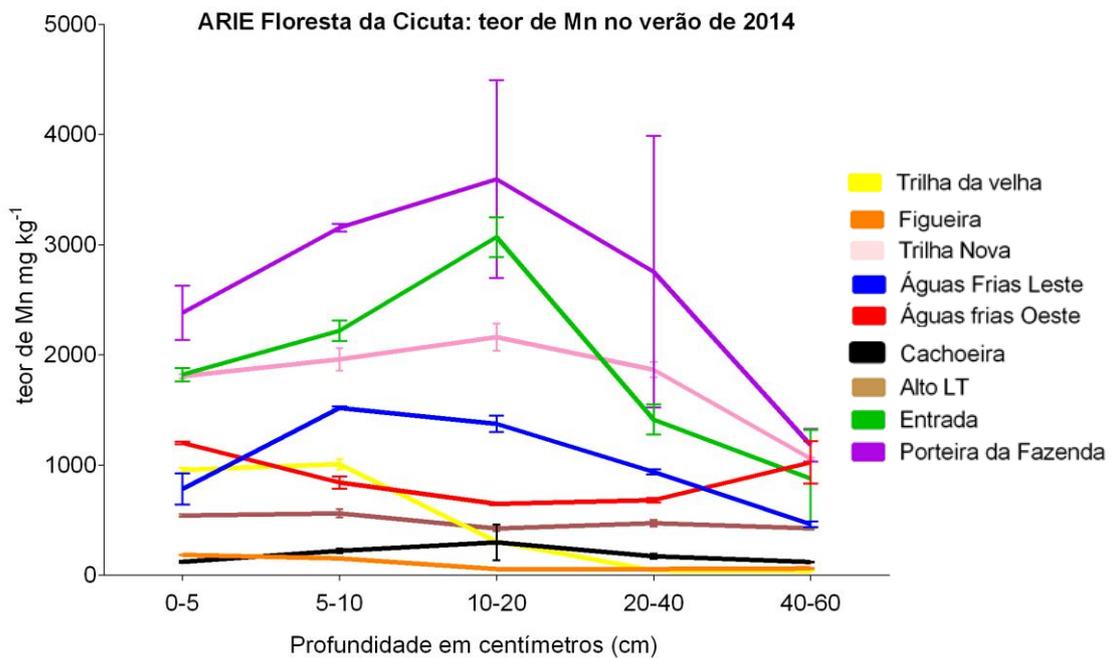
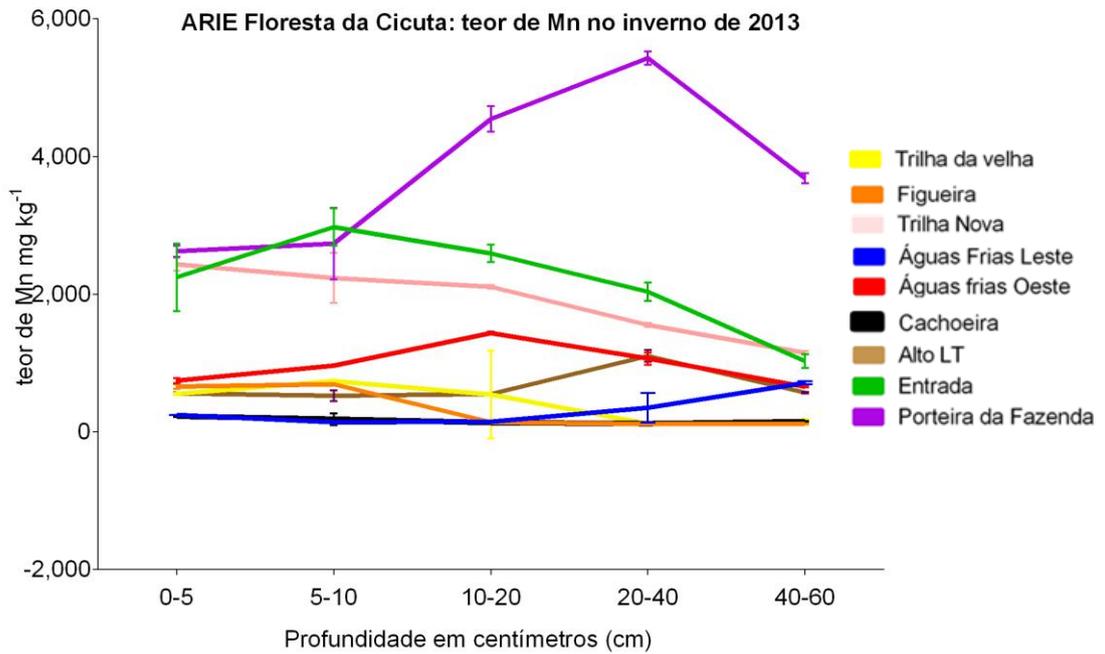


Figura 3: Concentrações de manganês (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

Em estudo sobre a caracterização de valores de referência de qualidade (VRQs) de metais pesados para solos brasileiros, em amostra denominada g1 composta de solos de diferentes tipos, com características de argila e altos teores naturais de metais pesados em comum, classificadas como “Latossolo Vermelho Distroférico, Nitossolo Vermelho Distroférico, Latossolo Bruno, Argissolo Vermelho Eutroférico, Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho, Luvisolo e Cambissolo” (FADIGAS et al, 2006, p. 701) nos horizontes A e B, observou-se que os teores elevados de Mn encontrados refletiam a origem dos solos que os compõem, com valor $522,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e desvio-padrão $213 \pm 4 \text{ mg kg}^{-1}$. Sendo este o maior teor encontrado pelo autor, ainda é menor do que os valores encontrados na ARIE Floresta da Cicuta. Porteira da Fazenda, por exemplo, obteve valor alto, como $5.429,3 \text{ mg kg}^{-1}$ na profundidade 20-40 no inverno de 2013 e $3.595,5 \text{ mg kg}^{-1}$ na profundidade 10-20 no verão de 2014. Na Trilha da Velha os valores para Mn foram os menores na ARIE Floresta da Cicuta, com valor $117,4 \text{ mg kg}^{-1}$ para o inverno de 2013 na profundidade 20-40cm e com valor $38,32 \text{ mg kg}^{-1}$ no verão de 2014 na profundidade 40-60 cm. Moura et al (2006) em coleta em Teresina-PI, para Mn encontrou valores de $21,12 \text{ mg kg}^{-1}$ a $161,27 \text{ mg kg}^{-1}$ (com desvio-padrão $\pm 63,48$), apresentando maior valor no Parque Municipal Floresta Fóssil, solo com baixa fertilidade baixo teor de metais pesados e sem atividades antrópicas segundo os autores, onde também enunciaram que em forma não-cristalina o Mn pode adsorver metais, obtendo correlação positiva com Ni. Os teores de Mn encontrados por Klumpp et al (2000) na Serra do Mar, em locais onde a vegetação é seriamente danificada pela poluição de Cubatão-SP, foram para o Vale do Rio Polões de $44,2 \text{ cmol dm}^{-3}$; para o local Caminho do Mar o teor de Mn foi $67,8 \text{ cmol dm}^{-3}$; e em Vale do Rio Mogi o teor foi $4,10 \text{ cmol dm}^{-3}$.

Não se exclui a procedência do alto teor de manganês da ARIE Floresta da Cicuta, por sua vez, ser devido a deposição de partículas atmosféricas visto que Gioda et al (2004) encontraram para Mn teores acima do recomendado por órgãos ambientais e de saúde

consultados pelos autores para material particulado (PM_{10}) e para partículas totais em suspensão, nesta ordem, os seguintes valores na estação de monitoramento de qualidade do ar do Conforto, $100 \mu\text{g m}^{-3}$ e $200 \mu\text{g m}^{-3}$; Aeroclube não detectado para PM_{10} e $100 \mu\text{g m}^{-3}$; Belmonte $200 \mu\text{g m}^{-3}$ e $300 \mu\text{g m}^{-3}$; e FEEMA $200 \mu\text{g m}^{-3}$ e $200 \mu\text{g m}^{-3}$.

Há a possibilidade de resíduo siderúrgico usado na estrada próxima ao ponto Porteira da Fazenda ter influenciado nas elevadas concentrações de Mn encontrados e no elevado desvio-padrão.

Maiores teores de manganês foram observados no inverno de 2013 em relação ao verão de 2014, principalmente no ponto Porteira da Fazenda e nas maiores profundidades estudadas (10-20, 20-40 e 40-60 cm). Isto pode ter ocorrido devido ao maior índice pluviométrico ocorrido nesta época (Tabela 5) e ao baixo teor de argila (Tabela 6) desses solos, o que favorece a lixiviação de íons.

A toxicidade por Mn em plantas é mais provável em solos encharcados segundo McBride (1994, p. 335), e os pontos de coleta com altos teores de Mn propensos a esta condição na ARIE Floresta da Cicuta são Águas Frias Oeste com maior UR (Figura 9), ou em solos ácidos como observados nos pontos Trilha da Velha e Águas Frias Oeste (Tabela 6). A deficiência é mais encontrada em solos que são alcalinos segundo McBride (1994, p. 335), porem a exceção foi observada na ARIE Floresta da Cicuta nos pontos Aguas Frias Leste, Entrada e Porteira da Fazenda (Tabela 6), e solos de textura grossa, onde Porteira da Fazenda foi novamente exceção (Tabela 6) com altos teores de Mn.

Na Figura 4 são apresentadas as concentrações de Pb nos solos da ARIE Floresta da Cicuta. Assim como observado para o Mn, os maiores valores de Pb foram encontrados nos pontos de maior influência antrópica, localizados na extremidade da área, principalmente o ponto denominado Entrada. No entanto, nenhum dos pontos apresentou concentração acima

do valor de prevenção em solos (72 mg kg^{-1}) segundo Resolução CONAMA 420 (2009), não evidenciando contaminação por esse elemento. Mattos *et al.* (2013) sugeriu como valor de referência de qualidade 17 mg kg^{-1} para Argissolo Vermelho-Amarelo na região do Médio Paraíba, evidenciando nos pontos de maior interferência antrópica valores acima do VRQs. As concentrações de Pb não tenderam a variar entre as coletas do período úmido e seco.

Silva *et al* (2013) analisando teor de Pb nos solos e plantas entre os municípios de Caçapava-SP e Itatiaia –RJ próximos à beira da rodovia Presidente Dutra (BR 116) calcularam taxa de infiltração do Pb no solo de $0,5 \text{ cm ano}^{-1}$ nestas áreas, também enunciando baixa mobilidade havendo concentração maior na superfície do solo. Os valores encontrados pelos autores Silva *et al* (2013) na profundidade 0-10cm e 10-20cm do solo variaram de acordo com a distância da BR 116, onde até 10 m de distância, os valores de Pb no solo foram $23,6 \text{ mg kg}^{-1}$ e $8,6 \text{ mg kg}^{-1}$; de 10-20 m da rodovia os valores foram $6,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$, de 20m a 35m da rodovia os valores encontrados foram $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$ e $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$; e na distância de 35 m a 50 m da rodovia os valores encontrados pelos autores em um dos pontos foram $3,9 \text{ mg kg}^{-1}$ e $1,7 \text{ mg kg}^{-1}$. Neste raciocínio, justificam-se os maiores teores de Pb nos pontos Entrada e Porteira, por possuírem estrada de chão a cerca de 10 m dos locais coletados, com movimento de veículos movidos a combustíveis fósseis. A unidade de conservação também se localiza entre as rodovias de grande movimentação, como visto na Figura1, distanciando dos limites da ARIE Floresta da Cicuta desde 1.107 metros do ponto Cachoeira até a Rodovia dos Metalúrgicos, até 3.100 metros do ponto Entrada até a Rodovia Lúcio Meira (RJ-153) e CSN.

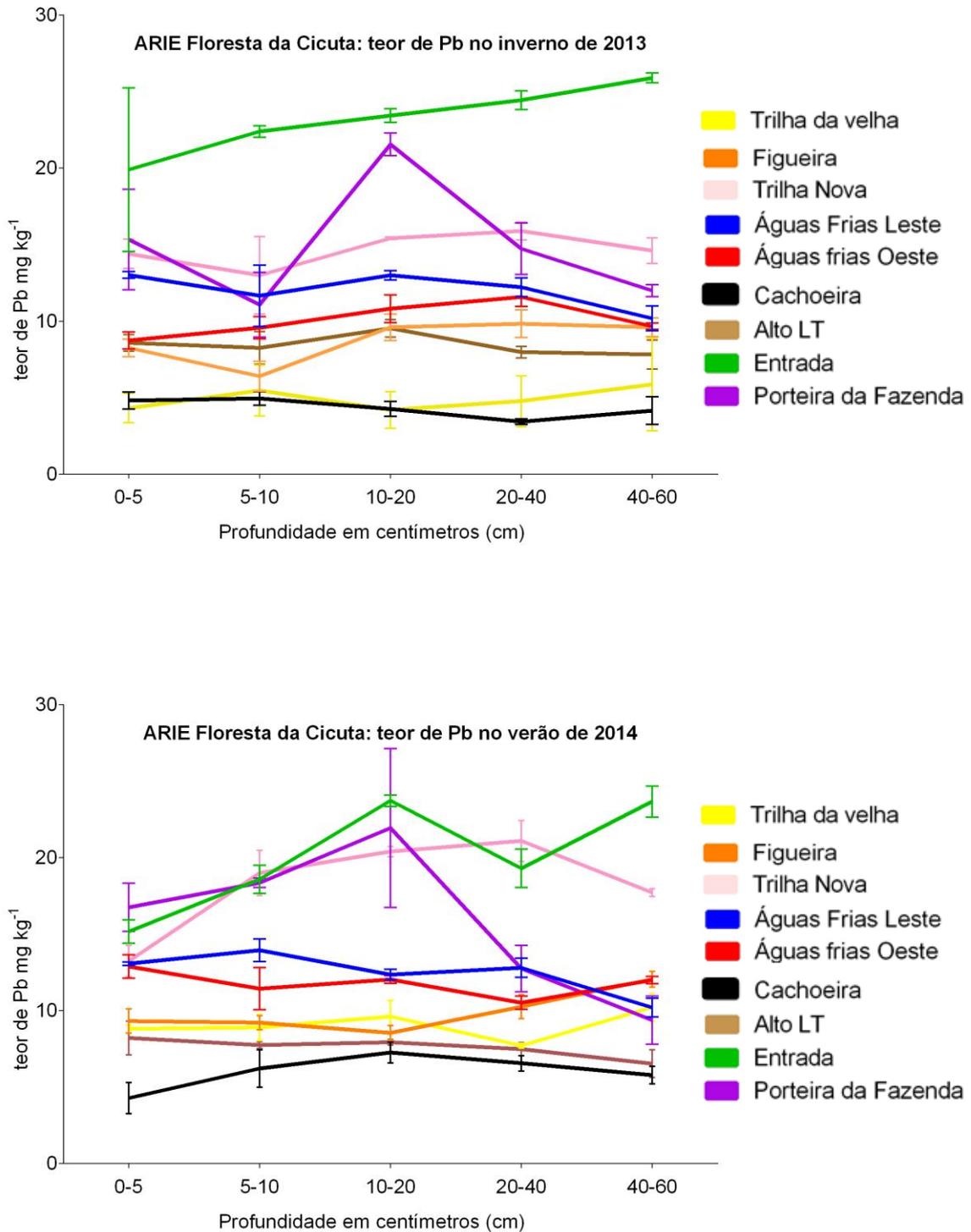


Figura 4: Concentrações de chumbo (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

Na Figura 5 são apresentadas as concentrações de Ni nos solos da ARIE Floresta da Cicuta. Os pontos localizados em áreas florestadas ou próximas a estas, a exemplo dos pontos Trilha Nova, Figueira, Cachoeira e Trilha da Velha, apresentaram menores valores de Ni em relação aos pontos situados em áreas mais expostas à ação antrópica, como Alto LT, Águas Frias Oeste, Entrada e Porteira da Fazenda. No verão de 2014, o ponto Águas Frias Oeste apresentou concentrações de Ni superiores ao valor de prevenção (30 mg kg^{-1}) segundo resolução CONAMA 420 (2009), talvez pela localização geográfica, que recebe os ventos com partículas em suspensão das indústrias da região, sendo local limítrofe da ARIE Floresta da Cicuta com área aberta (pasto). O VRQ sugerido por Mattos et al (2013) em Argissolo Vermelho-Amarelo é $1,43 \text{ mg kg}^{-1}$, evidenciando valores acima desses níveis nos solos da Floresta da Cicuta. Moura et al (2006) em Teresina –PI, encontrou para Ni o valor $0,87 \text{ mg kg}^{-1}$, variando de 3,32 a não detectável, sendo o maior valor encontrado no Parque Municipal Floresta Fóssil. Gioda et al (2004) não verificaram Ni em material particulado no município de Volta Redonda-RJ, encontrando Ni apenas no total de partículas em suspensão, com valor abaixo do limite na estação Conforto, $17 \mu\text{g m}^{-3}$ na estação Aeroclube, $30 \mu\text{g m}^{-3}$ na estação Belmonte e $20 \mu\text{g m}^{-3}$ na estação FEEMA, metal pesado atribuído às indústrias localizadas no município de acordo com os autores.

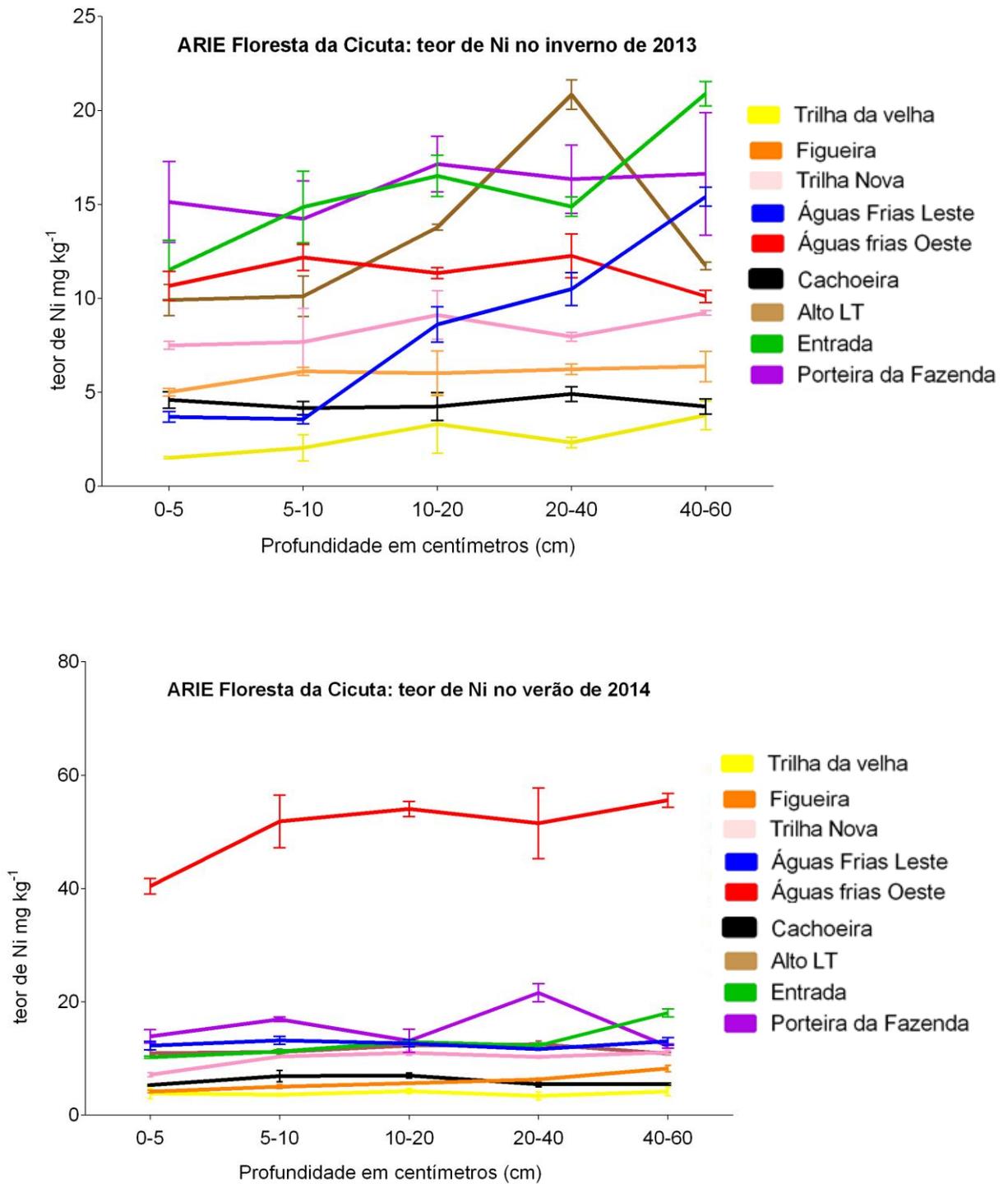


Figura 5: Concentrações de níquel (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

As concentrações de Zinco nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, vistas na Figura 6, evidenciam que, no período de inverno no ponto Entrada, os teores desse elemento foram mais elevados quando comparado aos demais pontos. No período de verão (Figura 6), essa diferença não foi verificada. Observa-se também, maiores teores de Zn no período de inverno do que no período de verão, o que pode ter ocorrido pela maior precipitação pluviométrica e consequente escoamento de Zn acumulado nas folhas e suspensos no ar. Entretanto, nenhum dos valores foram superiores ao valor de prevenção (300 mg kg^{-1}) segundo resolução CONAMA 420/2009.

Silva et al (2013) analisando teor de Zn nos solos e plantas entre os municípios de Caçapava-SP e Itatiaia –RJ próximos à beira da rodovia Presidente Dutra (BR 116) cita a presença do Zn em freios, óleo e materiais particulados que se depositam no solo e são absorvidos pelas plantas e que em pH menor que 5,2 aumenta a disponibilidade de Zn no solo, sendo absorvido pelas plantas (MARTINEZ & MOTTO, 200 apud SILVA et al 2013). Para Zn, os valores encontrados na profundidade 0-10 cm e 10-20 cm do solo variaram de acordo com a distância da rodovia segundo Silva et al (2013), onde até 10 m de distância, os valores de Zn no solo foram $146,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e $97,2 \text{ mg kg}^{-1}$; de 10-20 m da rodovia os valores foram $22,8 \text{ mg kg}^{-1}$ e $39,7 \text{ mg kg}^{-1}$, de 20 m a 35 m da rodovia os valores encontrados foram $21,1 \text{ mg kg}^{-1}$ e $21,4 \text{ mg kg}^{-1}$; e na distância de 35 m a 50 m da rodovia os valores encontrados pelos autores foram $34,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e $18,0 \text{ mg kg}^{-1}$, encontrando portanto em alguns casos maiores teores em maior profundidade, devido a maior mobilidade. Neste raciocínio, justificam-se os maiores teores de Zn nos pontos Entrada e Porteira, por possuírem estrada de chão a cerca de 10 m dos locais coletados, com movimento de veículos movidos a combustíveis fósseis. A unidade de conservação também se localiza entre as rodovias de grande movimentação, como visto na Figura 1, distando dos limites da ARIE Floresta da Cicuta desde 1.107 metros do

ponto Cachoeira até a Rodovia dos Metalúrgicos, até 3.100 metros do ponto Entrada até a Rodovia Lúcio Meira (RJ-153) e CSN.

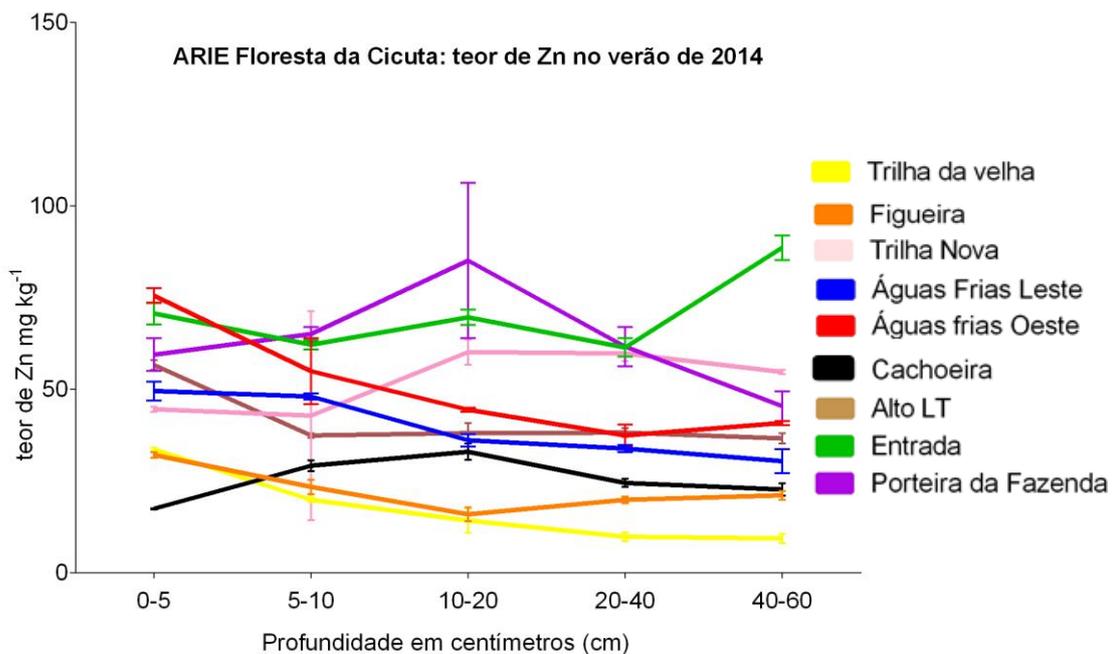
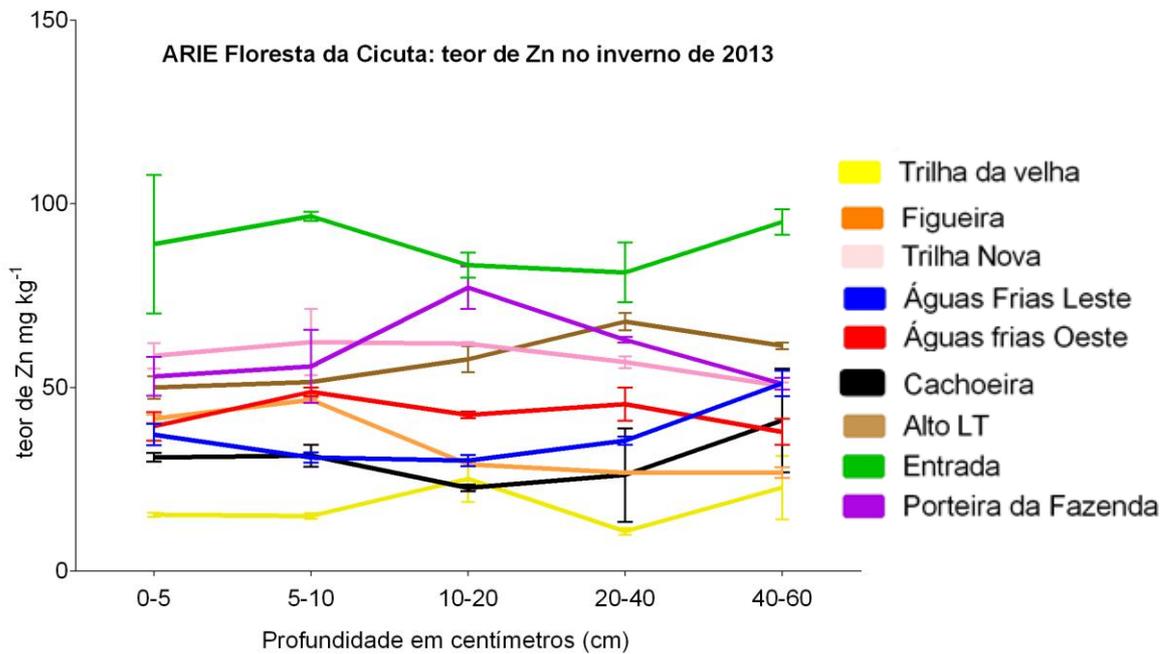


Figura 6: Concentrações de zinco (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

Com relação aos teores de Cu mostrados na Figura 7, os solos do ponto Entrada apresentaram os maiores valores desse elemento no período de inverno, seguido da Porteira da Fazenda, ambas as áreas expostas a ação antrópica, com pouca vegetação e próximas à estrada de acesso à unidade de conservação. A concentração de Cu no ponto Entrada também foi superior no período de inverno quando comparado ao período de verão, visto Figura 7. Entretanto, nenhum dos valores foram superiores ao valor de prevenção (60 mg kg^{-1}) segundo resolução CONAMA 420 (2009).

Klumpp et al (2003) analisando solo e folhas de mangueira em Camaçari-BA próximo ao complexo petroquímico local, encontrou em duas profundidades de solo (0-10 cm e 10-20 cm) para cobre os seguintes teores distantes da fundição de cobre: no ponto Sítio, a 3 km da fonte poluidora $99,78 \text{ mg kg}^{-1}$ e $22,75 \text{ mg kg}^{-1}$; para Lamarão, a 5 km da fonte poluidora, $22,88 \text{ mg kg}^{-1}$ e $19,68 \text{ mg kg}^{-1}$; para Hospital, em local contra o vento proveniente da fonte emissora, $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$; e para Alagoinhas, área rural a 80 km da fonte poluidora, $0,33 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,18 \text{ mg kg}^{-1}$.

Relacionando o estudo de Kumpp et al (2006) aos teores encontrados na ARIE Floresta da Cicuta, o ponto Águas Frias Oeste e Alto LT, áreas próximas ao limite da unidade de conservação e com locais descampados próximos, obtiveram valores similares ao encontrado em área impactada em Lamarão- Camaçari próxima ao complexo de fundição de cobre, indicando provável influência de atividade antrópica do entorno. Gioda et al (2004) encontrou em Volta Redonda-RJ, teor de Cu em material particulado atmosférico (PM_{10}) em estação de coleta do bairro Conforto em $580 \mu\text{g m}^{-3}$ e para total de partículas em suspensão $242 \mu\text{g m}^{-3}$, teor bem superior aos demais metais analisados pelos pesquisadores visto que a direção do vento provém do leste em direção a nordeste ou a sudeste no município.

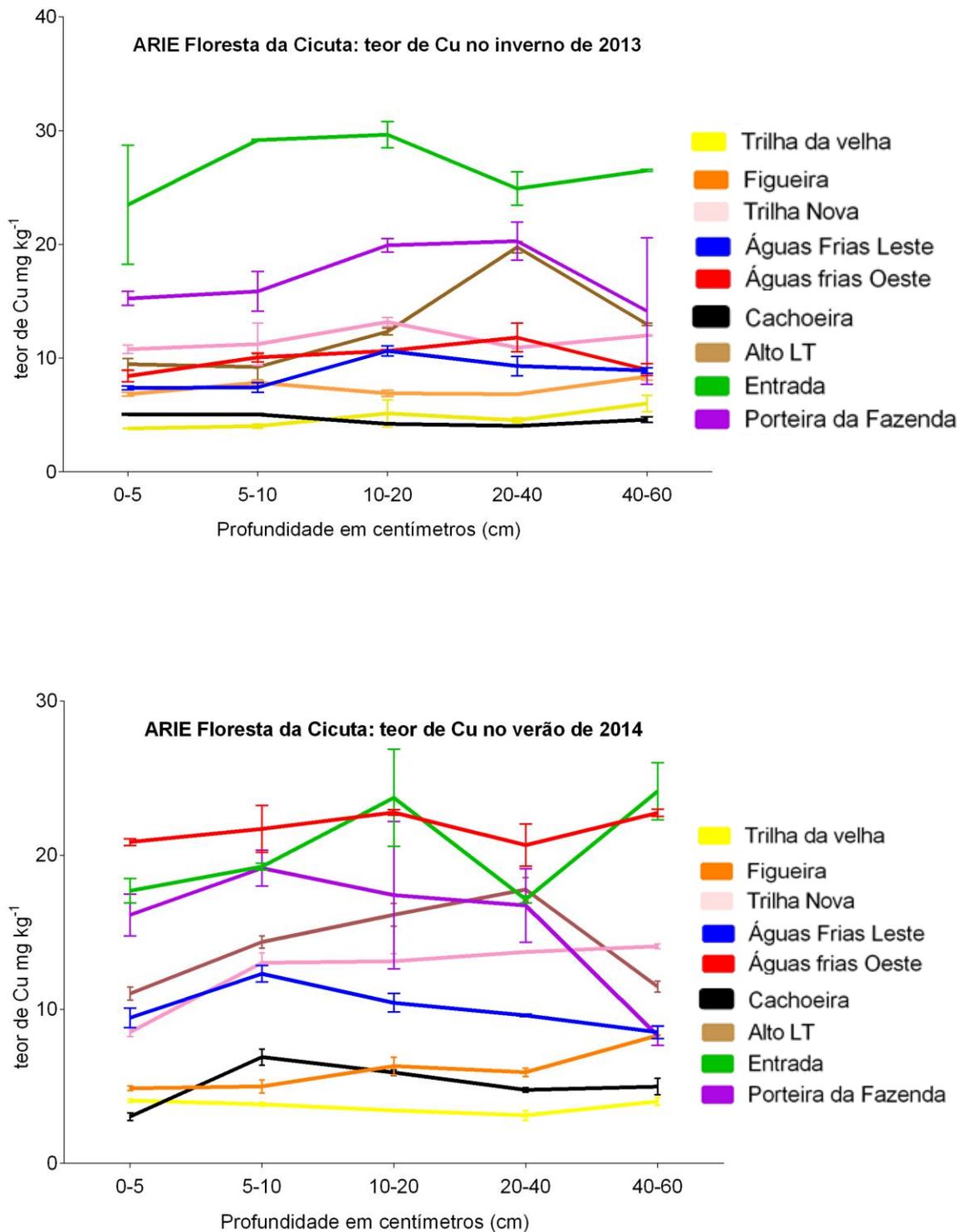


Figura 7: Concentrações de cobre (mg kg^{-1}) no período de coleta de inverno de 2013 e verão de 2014 nos solos da ARIE Floresta da Cicuta, , onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

3.4 CARBONO DE BIOMASSA MICROBIANA, RESPIRAÇÃO MICROBIANA E QUOCIENTE METABÓLICO DO SOLO

Analisando carbono de biomassa microbiana (BMS-C) entre os pontos de coleta (Figura 8), comparando os períodos de coleta, observa-se que o ponto Porteira da Fazenda (área degradada e exposta às intempéries) apresentou maiores flutuações neste parâmetro, com valores no inverno de 2013 de 296,9 mg C kg⁻¹ solo para 1040,5 mg C kg⁻¹ solo, no verão de 2014. Mesmo assim, não se pode afirmar haver maior estabilidade do sistema em áreas protegidas com vegetação natural e alta densidade de cobertura vegetal por se perceber variação, em menor proporção, no ponto Trilha da Velha cuja área é caracterizada por ter vegetação nativa e situar-se na parte central da floresta, o qual no inverno de 2013 apresentou BMS-C de 456,1 mg C kg⁻¹ solo e 939,7 mg C kg⁻¹ solo no verão de 2014. Outro valor destoante entre as estações do ano foi da amostra Águas Frias Leste, que pode ser explicado devido a grande diferença da umidade relativa do solo neste ponto (Figura 9), onde BMS-C foi maior no inverno 2013 com 489,8 mg C kg⁻¹ solo que no verão 2014, com 246,0 mg C kg⁻¹ solo. Moraes et al (2008), estimando os teores de BMS-C em áreas de floresta madura, plantio misto e pastagem abandonada em Várzea (V) e em Morrote (M), em Silva Jardim –RJ, ao final da estação chuvosa na camada superficial do solo, encontraram os valores 217,92 g C g⁻¹ (V) e 327,67 g C g⁻¹ (M) em floresta; 351,88 g C g⁻¹ (V) e 361,91 g C g⁻¹ (M) em plantio; e 288,53 g C g⁻¹ (V) e 411,17 g C g⁻¹ (M) em pastagem, sendo que o último apresentou variação significativa a 5% entre os locais. Souza (2010) em Alegre -ES, avaliando impacto de sistemas agroecológicos nas qualidades bioquímicas de Latossolo Vermelho Amarelo de Floresta Secundária Estacional Semidecidual Submontana, mensurou o BMS-C com valores de 0,35 g kg⁻¹ para mata e 0,12 g kg⁻¹ para pasto. Melloni et al (2001) encontrou carbono de biomassa microbiana 475,37 µg C g⁻¹ de solo seco em região de campo e em região de mata

380,55 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo seco, não observando diferença significativa entre ambos em período seco, com menor atividade microbiana, observando que Alcântara (1995 apud MELLONI *et al*, 2001) encontrou maiores valores em mata em época distinta. Melloni *et al* (2008) para BMS-C em áreas com eucalipto encontrou 64,30 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo seco, área de pastagem 64,30 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo seco, área de mata 116,15 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo seco e mata com araucária 58,07 $\mu\text{g C g}^{-1}$ de solo seco. Silva *et al* (2012) encontraram teor de BMS-C em Cambissolo com floresta secundária estágio avançado o valor de BMS-C 312 mg kg^{-1} de solo e 386 mg kg^{-1} de solo, floresta secundária estágio médio 417 mg kg^{-1} de solo e 402 mg kg^{-1} de solo, floresta secundária estágio inicial 195 mg kg^{-1} de solo e 395 mg kg^{-1} de solo, pasto 423 mg kg^{-1} de solo e 689 mg kg^{-1} de solo, agricultura anual 187 mg kg^{-1} de solo e 269 mg kg^{-1} de solo, e agricultura perene 133 mg kg^{-1} de solo e 207 mg kg^{-1} de solo, em época úmida e época seca, nesta ordem. Assim, para a ARIE Floresta da Cicuta, os valores no ponto Porteira da Fazenda no inverno de 2013 e no verão de 2014 apresentaram grande variação como visto em Silva *et al* (2012) para período seco e úmido, diferenciando-se de Moraes *et al* (2007) que justificou não coletar em dois períodos por não haver influência da sazonalidade para BMS-C. No ponto Trilha da Velha, o BMS-C obteve variação entre inverno de 2013 e verão de 2014 notando-se variação entre as estações do ano e entre áreas centrais da floresta e áreas de borda.

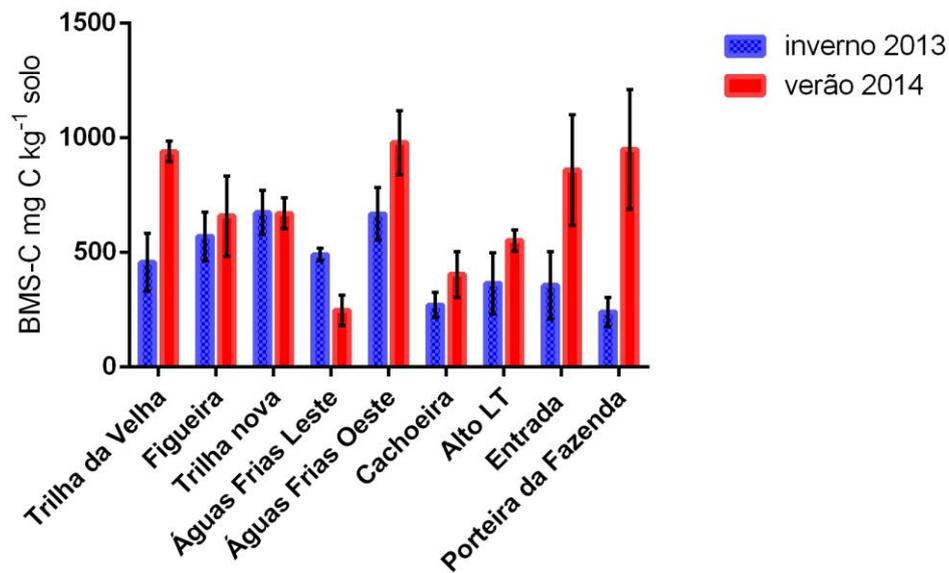


Figura 8: Carbono da Biomassa Microbiana (BMS-C) do solo da ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 e verão de 2014, com média e desvio-padrão.

O carbono da biomassa microbiana (BMS-C) obteve seus maiores teores no verão de 2014 comparado ao inverno de 2013 (Figura 8). Estas variações sazonais se devem a fatores ambientais tais como oscilação da temperatura (Tabela 5) e teor de umidade relativa do solo (Figura 9), que estimulam o desenvolvimento da população microbiana do solo. O maior valor para BMS-C no inverno de 2013 foi 667,4 mg C kg⁻¹ em Águas frias Oeste e 1040,1 mg C kg⁻¹ no ponto Porteira da Fazenda no verão de 2014. Os menores valores encontrados na ARIE Floresta da Cicuta para BMS-C foram no inverno de 2013 em Águas Frias Leste com 246,1 mg C kg⁻¹ e no verão de 2014 em Porteira da Fazenda, com 296,9 mg C kg⁻¹.

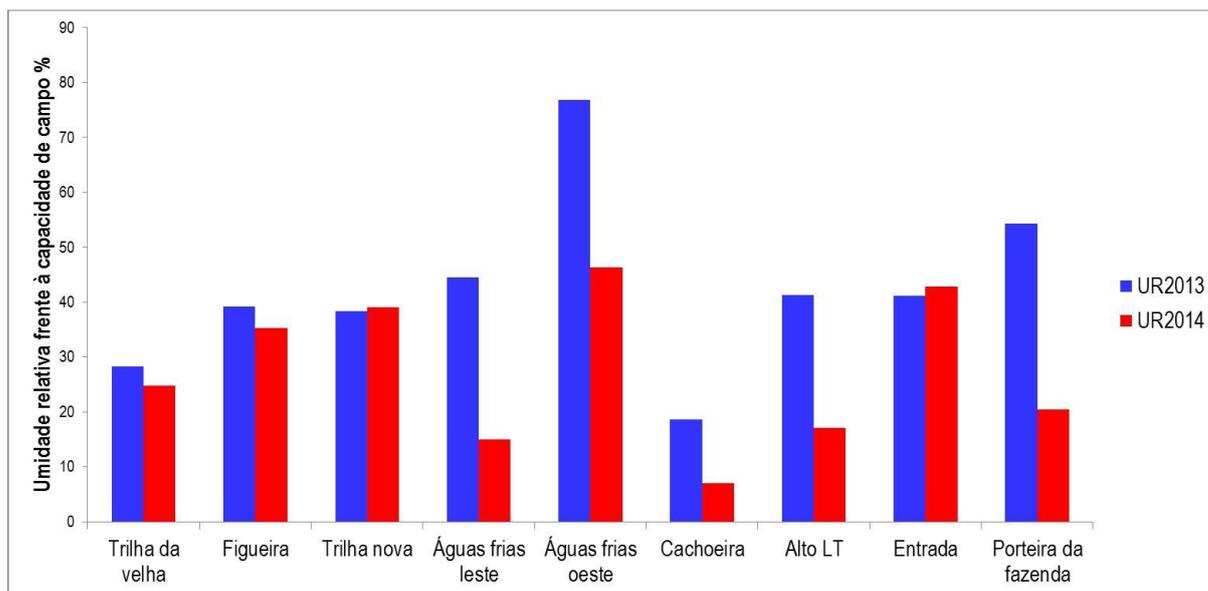


Figura 9: Umidade Relativa do Solo -UR na ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 (UR2013) e verão de 2014 (UR2014).

A respiração basal do solo- RBS é a “soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido”, nas quais as bactérias e os fungos liberam CO₂ degradando a matéria orgânica -MO (EMBRAPA, 2007, p.1). Esta variável está relacionada à umidade do solo, temperatura e aeração (EMBRAPA, 2007). O maior contraste de RBS notado na Figura 10 foi observado na amostra Águas Frias Oeste, com 0,68 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹ no inverno de 2013 e 1,76 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹ no verão de 2014, onde a proximidade com área de pastagem possa interferir nas atividades dos microrganismos (MELLONI et al, 2001; MELLONI et al, 2008; SILVA et al, 2012). Áreas de menor interferência antrópica como os pontos Trilha da Velha, Figueira, Trilha Nova, Águas Frias Leste e Cachoeira apresentaram os menores valores de RBS e menor variação entre as duas épocas de coleta, mostrando maior estabilidade do sistema em áreas mais internas da floresta. Observa-se que, em geral, a RBS da ARIE no verão 2014 foi maior do que no inverno de 2013, excetuando-se os pontos Trilha Nova e Águas Frias Leste, provavelmente devido aos maiores teores encontrados de carbono da biomassa microbiana (Figura 8) indicando assim maior atividade microbiana e também as

maiores temperaturas médias nesta época do ano o que favorece o aumento na taxa respiratória dos microrganismos. A RBS em pinus (*Pinus taeda*) e mata atlântica com araucária (*Araucaria angustifolia*) foram maiores, acima de 25 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo dia⁻¹, do que as em campo nativo e campo após queimada, menores que 20 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo dia⁻¹, segundo Baretta et al (2005), mostrando diferença da contribuição da floresta neste fator. Silva et al (2012) encontraram teor de RBS em Cambissolo com floresta secundária estágio avançado, floresta secundária estágio médio, floresta secundária estágio inicial, pasto, agricultura anual e agricultura perene, em época úmida: 2,30 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 3,12 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 2,23 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 2,72 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 0,76 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹ e 0,86 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹, notando que as áreas florestadas e com pasto obtiveram valores maiores do que as áreas com agriculturas. E, em época seca, 1,24 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 0,83 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 0,78 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 0,83 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹; 0,70 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹ e 0,52 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹, observando variações menores na época seca, exceto pela floresta em estágio avançado (SILVA et al, 2012), notando que os maiores valores foram nos fragmentos florestais e em pasto. Melloni et al (2001) encontraram para RBS em campo 12,76 mg CO₂ kg⁻¹ de solo dia⁻¹ e, para mata, 23,99 mg CO₂ kg⁻¹ de solo dia⁻¹, indicando maior atividade microbiana na mata. Os maiores valores de RBS da ARIE Floresta da Cicuta foram 0,68 mg CO₂ kg⁻¹ de solo h⁻¹ no inverno de 2013, e no verão de 2014 1,75 mg CO₂ kg⁻¹ de solo h⁻¹, ambos em Águas Frias Oeste, área de borda de floresta limítrofe com região de pasto, quanto o menor valor para RBS foi observado no ponto Cachoeira, com 0,32 mg CO₂ kg⁻¹ de solo h⁻¹ no inverno de 2013 e em Trilha da Velha o RBS foi 0,69 mg CO₂ kg⁻¹ de solo h⁻¹ no verão de 2014, relacionado pela ciclagem de nutrientes.

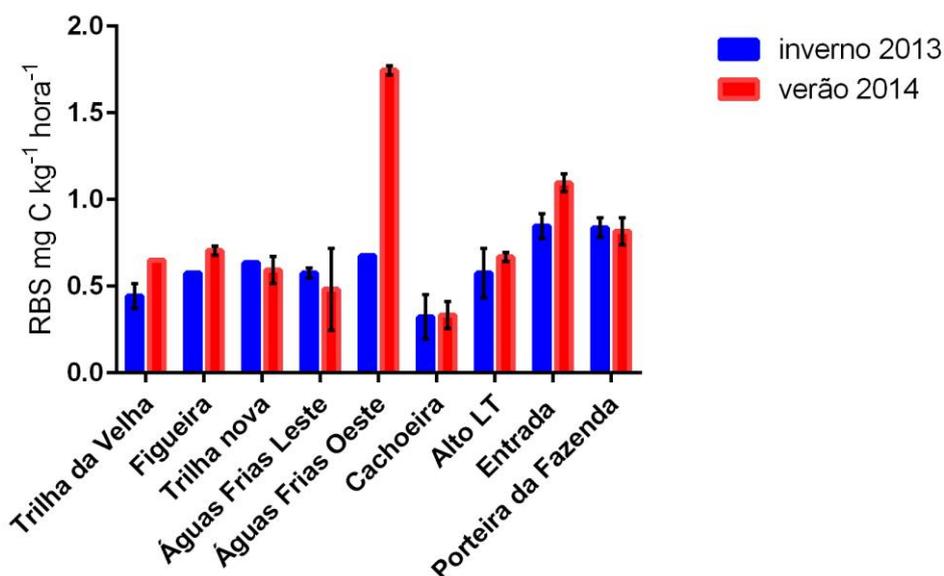


Figura 10: Respiração basal dos solos-RBS da ARIE Floresta da Cicuta, período inverno de 2013 e verão de 2014, onde cada valor corresponde a uma média de 3 repetições \pm desvio padrão.

O quociente metabólico ($q\text{-CO}_2$) é calculado pela razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana, ou seja, quanto maior o quociente metabólico, maior a respiração do solo quando comparado ao teor de carbono da biomassa, podendo indicar um sintoma de estresse dos microrganismos pelo aumento da respiração, evidenciando assim a importância da cobertura vegetal no interior da área de floresta para estabilizar o ambiente. As flutuações nesse parâmetro, comparando o período inverno de 2013 e verão de 2014, foram maiores no ponto Porteira da Fazenda quando comparado ao ponto Trilha da Velha, cujo maior valor $q\text{-CO}_2$ foi $0,97 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}^{-1}$ e o menor inclusive de toda a ARIE Floresta da Cicuta para $q\text{-CO}_2$ foi $0,69 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}^{-1}$ encontrado no verão de 2014, evidenciando mais uma vez a maior estabilidade do sistema em áreas internas da Floresta. Moraes et al (2007) em Silva Jardim-RJ, no sistema de floresta em várzea (V) e morrote (M) encontrou $0,01 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (V) e $0,05 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (M); de plantio, $0,03 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (V) e $0,14 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (M); e de pasto $0,12 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (V) e $0,09 \text{ C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ BMS-C h}$ (M). Os maiores valores indicam,

segundo o autor, menor estabilidade do sistema, podendo afirmar haver menor estabilidade na Porteira da Fazenda já que nesta o valor de $q\text{-CO}_2$ no inverno de 2013 foi 2,82 e no verão de 2013 o $q\text{-CO}_2$ foi 0,78. Na Figura 11, observa-se que o quociente metabólico $q\text{-CO}_2$ do solo dos pontos Águas Frias Leste e Águas Frias Oeste foram mais elevados, no verão de 2014 período seco, quando comparado ao solo da Trilha da Velha, que apresentou os menores valores em ambas as estações do ano. Silva et al (2012) encontraram teor que $q\text{CO}_2$ em Cambissolo com floresta secundária estágio avançado, floresta secundária estágio médio, floresta secundária estágio inicial, pasto, agricultura anual e agricultura perene, em época úmida: 7,42 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 8,0 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 14,52 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 6,59 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 5,13 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹ e 6,53 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹. E, na época seca, 3,25 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 2,16 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 1,97 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 1,23 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹; 2,41 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹ e 2,18 mg C-CO₂ mg CBM⁻¹ h⁻¹, observando diferença significativa entre as áreas na época seca e aumento de $q\text{-CO}_2$ da época seca para a época úmida. Já $q\text{-CO}_2$ na mata foi de 1,3 % e no pasto 3,9% indicando, “maior gasto de energia para realizar funções básicas do sistema” (SOUZA, 2010, p.22). Os maiores valores para $q\text{-CO}_2$ na ARIE Floresta da Cicuta, foram nos pontos Porteira da Fazenda com 2,82 mg C-CO₂ g⁻¹ BMS-C h⁻¹ no inverno de 2013 e Águas Frias Leste com 1,96 mg C-CO₂ g⁻¹ BMS-C h⁻¹ no verão de 2014. Já os menores valores foram encontrados no inverno de 2013 no ponto Cachoeira com $q\text{-CO}_2$ 0,97 mg C-CO₂ g⁻¹ BMS-C h⁻¹ e no ponto Trilha da Velha 0,69 mg C-CO₂ g⁻¹ BMS-C h⁻¹ no verão de 2014.

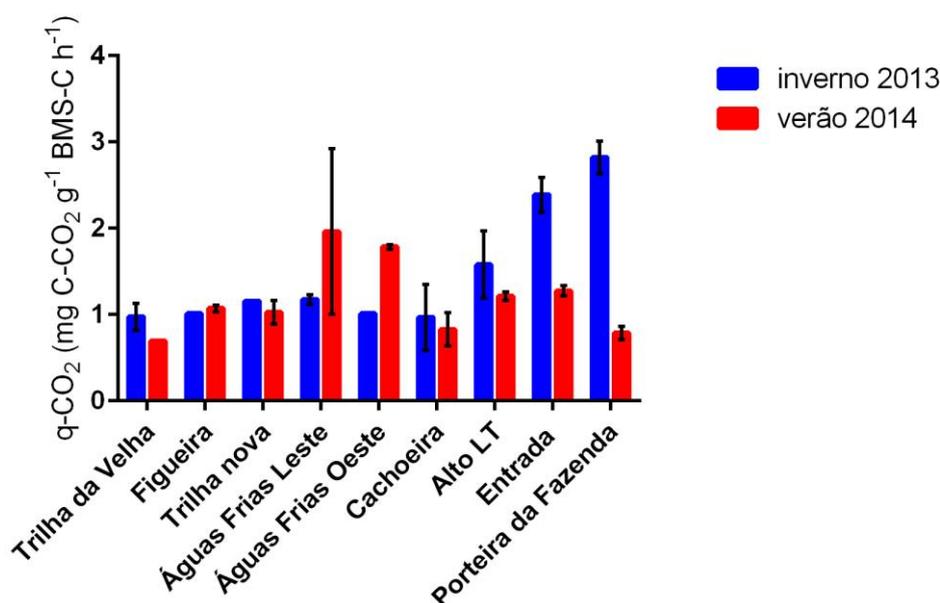


Figura 11: Quociente metabólico do solo- $q\text{-CO}_2$ da ARIE Floresta da Cicuta no inverno de 2013 e verão de 2014, com média e desvio-padrão, onde cada valor corresponde a uma média de 2 repetições \pm desvio padrão.

3.5 ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO MICROBIANA DOS SOLOS DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

Na ARIE Floresta da Cicuta, utilizando o teste de Tukey a 5% de significância entre os resultados encontrados para a Porteira da Fazenda e a Trilha da Velha (Tabela 11), foram observadas diferenças entre estações do ano. No inverno a Porteira da Fazenda obteve maior valor médio geral, e no verão, a Trilha da Velha obteve o maior valor de média geral. Estas diferenças foram notadas entre microrganismos, onde fungos (em meio de cultura *Sabouraud*) obtiveram maior valor geral na Trilha da Velha, e bactérias (em meio de cultura TSA) na Porteira da Fazenda. A análise estatística não apresentou correlação significativa entre temperatura e pH, porém estes foram considerados nas análises estatísticas a fim de auxiliar na comparação dos dados. Todas as populações microbianas analisadas, fungos e bactérias, variaram quantitativamente suas UFC de acordo com o pH do meio de cultura.

Tabela 11: Unidades Formadoras de Colônias de Bactérias e Fungos em solos da ARIE Floresta da Cicuta.

Amostra	Organismos*	Período	Temperatura		pH	UFC/g
PORTEIRA DA FAZENDA (a)	Fungos (a)	Verão	30°C	a	4,5	6,4x10 ⁵
				b	6,5	2,4x10 ⁶
				c	8,5	1,3x10 ⁶
		d	4,5	< 1/g		
		55°C	d	6,5	< 1/g	
			d	8,5	< 1/g	
	a		4,5	6,3x10 ⁴		
	Inverno	30°C	b	6,5	1,7x10 ⁶	
			c	8,5	2,6x10 ⁶	
			d	4,5	< 1/g	
		55°C	e	6,5	3,3x10 ²	
			f	8,5	8,3x10 ³	
			a	4,5	6,3x10 ⁴	
	Bactérias (b)	Verão	30°C	b	6,5	4,1x10 ⁶
				b	8,5	3,7x10 ⁶
				c	4,5	< 1/g
			55°C	c	6,5	3,3x10 ⁴
				c	8,5	< 1/g
a				4,5	9,6x10 ⁴	
Inverno		30°C	b	6,5	3,9x10 ⁶	
			c	8,5	5,1x10 ⁶	
			d	4,5	<1/g	
		55°C	d	6,5	1,3x10 ³	
			d	8,5	<1/g	
			a	4,5	3,5x10 ⁶	
Fungos (a)	Verão	30°C	b	6,5	4,8x10 ⁶	
			a	8,5	2,3x10 ⁶	
			d	4,5	<1/g	
		55°C	d	6,5	<1/g	
			d	8,5	<1/g	
			a	4,5	0,7x10 ⁵	
	Inverno	30°C	b	6,5	1,9x10 ⁶	
			a	8,5	1,6x10 ⁶	
			d	4,5	<1/g	
		55°C	d	6,5	3,3x10 ²	
			d	8,5	3,3x10 ²	
			a	4,5	4,4x10 ⁵	
Bactérias (b)	Verão	30°C	b	6,5	5,8x10 ⁶	
			c	8,5	3,2x10 ⁶	
			d	4,5	<1/g	
		55°C	d	6,5	6,0x10 ⁵	
			d	8,5	3,3x10 ²	
			a	4,5	6,3x10 ⁴	
	Inverno	30°C	b	6,5	9,5x10 ⁵	
			c	8,5	1,1x10 ⁶	
			d	4,5	<1/g	
		55°C	d	6,5	<1/g	
			d	8,5	1,3x10 ³	
			a	4,5	6,3x10 ⁴	

Coleta de verão em janeiro de 2014 e inverno em agosto de 2014. Plaqueamento em superfície.

*Acrescidos de 20g de ágar devido a diferença de pH. Incubação de 7 dias. Bactérias meio de cultura TSA e fungos meio de cultura Sabouraud.

Letras iguais correspondem igualdade estatística; e **letras diferentes** correspondem às diferenças, não considerando maior ou menor valor.

Comparando-se apenas os valores entre as diferentes amostras por período (verão/inverno) na Tabela 11, nota-se que o crescimento de bactérias termófilas (55°C) apresentou semelhança estatística entre Porteira da Fazenda e Trilha da Velha. Já o crescimento de bactérias mesófilas (30°C) apresentou variação, com maiores concentrações na Trilha de Velha. O crescimento de UFC para fungos e bactérias foi maior para acidófilas (pH 4,5) na Trilha da Velha e para alcalofílicas (pH 8,5) na Porteira da Fazenda. Para neutrófilas (pH 6,5) ambos os pontos de coleta foram consideradas iguais estatisticamente. O crescimento de bactérias foi maior estatisticamente em relação ao de fungos, no inverno e no verão.

Comparando as UFC de bactérias e fungos na ARIE Floresta da Cicuta, houve maior crescimento de bactérias no verão, assim como de fungos, divergindo parcialmente com Rodrigues et al (2011) que, analisando a variação da população bacteriana e de fungos em Latossolo e Terra Preta Arqueológica na Amazônia, concluíram que população bacteriana era predominante em Latossolo Amarelo, foi maior em época chuvosa, observando a importância do índice pluviométrico para o estudo. Com relação à temperatura para cada microrganismo, o crescimento de bactérias e fungos termófilos apresentou valores diferentes, bem menores dos encontrados nos mesófilos.

Para os dados de microrganismos encontrados na Tabela 11 na ARIE Floresta da Cicuta, as bactérias apresentaram diferentes valores de UFC entre locais, sendo que em área preservada no interior da floresta, na Trilha da Velha, não apresentou diferença em geral entre inverno e verão, diferença notada estatisticamente em bactérias coletadas em área de borda de floresta, com atividade de impacto ambiental, diferente do que foi observado em área com floresta densa natural, vista por Rodrigues et al (2011), cujo crescimento de bactérias foi maior no período com grande volume de água e em períodos de transição (seco/chuvoso),

sendo o crescimento também dependente da temperatura do ambiente, observando que o fluxo de calor é maior no período seco.

Comparando Porteira da Fazenda e na Trilha da Velha quanto ao total de UFC, este apresentou valores diferentes estatisticamente em pH 4,5 e em pH 8,5, e em ambos os locais de coleta os crescimentos de UFC foram similares em pH 6,5. Assim, na ARIE Floresta da Cicuta, foi observado que o local influencia quantitativamente na população de microrganismos acidófilos e alcalofílicos do solo. Agora, analisando o valor de pH dentro de cada local de coleta, os valores de Porteira da Fazenda foram iguais estatisticamente em pH 8,5 e 6,5, mostrando que dentro do próprio local apenas em pH 4,5 com o menor valor de crescimento se diferenciou dos demais pHs. Na Trilha da Velha o crescimento de UFC para acidófilas foi menor que os demais, e de alcalofílicas foi maior, então neste local no interior da floresta nenhum valor de pH apresentou número de UFC semelhante entre si.

O maior valor de crescimento encontrado na ARIE Floresta da Cicuta foi $5,8 \times 10^6$ UFC g^{-1} solo seco na Trilha da Velha, a $30^\circ C$ e pH 6,5. Este valor foi menor do que encontrado por Vieira & Nahas (2000a) em solo após cultivo de sorgo, que obtiveram como resposta de contagem diária 10 a $251,19 \times 10^7$ UFC g^{-1} solo seco, a $30^\circ C$, sendo o crescimento máximo de bactérias totais observadas pelos autores à temperatura de $30^\circ C$ após cinco dias, $39,82 \text{ UFC} \times 10^7 g^{-1}$ solo seco. Porém, os autores não especificaram se houve aporte de matéria orgânica antes do referido cultivo, o que pode interferir nos resultados descritos.

Lima et al (2014) na Estação Ecológica de Aiuaba, em fisionomia caatinga natural e carrasco no final do período chuvoso encontraram maior UFC para bactérias totais esporuladas a $30^\circ C$ nas amostras da caatinga natural, com $6,3 \times 10^5$ UFC g^{-1} em carrasco e $5,0 \times 10^6$ UFC g^{-1} . Para fungos filamentosos, a $25^\circ C$, foi encontrado valor $2,4 \times 10^4$ UFC g^{-1} na caatinga natural e $7,9 \times 10^4$ UFC g^{-1} para carrasco. Silva et al (2010) estudando colônias de

fungos e bactérias em solo de bactéria em solo de floresta tropical em relação às chuvas, encontraram valores maiores de fungos em períodos úmidos, $79,89 \times 10^2$ UFC g^{-1} solo e $124,78 \times 10^2$ UFC g^{-1} solo e, para bactérias, 101×10^4 e $91,1 \times 10^4$ UFC g^{-1} solo.

Na Tabela 11, demonstrada em letras minúsculas na coluna próxima ao pH, estão representadas as análises estatísticas relacionadas ao desdobramento de pH dentro de cada nível de local amostrado, estação do ano, e temperatura. Observa-se que na Porteira da Fazenda na estação inverno, bactérias mesófilas acidófilas mostraram menores valores, e neutrófilas apresentaram maior valor de média. Para as bactérias termófilas no inverno, todos os valores de pH foram iguais estatisticamente. Na Porteira da Fazenda, no inverno, fungos mesófilos acidófilos obtiveram menor crescimento, e os fungos alcalofílicos o número foi maior de crescimento de UFC. Fungos termófilos nos três valores de pH obtiveram crescimento estatisticamente iguais. Na Porteira da Fazenda, no verão, bactérias mesófilas acidófilas apresentaram menor crescimento e se diferenciaram das neutrófilas e alcalofílicas, que foram iguais estatisticamente. As bactérias termófilas no verão nos três pHs foram iguais. Na Porteira da Fazenda, no verão, fungos mesófilos acidófilos apresentaram menor valor de média, e neutrófilos os maiores resultados. Os fungos termófilos foram iguais estatisticamente nos três valores de pHs. Na Trilha da Velha, no inverno, bactérias mesófilas em pH 4,5 apresentaram o menor crescimento e em pH 8,5 o maior. Bactérias termófilas foram iguais estatisticamente nos três valores de pHs. Na Trilha da Velha, no inverno, fungos mesófilos acidófilos apresentaram o menor crescimento, se diferenciando dos neutrófilos e alcalofílicos, que foram iguais estatisticamente. O fungos termófilos nos três pHs foram iguais estatisticamente. Na Trilha da Velha, no verão, bactérias mesófilas acidófilas cresceram menos e mesófilas, mais. As bactérias termófilas, em nos três valores de pHs, obtiveram número de UFC iguais estatisticamente. Na Trilha da Velha, no verão, fungos mesófilos

acidófilos e alcalofílicos mostraram os menores resultados de UFC e foram iguais estatisticamente e, a 55°C, todos resultados foram iguais a 5% de significância.

Fraga et al (2012) no solo do Parque Natural Municipal Curió em Paracambi-RJ, comparando contagem de colônias de bactérias e fungos cultivadas a 32°C em áreas de maior grau de antropização, com ocorrência de espécies vegetais exóticas e com trilhas, em pH 5,2 e em área menos antropizadas, com acúmulo de serapilheira e espécies arbóreas da família Rubiaceae, Acanthaceae e Moraceae em pH 4,7, encontraram maior estabilidade quantitativa ao longo do tempo da microbiota da área menos impactada. A quantidade de UFC de bactérias variou de acordo com a temperatura, onde maior temperatura acompanhava crescimento de colônias, e o máximo encontrado foi de 84×10^7 UFC gota e para fungos 5×10^4 UFC gota na área menos impactada. Em área mais impactada, 89×10^7 UFC gota para bactérias e 9×10^4 UFC gota.

As populações de fungos observadas em Rodrigues et al (2011) quando estudaram variabilidade de população de microrganismos em diferentes períodos climáticos na Floresta Nacional de Caxiuanã, em Melgaço-PA, cresceram melhor em área natural nas épocas seca e chuvosa, situação que se inverte na época de transição entre estes períodos. Para crescimento bacteriano, em época chuvosa foi favorável para área natural e área com exclusão de água. Os autores citam que variação em profundidade é ínfima, tendo correlação maior com a temperatura. Estes perceberam que diminuindo o volume de água no solo, diminui-se a população de bactérias e aumenta as de fungos. Souto et al (2008 apud RODRIGUES et al, 2011) observaram diminuição da população de fungos na estiagem e eventos de precipitação fora de época favorecia os fungos. Rodrigues et al (2011) enunciaram que o fluxo de calor do solo é maior em período seco que em chuvoso e, com o calor, aumenta população de fungos e o aumento da pluviosidade estimula o desenvolvimento bacteriano. Na ARIE Floresta da Cicuta, no ponto Trilha da Velha, não foi observada diferença estatística, entre os períodos

verão e inverno, no crescimento de microrganismos devido provavelmente à atenuação dos efeitos das mudanças sazonais no solo pela floresta densa, onde o crescimento de bactérias foi maior se comparado ao ponto Porteira da Fazenda, em área de borda com estrada de chão com escória (e carvão de coque de indústria siderúrgica) e trânsito de veículos esporadicamente, corroborando com resultado de Rodrigues et al (2011).

Desdobrando o tipo de microrganismo em cada local e período de coleta, no ponto Porteira da Fazenda no inverno e no verão, a quantidade de UFC de bactérias foi maior que a de fungos; na Trilha da Velha no inverno e no verão a quantidade de UFC de fungos e de bactérias foram iguais estatisticamente entre si. Isto evidencia menor variação de umidade e temperatura dentro da floresta, onde a Trilha da Velha mais conservada a atividade microbiana manteve-se em equilíbrio, enquanto que na alteração ambiental observaram-se oscilações no desenvolvimento dos microrganismos, visto na diferença de bactérias para fungos na Porteira da Fazenda.

Souto et al (2008), em estudo de microrganismos com 10 dias de incubação a 28°C na RPPN Fazenda Tamanduá, em Santa Teresinha- PB de solo Neossolo Litólico e Luvisolo e pH 6,3, encontraram maior valor de fungos em todos os períodos amostrados, e foi observado estresse hídrico antes e após março e abril, meses estes que acompanhou pico de desenvolvimento de bactérias. Observaram aumento na população de fungos em época adversa, com baixa disponibilidade de água no solo e temperatura acima de 30°C.

Para ARIE Floresta da Cicuta, no período do inverno, ambos os locais, Porteira da Fazenda e Trilha da Velha, apresentam população de bactérias mesófilas acidófilas no inverno com mesmo valor de UFC estatisticamente. Para mesófilas neutrófilas coletadas no inverno, a Porteira da Fazenda apresentou maior valor de UFC do que a Trilha da Velha. E para bactérias mesófilas alcalofílicas coletadas no inverno, ocorre o inverso do encontrado nas

neutrófilas, a Trilha da Velha apresentou valor de UFC menor do que a Porteira da Fazenda. No inverno, bactérias termófilas acidófilas, neutrófilas e alcalofílicas mostraram-se iguais estatisticamente na Trilha da Velha e Porteira da Fazenda. No inverno, fungos mesófilos acidófilos e alcalofílicos na Trilha da Velha e Porteira da Fazenda apresentaram valores iguais de UFC estatisticamente. Já os fungos mesófilos alcalofílicos na Trilha da Velha apresentaram valor menor do que Porteira da Fazenda no inverno. No inverno, fungos termófilos acidófilos, neutrófilos e alcalofílicos mostraram-se iguais estatisticamente na Trilha da Velha e Porteira da Fazenda.

Na coleta realizada no verão na ARIE Floresta da Cicuta, bactérias mesófilas acidófilas na Trilha da Velha e na Porteira da Fazenda apresentaram resultados semelhantes estatisticamente. Bactérias mesófilas neutrófilas obtiveram no verão valor de UFC menores em Porteira da Fazenda do que na Trilha da Velha. Para as bactérias acidófilas ocorreu o contrário das neutrófilas, o valor na Trilha da Velha foi menor do que Porteira da Fazenda no verão. No verão, as bactérias termófilas acidófilas e alcalofílicas, extremos de pH, mostraram resultados estatisticamente iguais para Trilha da Velha e Porteira da Fazenda. Bactérias termófilas neutrófilas no verão apresentaram valores menores na Porteira da Fazenda e maiores na Trilha da Velha. No verão, os valores de UFC fungos mesófilos acidófilos na Trilha da Velha e Porteira da Fazenda foram iguais. Para fungos mesófilos neutrófilos e alcalofílicos, Trilha da Velha apresentou valor maior do que Porteira da Fazenda. No verão, fungos termófilos nos três valores de pH na Trilha da Velha e Porteira da Fazenda apresentaram valores iguais estatisticamente. Fernandez-Calviño & Bååth (2010) na Espanha em estudo sobre a influência da variação de pH no crescimento de microrganismos do solo, observaram que o aumento de temperatura acima do ótimo da colônia estudada diminui o crescimento das bactérias e induz a morte da atual população, permitindo substituição por uma nova comunidade adaptada àquela temperatura, e de forma semelhante ocorre com a

alteração de pH e diminuição da temperatura que apenas abranda o crescimento microbiano (incluindo os de baixa temperatura ótima de crescimento) resultando em uma baixa pressão de seleção de mudança ambiental. Bactérias possuem intervalo de tolerância de mudança de pH mais estreito (até três unidades de pH) do que o de fungos. Sendo o pH do solo mais estável, com longos períodos de pressão constantes no hemisfério Norte, resultou diferenças no crescimento microbiano do estudo de Fernandez-Calviño & Bååth (2010), em comunidades distintas, mesmo em pH ligeiramente diferentes. Assim, o observado na ARIE Floresta da Cicuta condiz com o dos autores Fernandez-Calviño & Bååth (2010), onde o melhor crescimento foi influenciado pelo pH e temperatura semelhantes aos dos solos dos pontos amostrados.

4. CONCLUSÕES

A ARIE Floresta da Cicuta apresentou heterogeneidade nas características de solo, variando de acordo com as estações do ano, distintas devido às mudanças climáticas observadas, e com as atividades antrópicas realizadas em suas proximidades.

Os maiores teores de macronutrientes e variações entre épocas do ano foram encontrados em áreas mais externas da floresta, de maior influência antrópica, apresentando assim uma menor estabilidade. Valores atípicos de fósforo e elevados valores de pH encontrados nas áreas mais externas podem estar relacionados à escória encontrada próxima aos pontos amostrados, divergindo do pH mais ácido comumente encontrado em área florestada.

Para os elementos traço, as maiores concentrações de Mn, Pb, Cu, Zn, Cd e Ni foram observadas nos solos dos pontos de maior influência antrópica, localizados na extremidade Oeste da ARIE Floresta da Cicuta. No entanto, nenhum dos valores esteve acima dos níveis de prevenção determinados pela Resolução CONAMA 420/2009. Os teores de Mn, Ni, Pb e Cu podem estar relacionados à deposição atmosférica de fontes poluidoras diversas, como proximidade de rodovias de grande movimentação e propagação de poluente em suspensão de indústrias locais. Estes elementos-traços também demonstraram valores diferenciados de acordo com as estações do ano.

Com relação à atividade microbiana dos solos estudados, os locais de vegetação preservada na parte interna da ARIE Floresta da Cicuta apresentaram uma maior estabilidade dos microrganismos com menores flutuações sazonais do verão para o inverno e menores valores de quociente metabólico. Porém, foi observado que a umidade relativa do solo esteve relacionada diretamente às flutuações observadas em BMS-C, RBS e q-CO₂, influenciando

tanto quanto ao estado de conservação ou exposição aos impactos ambientais negativos dos pontos de coleta.

Os valores de UFC variaram de acordo com meio de cultura a que foram submetidos, diferenciando valores de UFC de bactérias e de fungos, temperatura, pH e época de coleta. As amostras dos locais mais conservados, ponto Trilha da Velha, e em área mais aberta e em borda, ponto Porteira da Fazenda, mostraram diferenças entre si. O fator período de coleta, no inverno e no verão, afetou o crescimento dos microrganismos. Ambos os microrganismos apresentaram melhor crescimento de UFC nos valores de pH e temperatura semelhantes aos encontrados nos pontos de coleta.

Para estudos futuros, sugere-se a interação solo e água, a caracterização efeitos dos fatores citados na flora e na cadeia trófica, e identificação das espécies passíveis de bioacumulação dos metais.

Assim, para a ARIE Floresta da Cicuta, é importante definir ações de modo a diminuir os efeitos de borda de atividades que possam afetar a qualidade deste solo, como a fragmentação de habitat, e de toda a biota nela existente.

REFERÊNCIAS

5.1 OBRAS CITADAS

AGUIAR, C. D.. *Sobreposição entre políticas públicas: obras do PAC e unidades de conservação no corredor de biodiversidade da Serra do Mar*. Dissertação de mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2011. 103p.:il.

ALBERTACCI, D. A.; OLIVEIRA, G. D.; PIRES, G. F.; ALVES, L. S.; DI BIASE FILHO, M. C.; SOUZA, V. A. S.. *Análise da acidez da chuva em alguns pontos dos campi do UGB*. Professores orientadores: Prof^a Dra. Altagratia Chiesse e Prof. Lucas Peres Guimarães. Powerpoint disponibilizado por David Albertacci em 19 de Outubro de 2013. Disponível em: <https://prezi.com/msddntuxjeu9/analise-da-acidez-da-chuva/> Acesso em: 01/01/15.

AL-KHASHMAN, O.A.; SHAWABKEH, R. A.. *Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan*. Environmental Pollution.140. 2006, p. 387-394. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749105004069> Acesso em: 30/8/13.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P.. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Elsevier Ltd.,1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780125138406> Acesso em: 17/08/13

ALVES, T. dos S.; CAMPOS, L. L.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F.. *Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos*. Acta Scientiarum. Agronomy Maringá, 2011. v. 33, n. 2, p. 341-347. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/download/4841/4841> Acesso em: 15/6/13

ALVEZ, A.L.; ZAU, A..S. *A importância da Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta (RJ) na conservação do bugio-ruivo (Alouatta guariba clamitans Cabrera, 1940)*. Revista Universidade Rural, Série Ciência Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 25, n. 1, Jan-Jun 2005, p.41-48. Disponível em: <http://www.editora.ufrjr.br/rcv2/vida25-1/41-48.pdf> Acesso em: 20/09/2012.

ALVES, S. L.; ZAU, A. S.. *Aspectos ecológicos de Alouatta guariba clamitans Cabrera, 1940 na Área de Relevante Interesse Ecológico Floresta da Cicuta, Rio de Janeiro, Brasil*. Neotropical Primates 14(3), December 2007.p. 127-130.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA; C. de. *Solubilidade de elementos traço em solo tratado com resíduo siderúrgico*. R. bras. Ci. Solo, Campinas, n. 21, 1997, p. 9 -16. Disponível em: <http://www.malavolta.com.br/pdf/455.pdf> Acesso em: 24/08/13.

ANTONIOLLI, Z.I.; SANTOS, L.C. dos; LUPATINI, M.; LEAL, L.T.; SCHIMER, G. K.; REDIN, M.. *Efeito do cobre na população e bactérias e fungos do solo na associação micorrízica e no cultivo de mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden, Pinus elliottii Engelm E Peltophorum dubium(Sprengel) Taubert.* Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 3, jul.-set.2008, p. 419-428. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/2057> Acesso em: 20/8/13.

ANTT. *1º inventário nacional de emissões atmosféricas do transporte ferroviário de cargas: relatório final.* Superintendência de Estudos e Pesquisas da Agência Nacional de Transportes Terrestres. Núcleo de Meio Ambiente. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/5630/Informacoes_Tecnicas.html Acesso em: 20/7/13.

ANTT. *Relatório de Exploração de Infraestrutura Rodoviária 2012.*/ Agência Nacional de Transportes Terrestres, ano 11, n.º 01: ANTT, 2012. 426 p.: il. http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4983/Relatorios_Anuais___Rodovias_Federai_s_Concedidas.html Acesso em: 31/08/13.

ARAÚJO, E.A. de; KER, J.C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J.L.. *Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação.* Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.1, 2012, p.187-206. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/PAeT.V5.N1.12/1686> cesso em: 17/08/13

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R.T. R.. *Indicadores biológicos de qualidade do solo.* Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 3, July./Sept. 2007, p. 66-75. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/download/6684/4403> Acesso em: 17/08/13.

ARAÚJO, A. L. L.; FERNANDES, E. A. N.; FRANÇA, E. J.; BACCHI, M. A.. *Status of chemical elements in Atlantic Forest tree species near an industrial complex.* Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 278, No.2 (2008) 429–433.

ARAÚJO, A. L.L; FERNANDES, E. A. N.; BACCHI, M.A.; FRANÇA, E. J. *Variabilidade química em solos como indicativo de impacto ambiental na Mata Atlântica..* VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM 2009. Universidade Federal de São Carlos-SP. 5 a 8 de outubro de 2009. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-196.pdf> Acesso em: 31/12/14.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F. and GUERRA, A.. *Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental.* Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2004, vol.28, n.2, pp. 307-315. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20213.pdf> Acesso em: 12/07/14.

ASHMORE, M.; EMBERSON, L.; MURRAY, F. (ed.). *Air pollution impacts on crops and forests* . Library of Congress Cataloging in Publication Data. p. cm. — Air pollution reviews ; vol. 4, London, 2003.

ÅKERBLOM, S. 2006. *Anthropogenic Heavy Metals in Organic Forest Soils – Distribution, Microbial Risk Assessment and Hg Mobility*. Doctoral dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences.

BAIRD, C.; CANN, M.. *Química Ambiental*. Tradução: Marco Tadeu Grassi et. al. Porto Alegre: Bookman, 2011. 4ª edição. 844p.

BARETTA, D. ; SANTOS, J. C. P.; RIBEIRO, S.; KLAUBERG-FILHO, O.. *Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no planalto sul catarinense*. R. Bras. Ci. Solo, 29:715-724, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n5/27883.pdf> Acesso em: 24/12/14.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.dos S.; FREIRE, F.J.. *Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia*. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/66/73> Acesso em: 23/12/14.

BARROS, Y. J.. *Indicadores biológicos de qualidade de solos de área de mineração e processamento de chumbo, no município de Adrianópolis (PR)*. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências do Solo do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental – Linha de pesquisa: Poluição do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/2008_08_29_barros.pdf. Acesso em: 20/7/13.

BARROS, Y.J.; MELO, V.de F.; DIONISIO, J.A.; OLIVEIRA, E. B. de; CARON, L.; KUMMER, L.; AZEVEDO, J. C. R. de; SOUZA, L. C. de P.. *Indicadores de qualidade de solos em área de mineração e metalurgia de chumbo: I- microrganismos*. R. Bras. Ci. Solo, n. 34, 2010,p.1397-1411. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/36.pdf> Acesso em: 20/7/13.

BARROTI G.; NAHAS, E.. *População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo*. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.35, n.10, out. 2000, p.2043-2050. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n10/35n10a16.pdf> Acesso em: 10/08/2013.

BARTON, J. R.. ‘Aço verde’ : the brazilian steel industry and environmental performance. School of Development Studies University of East Anglia, Norwich UK. Prepared for delivery at the 1998 meeting of the Latin American Studies Association, The Palmer House Hilton Hotel, Chicago, Illinois, September, 1998,p.24-26. Disponível em: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/lasa98/Barton.pdf> Acesso em: 20/7/13.

BENITES, V.M; MADARI, B.; MACHADO, P.L. O. de A.. *Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo*. Comunicado Técnico 16. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.1ª edição. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/337076> Acesso em: 15/6/13.

BENSUSAN, N.. *Conservação da biodiversidade em áreas protegidas*. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R.. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. 3° Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p..

BRASIL. Decreto nº 90.792, de janeiro de 1985. *Dispõe sobre a declaração de área de relevante interesse ecológico, no Município de Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências*. Brasília, 09 de janeiro de 1985.

BRITO, L. T. de L.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L. C. . *Elementos traço nos solos e nos sedimentos depositados nas fontes hídricas da bacia hidrográfica do rio salitre*. XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 02 a 06 de Agosto de 2004 - São Pedro – SP. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/29609/1/OPB286.pdf> Acesso em: 20/7/13.

BROOKES, P.C.. *The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals*. Biol Fertil Soils (1995) 19:269-279. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00336094#page-1> Acesso em: 7/7/13.

CALIMAN, J. P.. *Fertilidade do solo em uma floresta estacional semidecidual submontana no sul do espírito santo*. Monografia apresentada ao Departamento de engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal. 2011.

CENCIANI, K.; FREITAS, S. dos S.; CRITTER, S. A. M.; AIROLDI, C.. *Microbial enzymatic activity and thermal effect in a tropical soil treated with organic materials*. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.65, n.6, p.674-680, November/ December 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v65n6/16.pdf>. Acesso em: 14/08/14.

CHAVES, J.A. T.. *Prevenção e controle da poluição do ar no processo siderúrgico de fabricação e tratamento de aço na usina Presidente Vargas*. Monografia apresentada à Universidade Cândido Mendes Instituto a Vez do Mestre, como requisito parcial pra a conclusão do curso de pós-graduação Lato Sensu em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K215416.pdf Acesso em: 24/08/2013.

CHAVES, L.H.G.; FARIAS, C. H. de A.. *Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo*. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.21, n.5 (Número Especial), p.75-82, dezembro de 2008.

COSTA, E. T. C.. *Triângulo textural*. Aplicativo para celulares com tecnologia Android capaz de classificar texturalmente solos em três diferentes sistemas: Embrapa simplificado (Brasil), USDA (USA) e ADAS (Reino Unido) 20 de junho de 2012. Professor Adjunto II da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí. Coordenador do curso de Matemática do CAJ/UFG 2012-2013. Disponível em:

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agro.textura&hl=pt_BR Acesso em: 16/12/2013.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.; ALVES, M.; RODRIGUES, B. J.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P.. *Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica*. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.2, p.195-203, fev. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n2/v45n2a11.pdf>. Acesso em: 12/12/14.

CANOSA, G. A.; FARIA, S. M. de; MORAES, L.F. D. de. *Leguminosas florestais da Mata Atlântica brasileira fixadoras de nitrogênio atmosférico*. Comunicado técnico 144. Embrapa: Dezembro, 2012 Seropédica, RJ Dezembro, 2012.

CONAMA. Resolução nº 005, de 5 de junho de 1984. *Implantação de Áreas de Relevante Interesse Ecológico*. Publicado no Boletim de Serviço nº 921, de 20/7/84, do Ministério do Interior.

CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. *Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas*. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620> Acesso em: 25/07/2014.

CONAMA. Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. *Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641> Acesso em: 25/7/2012.

CONCEIÇÃO, B. P. S.. *Métodos para avaliação da qualidade do solo em ambiente tropical*. Orientador: Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2008. Disponível em: http://www.ufrb.edu.br/neas/documentos/doc_download/76-bruna-patricia-sobral-conceicao. Acesso em: 17/08/13.

CSN. *Dados de temperatura e precipitação da estação Recreio 1*. Planilha Microsoft Excel versão 97-2003. Companhia Siderúrgica Nacional -UPV1: Volta Redonda –RJ. 2014. Via e-mail.

COSTA, L. M.. *Conservação de morcegos no estado do Rio de Janeiro: como e onde já foram amostrados e que locais merecem atenção*. 2014. 127 f. : il. Orientador: Carlos Eduardo Lustosa Esbérard. Co-orientadora: Helena de Godoy Bergallo. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

COUTINHO, F. S.. *Atributos edáficos e qualidade do solo em áreas de agricultura, pastagem e fragmentos florestais na região do médio vale do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro -2012*. Orientador: Marcos Gervásio Pereira. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia- Ciência do Solo.

DAI, J.; BECQUER, T.; ROUILLER, J. H.; REVERSAT, G.; BERNHARD-REVERSAT, F.; LAVELLE, P.. *Influence of heavy metals on C and N mineralisation and microbial biomass in Zn-, Pb-, Cu-, and Cd-contaminated soils*. *Applied Soil Ecology*. 25, 2004, p. 99–109. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139303001355> Acesso em: 10/7/13.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.. *Biomassa microbiana: perspectivas para o uso e manejo do solo*. Pag.551-563. In: *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Ed. ALVAREZ, Victor Hugo; FONTES, Luiz Eduardo F.; FONTES, Maurício Paulo F.. Viçosa –MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. 930p. : il.

DOMINGOS, M.; LOPES, M. I. M. S.; VUONO, Y. S.. *Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil*. *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, V.23, n.1, mar. 2000, p.77-85. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042000000100009. Acesso em: 20/7/13.

DORAN; PARKER. *Defining Soil Quality for a Sustainable environment*. SSSA Special Publicationn. 35, 1994. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/tocs/sssaspecialpubl/definingsoilqua>. Acesso em: 17/08/13

EMBRAPA. SILVA, E. E.; AZEVEDO, P.H.S. de; DE-POLLI, H.. *Determinação da respiração basal do solo (RBS) e do quociente de metabólico do solo (qCO2)*. Comunicado técnico 99 EMBRAPA. Seropédica-RJ Centro Nacional de Pesquisa de Solos, agosto de 2007. Disponível em: Acesso em: 18/05/2013

EMBRAPA. SANTOS, H. G. dos. [et al.]. *Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, RJ). - Brasília : EMBRAPA-SPI, 1995. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81913/1/PROCEDIMENTOS-NORMATIVOS-MANUAL.pdf> Acesso em: 08/08/14.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il.. EMBRAPA-CNPS. Documentos ; Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf. Acesso em: 18/05/2013.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 09/08/14.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos Rio de Janeiro, 1999. 412 pp. e publicado pelo IBGE. Escala 1:5.000.000. Formato *shapefile*. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/amb_data/Shapefiles/soloEmbrapa.zip Acesso em: 09/06/13.

FADIGAS, F. de S.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H. C. dos; FREIXO, A. A.. *Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.10, n.3, p.699–705, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. Protocolo 149.04 – 07/10/2004. Aprovado em 02/01/2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a24> Acesso em: 24/07/14.

FAGUERIA, N. K.; ARAUJO, A. P.; STONE, L.F.. *XI-Mudanças químicas na rizosfera*. Pag.161-186. In: MELO, V. de F.; ALLEONI, L.R. F.(ed.). *Química e mineralogia do solo: parte ii-aplicações*. Viçosa-MG: SBCS, 2009.

FARIA; M.J.B.. *Florística e estrutura de um trecho da borda de um fragmento de mata atlântica no médio vale do Rio Paraíba do Sul, nos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa-RJ*. Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Magister Scientiae em Ciências Ambientais e Florestais, Área de concentração “Conservação da Natureza” na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. UFRRJ: Seropédica, RJ, Julho de 2005.

FARIA, M. J.B.; ZAÚ, A.S.; SOUZA, G. R. de; PEIXOTO, A. L.; SILVA, S. P.; ALVES, S. L.. *Efeitos de borda na ARIE da Floresta da Cicuta, um fragmento de floresta atlântica do Município de Volta Redonda/RJ*. Anais da XI Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ. v. 11, n. 2, p. 107-112, 2001. Disponível em: http://www.ufrj.br/posgrad/pdfs-c/J460-C.pdf&gws_rd=cr&ei=aj25VNHpN9DisASsoYJQ Acesso em: 13/07/2013.

FERNANDEZ-CALVIÑO, D.; BÅÅTH, E.. *Growth response of the bacterial community to pH in soils differing in pH*. FEMS Microbiol. Ecol. 73 (2010) 149–156. Disponível em: <http://femsec.oxfordjournals.org/content/femsec/73/1/149.full.pdf> . Acesso em: 007/02/15.

FERREIRA, D. F. . *Sisvar: a computer statistical analysis system*. Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRAGA, M. E.; BRAZ, D.M.; ROCHA, J. F.; PEREIRA, M.G.; FIGUEIREDO, D. V.. *Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica*. Acta Botanica Brasilica 26(4): 857-865. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v26n4/15.pdf>. Acesso em: 2/01/15.

FORNARO, A.. *Águas de chuva: conceitos e breve histórico- Há chuva ácida no Brasil?* . Revista USP, São Paulo, n.70, p. 78-87, junho/agosto 2006.

GIODA, A.; SALESC, J. A.; CAVALCANTI, P. M. S.; MAIA, M. F.; MAIA, L. F. P. G.; NETO, F. R. A.. *Evaluation of Air Quality in Volta Redonda, the Main Metallurgical Industrial City in Brazil*. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 15, No. 6, 2004, p. 856-864. Disponível em: <http://www.jbcs.s bq.org.br/imagebank/pdf/v15n6a12.pdf> Acesso em: 24/08/13.

GONZAGA, M.O.; VASCONCELLOS-NETO, J.. *Variation in the Stabilimenta of Cyclosa fililineata Hingston, 1932, and Cyclosa morretes Levi, 1999 (Araneae: Araneidae), in Southeastern Brazil*. Hindawi Publishing Corporation. Psyche. Volume 2012, Article ID 396594, 10 pages. Received 5 April 2012; Accepted 10 May 2012.

GOOGLE. *Google Earth 7.1.2.2041*. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 10/07/2013.

GRAPHPAD. *GraphPad Prism 6 for windows*. Version 6.05 trial. GraphPad Software Inc. 1992-2015. Disponível em: <http://www.graphpad.com/demos/> Acesso em: 13/12/14.

GUNAWARDENA, J.; EGODAWATTA, P.; AYOKO, G.A .; GOONETILLEKE, A.. Atmospheric deposition as a source of heavy metals in urban stormwater. *Atmospheric Environment* 68 (2013) p. 235-242.

HERRICK, J.E.. *Soil quality: an indicator of sustainable land management?* *Applied Soil Ecology* n. 15, 2000, p. 75 - 83. Disponível em: <http://elmu.umm.ac.id/file.php/1/jurnal/A/Applied%20Soil%20Ecology/Vol15.Issue1.Agust2000/443.pdf> Acesso em: 13/07/14.

IBGE. *Nota técnica do mapa de biomas do Brasil*. IBGE, 2004.

IBGE - EMBRAPA - *Mapa de Solos do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2001 - Escala 1:5.000.000.

IBGE. *Manuais técnicos em geociências n° 4: manual técnico de pedologia*. IBGE: 2007. 2ª edição. Rio de Janeiro. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_pedologia.pdf. Acesso em: 06/03/14.

IBGE. *Relatório piloto com aplicação da metodologia IPPS ao Estado do Rio de Janeiro: uma estimativa do potencial de poluição industrial do ar / José Luiz Sor ...[et al]*. ---Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2008. --- (Textos para discussão. Diretoria de Geociências, n.2. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/industrial_pollution_projection_system/ipps_rj.pdf Acesso em: 03/06/13

IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico; inventário das formações florestais e campestres; técnicas e manejo de coleções botânicas; procedimentos para mapeamentos*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE / Diretoria de Geociências/ Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências. número 1. Rio de Janeiro, 2012.

IBGE. *Cidades*, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/uf.php?coduf=33&search=rio-de-janeiro> Acesso em: 24/08/13

ICMBio. *ARIE Floresta da Cicuta*. MMA: Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2161> Acesso em: 25/07/12

INEA. *Cadastro das empresas que possuem licença ambiental concedida pelo INEA*. Disponível em: <http://200.20.53.7/IneaPortal/LicencasConcedidas.aspx?ID=B487E1E4-10EC-47DA-AD63-3576F472859B> acesso em: 20/08/13.

INEA. *Relatório anual de qualidade do ar - 2009*. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/downloads/relatorios/qualidade_ar_2009.pdf Acesso em: 24/07/13

INMET. *Boletim agrometeorológico mensal de julho - 2013*. Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Pesquisa – CDP. número 07 volume 47 ano 2013. julho. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201307.pdf

INMET. *Boletim agrometeorológico mensal de janeiro - 2014*. Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Pesquisa – CDP. Número 01 volume 48 ano 2014, janeiro. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201401.pdf

ISO 11466 International Standard: *Soil quality– Extraction of trace elements soluble in aqua regia*. 1995,p. 03–01.

KHAN, S; HESHAM, Ael-L; QIAO, M; REHMAN, S; HE, J.Z.. *Effects of Cd and Pb on soil microbial community structure and activities*. EnvironSciPollut Res Int. n. 17 vol. 2, fevereiro de 2010, p.288-96. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19333640> Acesso em: 28/08/2013.

KANDELER, E.; KAMPICHLER, C.; HORAK, O.. *Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities*. Biol Fertil Soils, n. 23, 1996, p.299-306. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00335958#page-1> Acesso em: 10/7/13.

KARLEN, D.L.; ANDREWS, S.S.; WIENHOLD, B.J.; ZOBECK, T.M.. *Soil quality assessment: past, present and future*. Electronic Journal of Integrative Biosciences 6 vol. 1, p. 3-14. *Special Issue: Soil Quality for a Sustainable Environment* (V.S. Green and K.R. Brye, co-editors) Arkansas State University, 29 de dezembro de 2008. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/228350672_Soil_Quality_Assessment_Past_Present_and_Future/file/9fcfd50c1f806eead8.pdfAcesso em: 20/7/13.

KLUMPP, A.; KLUMPP, G.; DOMINGOS, M.. *Plants as bioindicators of air pollution at the serra do mar near the industrial complex of Cubatão, Brazil*. Environmental Pollution 85 (1994) 109-116.

KLUMPP, A.; DOMINGOS, M.; MORAES, R. M. de; KLUMPP, G.. *Effects of complex air pollution on tree species of the atlantic rain forest near Cubatão, Brazil*. Chemosphere, Vol. 36, n° 4-5 pp. 998-994, Elsevier, Science, 1998.

KLUMPP, G.; FURLAN, C.M.; DOMINGOS, M.; KLUMPP, A.. *Response of stress indicators and growth parameters of Tibouchina pulchra Cogn. exposed to air and soil pollution near the industrial complex of Cubatão, Brazil*. The Science of the Total Environment 246 (2000) 79-91.

KER, J.C... [et al](ed.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG:SBCS, 2012. 343p.

KRISHNA, A. K., GOVI, P. K..*Soil contamination due to heavy metals from an industrial area of Surat, Gujarat, Western India*. Environ. Monit. Assess., n. 124, 2007, p.263–275. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-006-9224-7>. Acesso em: 18/05/2013.

KHODEIR, M. ; SHAMY, M.; ALGHAMDI, M.; ZHONG, M.; SUN, H.; COSTA, M.; CHEN, L.-C.; MACIEJCZYK, P.. *Source apportionment and elemental composition of PM2.5 and PM10 in Jeddah City, Saudi Arabia*. Atmospheric Pollution Research n. 3, 2012, p. 331-340. Disponível em: <http://www.atmospolres.com/articles/Volume3/issue3/APR-12-037.pdf> Acesso em: 12/7/13.

LAL, R. 2004. *Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security*. Science n.304, 2004. Disponível em: <http://globalchangebiology.wikispaces.com/file/view/Lal+2004.pdf>. Acesso em: 10/08/13.

LIMA, J.V. L.; PINHEIRO, M. de S.; FIÚZA, L. M. C. G.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C.M.. *Populações microbianas cultiváveis do solo e serrapilheira de uma unidade de conservação no semiárido brasileiro*. Enciclopédia biosfera. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/populacoes.pdf>. Acesso em: 01/01/15.

LUO, X.; YU, S.; ZHU, Y.; LI, X..*Trace metal contamination in urban soils of China*. Science of the Total Environment n. 421–422, 2012, p. 17–30. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969711003779> Acesso em: 20/7/13.

MACHADO, D. L.. *Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro*. Orientador: Marcos Gervasio Pereira. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. – 2011. 103 f. : il. Disponível em :http://r1.ufrjr.br/wp/ppgcaf/wp-content/uploads/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_FINAL_DEIVIDLOPESMACHADO%201.pdf . Acesso em: 10/08/13.

MATTOS, A. G.de; LIMA, E. S. A.; PAIVA, F. S. D. de; MAGALHÃES, M. O.L.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do. *Teores naturais de Cu, Ni, Pb e Zn em solos da Região do Médio Paraíba – RJ*. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis-SC:2013. Disponível em: http://www.cbcs2013.com.br/anais/index_int.php?id_trabalho=825&ano=&ev=#menuanais . Acesso em: 25/07/2014.

MADEIROS, L.B.; BARBOSA SILVA, L.P.; MELO, J.A. C. de; ROLIM, A.C.. *Aplicação de escória siderúrgica no solo: efeito sobre o fósforo solúvel*. Resumo.: Centro de Convenções de Maceió V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Disponível em: <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNAPI2010/paper/viewFile/45/17> Acesso em: 20/11/14.

MAZZONI-VIVEIROS, S.C.; TRUFEM, S. F.B.. *Efeitos da poluição aérea e edáfica no sistema radicular de Tibouchina pulchra Cogn. (Melastomataceae) em área de Mata Atlântica: associações micorrízicas e morfologia.*. Revista Brasil. Bot., V.27, n.2, p.337-348, abr.-jun. 2004

MIRANDA, J.; COSTA, L. M. da; RUIZ, H. A.; EINLOFT, R.. *Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água*. R. Bras. Ci. Solo, 30: 633-647, 2006. Disponível em: Acesso em: 13/07/2013.

MIRANDA, T. A. M.; SANTANNA, A. da S.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F.S.. *Aspectos estruturais do ambiente e seus efeitos nas assembléias de formigas em ambientes de floresta e bosque*. Cadernos Unifoa. Ed. N° 21. Abril/2013. P. 63-72. Recebido em 03/2013. Aprovado em 04/2013.

MELLONI, R.; PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I.C.B.; SANTOS, D. R. dos; MOREIRA, F. M.S.; SIQUEIRA, José O.. *Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de minas gerais*. Ciênc. agrotec., Lavras, v.25, n.1, p.7-13, jan./fev., 2001.

MENEZES, C. E. G.. *Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no médio vale do Paraíba do Sul, Pinheiral –RJ*. Orientador: Marcos Gervasio Pereira. Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de doutor em ciências em agronomia no curso de pós-graduação em agronomia, área de concentração em ciência do solo. Seropédica –RJ. Junho de 2008. Disponível em: http://www.btdt.ufrjr.br/tde_arquivos/1/TDE-2009-10-14T152757Z-792/Publico/Carlos%20Eduardo%20gabriel%20Menezes1.pdf Acesso em: 10/08/13.

MONSORES, D. W. [et al]. *Relato da situação ambiental com vistas à preservação da ARIE Floresta da Cicuta*. Volta Redonda, 1982. 3 v.

MORAES, L.F. D. de; CAMPELLO, E.do F.de C.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.. *Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ*. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 18, n. 2, abr.-jun, 2008, p. 193-206. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/457/354> Acesso em: 17/08/2013.

MORAES, L.F.D. de; CAMPELO, E.F. C.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.. *Biomassa microbiana em áreas em processo de restauração na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ*. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.20, n.1, p.54-63, janeiro/março 2007. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/46/91> . Acesso em: 17/08/13.

MOREIRA, F.M.de S.; SIQUEIRA, J.O.. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2ª edição atual e ampliada. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MOURA, M.C.S. de; LOPES, A. N. C.; MOITA, G.C.; MOITA NETO, J. M.. *Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina*. Quim. Nova, Vol. 29, No. 3, 429-435, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n3/29266.pdf> acesso em: 31/12/14.

MPF-VR. *Ofício MPF/PRM/VR/GAB/RCL n.º 263/2009*. Ref.: Procedimentos administrativos n.º 1.30.000.000107/2002-14 e 1.30.010.000007/2007-01. Ministério Público Federal. Procuradoria da República no município de Volta Redonda. Volta Redonda, 11 de março de 2009.

NETO, A.E.F.; VALE, F.R. do; RESENDE, A.V. de; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. de A.. *Fertilidade do solo*. UFLA:FAEPE, 2001.

NOBILE ,F. O. de; GALBIATTI, J. A.; MURAIISHI, R.; RIBEIRO, A. G.; FREDDI, O. da S.. *Quantificação de macronutrientes no solo e em folhas de cana-deaçúcar em função de doses de resíduo da mineração de bauxita*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.168-178, jan./fev. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a18v30n1.pdf>. Acesso em:

OHTONEN, R.; LÄHDESMÄKI, P.; MARKKOLA, A. M.. *Cellulase activity in forest humus along na industrial pollution gradient in Oulu, northern Finland*. Soil Bid. Biochem.CopyrightVol. 026,1994No. Elsevier1, pp. 97-101, Science1994.

OLIVEIRA, R. R. de; SILVEIRA, C.L. P. da; MAGALHÃES, A. C.; PENNA FIRME, R.. *Ciclagem de metais pesados na serapilheira de uma floresta urbana no Rio de Janeiro* . Floresta e Ambiente. V.12, n.1, p. 50 - 56, 2005.

OSAKI, F.; PÉLLICO NETO, S.. *Flutuação da população de fungos sob floresta ombrófila mista e em povoamento de Pinus taeda*. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 795 - 808, out./dez. 2012.

PEPPER, I.L.; GERBA C.P.. *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. Second edition: 2004. Disponível em: http://site.iugaza.edu.ps/tbashiti/files/2010/02/Environmental_Microbiology.pdf Acesso em: 17/08/13.

PEREIRA, G.S.; FILHO, H.F.; ANDRADE, L.; VALVERDE, Y.; MEDEIROS; R.. *A criação e o status atual das Áreas de Relevante Interesse Ecológico da Floresta da Cicuta e das Ilhas do Rio Paraíba do Sul – Rio de Janeiro*. In: V Seminário brasileiro sobre áreas protegidas e inclusão social, 2011. Anais eletrônicos. Manaus, AM, 2011. Disponível em: http://www.gapis.psicologia.ufrj.br/observatorioaps/index.php?option=com_content&view=article&id=144:rj-arie&catid=143&Itemid=469Acesso em: 17/08/13.

PEREIRA, J.C.. *Os Microrganismos e os Elementos traço do Solo*. EMBRAPA Agrobiologia: Seropédica-RJ, 2001. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/serie-documentos/DOC132>Acesso em: 20/7/13.

PORTO, M.F.; MILANEZ, B.. *Parecer técnico sobre o Relatório de Impacto Ambiental da Usina da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA)*. Centro de estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Julho, 2009. Disponível em: <http://www.observatoriodopresal.com.br/wp-content/uploads/2011/05/Parecer-FIOCRUZ-CSA.pdf>. Acesso em: 24/08/2013.

PORTO, M.. *Tipo de solo da cicuta*. Conteúdo: dados parciais do Plano de Manejo da ARIE Floresta da Cicuta. Mensagem recebida por: biologiavr@yahoo.com.br em 29/08/2014.

RAMBALDI, D. M. [et. al.]. *Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro*. Série Estados e Regiões da RBMA. Caderno da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: CNRBMA, fevereiro, 2003. Disponível em: http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_22.pdf Acesso em: 01/06/13.

RAVELLI NETO, A.; LIMA, E.; ANJOS, L.H. C; PEREIRA, M.G.. *Roteiro de aulas práticas de morfologia e física do solo*. Instituto de Agronomia/departamento de solos. 3ª ed. UFRJRuralRJ. Seropédica, 1999. Fotocópia.

RODRIGUES, H. J.B.; SÁ, L.D. de A.; RUIVO, M.de L. P.; COSTA, A.C.L.; SILVA, R. B. da; MOURA, Q.L. de; MELLO, I.F.de. *Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida*. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.4, 629 - 638, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n4/a12v26n4.pdf>. Acesso em: 15/08/14.

ROSCOE, R; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C.. *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p. : il. color. ; 21 cm Disponível em: <http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/online/zip/LV20066.pdf> Aceso em:

SANTOS (a.), S.B.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; BROWN, G.; COSTA, J.M.; LUZ, J.L.; LORENZON, M.C.A.; SALGADO, N.C.; BAPTISTA, R.L.C. & MONTEIRO, R.F. *Conservação dos invertebrados terrestres no Estado do Rio de Janeiro In: BERGALLO, H.G.; FIDALGO, E.C.C.; ROCHA, C.F.D.; UZÊDA, M.C.; COSTA, M.B.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M.A.; COSTA, T.C.C. & COZZOLINO, A.C.R. (Eds.). Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. Cap 10, p. 127-152. Disponível em: <http://www.ppbioma.com.br/site/livros/> Acesso em: 20/03/13.

SANTOS(b), M.A.; METZGER, J.P.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; FREITAS, L. KIEFER, M.C. & ILHA, A.S. *Região Industrial do Médio Paraíba. In: BERGALLO, H.G.; FIDALGO, E.C.C.; ROCHA, C.F.D.; UZÊDA, M.C.; COSTA, M.B.; ALVES, M.A.S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M.A.; COSTA, T.C.C. & COZZOLINO, A.C.R. (Eds.). Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto

Biomass, 2009. Cap. 19, p. 265-272. Disponível em: <http://www.ppbioma.com.br/site/livros/>
Acesso em:

SEVÁ FILHO, A.O.. *Problemas ambientais relacionados com a energia, as águas e a indústria: uma seleção das regiões atingidas e dos focos relevantes de riscos no Estado do RJ*. Adaptação de artigo apresentado em Seminário Métodos e Técnicas de Pesquisa, ICHF / UFF, agosto de 2002, com extratos do relatório de pós doutorado feito pelo autor na UFRJ, 1997. Disponível em: www.fem.unicamp.br/~seva Acesso em: 02/12/14.

SHENTU, J.; HE, Z.; YANG, X.; LI, T.. *Microbial activity and community diversity in a variable charge soil as affected by cadmium exposure levels and time*. J Zhejiang Univ Sci B n. 9(3), 2008, p. 250-260. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1631%2Fjzus.B0710630#page-1>. Acesso em: 20/7/13.

SILVA, D. P. L. da; LINHARES, J. M. da S.; BASTOS, W. R.. *Geoprocessamento aplicado à análise das concentrações de mercúrio em solos na bacia do rio Mutum Paraná, estado de Rondônia*. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR. Brasil: INPE, 13 a 18 de abril de 2013, p. 4129 – 4136. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1420.pdf>. Acesso em: 30/07/13.

SILVA, F. C. da; EIRA, P. A. da; BARRETO, W.de O.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. A.. *Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo*. Documentos n° 3. EMBRAPA. Outubro, 1998. Disponível em: http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/paqlf/wp-content/uploads/2008/08/analises_quimicas_fertilidade.pdf Acesso em: 15/6/13.

SILVA, C. F. da S.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FEITORA, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E.G.; SILVA, E.M.R. da.. *Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio vale do Paraíba do Sul (RJ)*. R. Bras. Ci. Solo, 36:1680-1689. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.36 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832012000600002&script=sci_arttext. Acesso em: 20/12/13.

SILVA, L. C. da; ALMEIDA, J. C. R. de; ALMEIDA, A. A. da S.. *Ocorrência de chumbo e zinco nos solos e plantas às margens de uma rodovia de tráfego veicular intens*. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. vol. 8 (suplemento) Taubaté-SP, 2013, p. 50-59.

SILVA, R. B. da; MOURA, Q.; RODRIGUES, H.; BARRETO, P.; NUNES, H.; RODRIGUES, R.; SANTOS, S.; RUIVO, M. de L.. *Estudo das colônias de fungos e bactérias em solos de floresta tropical associada à variação das chuvas na região*. Anais XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA - 13/09/2010 a 17/09/2010 - Belém – PA. Disponível em: http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/457_52866.pdf Acesso em: 23/12/14.

SOR, J. L.; JÚNIOR, J. C.; GUIMARÃES, L. T.; MORENO, R. de A.. *Relatório piloto com aplicação da metodologia IPPS ao Estado do Rio de Janeiro: uma estimativa do potencial de poluição industrial do ar*. Textos para discussão. Diretoria de Geociências IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2008. Disponível

em:

ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/industrial_pollution_projection_system/ipp_rj.pdf. Acesso em: 20/08/13.

SOSMA. *Relatório anual institucional da organização não-governamental S.O.S. Mata Atlântica-2013*. São Paulo: 2013.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V.dos; ALVES, A. R.A.. *Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba*. R. Bras. Ci. Solo, 32:32:151-160, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/15.pdf> Acesso em: 24/08/2013.

SOUZA, D. S. de.. *Emissão de CO₂ e matéria orgânica do solo em diferentes agroecossistemas no Sul do Espírito Santo*. Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Espírito Santo, 2013. Disponível em: http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/www.florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Danilo%20Schueng%20de%20Souza.pdf. Acesso em: 20/08/14.

SOUZA, G. R. de; PEIXOTO, A. L.; FARIA, M. J. B.; ZAÚ, A. S.. *Composição florística e aspectos estruturais do estrato arbustivo-arbóreo de um trecho de floresta atlântica no médio vale do rio Paraíba do Sul, rio de janeiro, Brasil*. Sitientibus série ciências biológicas vol. 7 (4): 398-409. outubro - dezembro 2007.

STIEVEN, A. C.; CAMPOS, D. T. da S.; MALHEIROS, C. H.; SILVA, M. B. R. C. da; FERREIRA, M. A. F.; OLIVEIRA, E. F. de; NETO, N. E.. *População e biomassa microbiana em solo do pantanal mato-grossense*. Revista Biodiversidade. v.8, n.1, 2009, p.22-30.

UZÊDA, M.C.; OLIVEIRA, A.F.; FIDALGO, E.C.C.; SILVA, T.B.; SANTIAMI, E.; CAMARGO, A.F.; BOMTEMPO, C.B.T.; VOLCKER, C.M. & MENDES, C.P.A. *Capacidade de resposta visando a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. In: BERGALLO, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D.; UZÊDA, M. C.; COSTA, M. B.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. C.; COZZOLINO, A. C. R. (Eds.). *Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. Cap. 18, p. 247-264.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J.. *Revisão de literatura: uma visão sobre qualidade do solo*. Rev. Bras. Ci. Solo, n. 33, 2009, p. 743-755. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400001. Acesso em: 17/08/13

VIEIRA, F.C.S.; NAHAS, E.. *Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures*. Microbiological Research n. 160, 2005a, p. 197—202.

Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501305000133>. Acesso em: 2/07/13.

VIERA, F. C. S.; NAHAS, E.. *Quantificação de bactérias totais e esporuladas no solo*. Scientia Agricola, v.57, n.3, p.539-545, jul./set. 2000b. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n3/2688.pdf>. Acesso em: 10/07/14.

WEI, B.; YANG, L.. *A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China*. Microchemical Journal n. 94, 2010, p. 99–107. Disponível em: <http://www.igsnr.cas.cn/xwzx/jxlwtj/201011/P020101104391081976901.pdf>. Acesso em: 02/07/13.

ZAÚ, A. S.. *Composição, estrutura e efeitos de bordas lineares na comunidade arbustiva-arbórea de um remanescente urbano de Mata Atlântica no sudeste do Brasil*. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Botânica, Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Botânica. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.jbrj.gov.br/enbt/posgraduacao/resumos/2010/TESE_ANDR%C9_ZA%DA_2010%5B1%5D.pdf. Acesso em: 27/07/2013.

ZILLI, J. É.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. da C.; NEVES, M. C. P.. *Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo*. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 20, n. 3, set./dez. 2003, p. 391-411. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/download/8751/4927>. Acesso em: 10/08/13.

5.2 OBRAS CONSULTADAS

ABREU, M. L.. *Ocorrência de chuva ácida em unidades de conservação da natureza urbanas – estudo de caso no Parque Estadual da Pedra Branca –Rio de Janeiro –RJ*. Trabalho final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. 2005.

BÁRCENAS-MORENO, G.; BÅÅTH, E.. *Bacterial and fungal growth in soil heated at different temperatures to simulate a range of fire intensities*. Soil Biology and Biochemistry. Volume 41, Issue 12, December, 2009, Pages 2517–2526. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071709003368> Acesso em: 07/02/15.

BÁRCENAS-MORENO, G.; ROUSK, J.; BÅÅTH, E.. *Fungal and bacterial recolonisation of acid and alkaline forest soils following artificial heat treatments*. Soil Biology and Biochemistry, Volume 43, Issue 5, May 2011, Pages 1023–1033. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071711000332> Acesso em: 07/02/15.

COÊLHO, D.G.; SANTOS, T. M. C. dos; ALBUQUERQUE, L. S. de; CAMPOS, V. B.; PRAZERES, S. da S.. *Quantificação de fungos celulolíticos em solos de três ecossistemas*. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.1, n.3, p.45-49 de julho/setembro de 2008. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>. Acesso em: 12/12/14.

FURLAN, C. M.; SANTOS, D. Y.A.C.; MOTTA, L. B.; DOMINGOS, M.; SALATINO, A.. *Guava flavonoids and the effects of industrial air pollutants*. Atmospheric Pollution Research 1 (2010) 30-35.

FEIGL, B. J.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C.. Chapter 12. *Microbial biomass in native Amazonian ecosystems and its adaptation to deforestation and pasture introduction and management*. In: Randall W. Myster (Editor) *Post-Agricultural Succession in the Neotropics*. 2008. Institute for Tropical Ecosystems Studies University of Puerto Rico at Rio Piedras. Springer Science+Business Media, LLC. Disponível em: http://fcebichivirtuallibrary.com/Agric/Post-Agricultural_Succession_in_the_Neotropics.pdf. Acesso em: 05/05/13.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; FERNANDES, M. M.. *Carbono da biomassa microbiana da serapilheira e do solo de diferentes tipos de vegetação na Floresta Nacional Mário Xavier, RJ*. Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 25, n. 2, jul.-dez., 2005. p. 31-37.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M.. *Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian eco systems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability*. Review. Soil Biology & Biochemistry 42 (2010) 1–

LOURENÇO, R. W.; RIBEIRO, A. I.; DONALISIO, M. R.; CORDEIRO, R.; FRANCO, A. J.; LANDIM, P. M. B.. *Geospatial Relationships Between Morbidity and Soil Pollution at Cubatão, Brazil*. In: Agricultural and Biological Sciences. "Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops", book edited by Teang Shui Lee, Chapter 5 Published: March 28, 2012 under CC BY. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/34011.pdf> Acesso em: 15/08/14.

MCFARLAND, J. W.; WALDROP, M. P.; HAW, M. . *Extreme CO2 disturbance and the resilience of soil microbial communities*. Soil Biology and Biochemistry. Volume 65, October 2013, Pages 274–286. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071713001612>. Acesso em: 07/02/2015.

MELO, V. de F.; ALLEONI, L.R. F. (ed.). *Química e mineralogia do solo*. Parte II- aplicações. Sociedade Brasileira de ciência do solo. Viçosa-MG. 2009. 1ªed.

MMA. MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. [ed.]. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. - 1.ed. - Brasília, DF : MMA; Belo Horizonte, MG : Fundação Biodiversitas, 2008. 2v. (1420 p.) : il. - (Biodiversidade ; 19). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies/livro-vermelho> Acesso em: 12/05/14.

MORSELO, C.. *Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo*. São Paulo: Annablume, 2008. 2ª ed.

OLIVEIRA, R. R. de; LACENLA, L. D. de.. *Contaminação por chumbo na serrapilheira do parque nacional da tijuca - rj*. (2) Acla bol. bras. 1(2):16.5·169 (1988) sup.

PALÚ, A. A. de A.. *Quantificação da microbiota do solo em diferentes sistemas de manejo com uso de vinhaça e queima em cana-de-açúcar, na Bacia Tenente Amaral-Jaciara-MT*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, da Universidade Federal do Mato Grosso, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos. Cuiabá-MT, outubro de 2013.

PEÑA, M. L.; MARQUES, R.; JAHNEL, M. C.; ANJOS, A. dos.. *Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal*. FLORESTA, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.

RESENDE, A. V. de; NETO, A. E. F.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F.. *Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado*. R. Bras. Ci. Solo, 30:453-466, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n3/31212.pdf> Acesso em: 20/10/14.

RIO DE JANEIRO. *Instrução técnica dilam/ceam nº 02/201 4*. Instrução técnica para elaboração de estudo de impacto ambiental – EIA e seu respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA das unidades fábrica de oxigênio e usina termoeletrica, já implantadas e em operação, na Usina Presidente Vargas, localizada no município de Volta Redonda, sob a responsabilidade da empresa companhia siderúrgica nacional CSN, em atendimento a decisão judicial - processo nº 0107457- 02.19948.19.0001. Governo do Estado do Rio de Janeiro Secretaria de Estado do Ambiente – SEA: Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdi2/~edisp/inea0026179.pdf> Acesso em: 01/03/13.

STILLE, P.; POURCELOT, L.; GRANET, M.; PIERRET, M.-C.; GUÉGUEN, F.; PERRONE, TH.; MORVAN, G.; CHABAUX, F.. *Deposition and migration of atmospheric Pb in soils from a forested silicate catchment today and in the past (Strengbach case): Evidence from ²¹⁰Pb activities and Pb isotope ratios*. Chemical Geology 289 (2011) 140–153.

STEFANOWICZ, A. M; KAPUSTA, P.; SZAREK- ŁUKASZEWSKA, G.; GRODZIŃSKA, K.; NIKLIŃSKA, M.; VOGT, R. D.. *Soil fertility and plant diversity enhance microbial performance in metal-polluted soils*. Science of the Total Environment 439 (2012) 211–219.

VASCONCELOS, D. V.. *Estudo da tratabilidade do lixiviado gerado no aterro controlado de Volta Redonda (RJ)*. Rio de Janeiro, 2014. UFRJ/POLI/PEA, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014. Orientadora: Juacyara Carbonelli Campos.

ZAK, D. R.; HOLMES, W. E.; WHITE, D. C.; PEACOCK, A. D.; TILMAN, D.. *Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links?. Ecology*, 84(8), 2003, pp. 2042–2050. Disponível em: <http://cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1908.pdf> Acesso em: 02/01/2015.

APÊNDICE

TABELA TEORES DE CARBONO, BMS-C, RBS E QCO₂ NO SOLO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA NO INVERNO DE 2013 E VERÃO DE 2014.

Trilhas	Período	mg C kg ⁻¹ solo		mg C-CO ₂ kg ⁻¹	mg C-CO ₂ g ⁻¹
		Teor de C	BMS-C	solo h ⁻¹	BMS-Ch ⁻¹
				RBS	qCO ₂
Trilha da Velha	Inverno 2013	106,0714286	456,122449	0,444070648	0,973577706
	Verão 2014	104,6739103	939,7232954	0,650154799	0,691857701
Aguas frias leste	Inverno 2013	114,1530612	489,7959184	0,575273339	1,1745164
	Verão 2014	59,67391147	246,0474243	0,482972136	1,962922951
Figueira	Inverno 2013	94,95918367	569,3877551	0,575273339	1,010336688
	Verão 2014	102,7173886	658,1027494	0,705882353	1,072602042
Aguas frias oeste	Inverno 2013	195,9795918	667,3469388	0,676198486	1,013263787
	Verão 2014	199,5652121	978,2608438	1,746130031	0,978260844
Alto LT	Inverno 2013	122,2346939	364,2857143	0,575273339	1,579181715
	Verão 2014	86,08695425	551,3833847	0,66873065	1,212823362
Trilha nova	Inverno 2013	116,1734694	551,0204082	0,635828427	1,153910849
	Verão 2014	52,82608556	578,0632259	0,594427245	1,028308355
Porteira da fazenda	Inverno 2013	156,5816327	296,9387755	0,837678722	2,821048616
	Verão 2014	83,15217172	1040,513807	0,817337461	0,785513326
Entrada	Inverno 2013	126,2755102	355,1020408	0,847771236	2,387401757
	Verão 2014	153,5869525	859,6837718	1,095975232	1,27485858
Cachoeira	Inverno 2013	137,3877551	333,6734694	0,322960471	0,967893766
	Verão 2014	52,82608556	403,1620447	0,334365325	0,829357152

qCO₂: quociente metabólico do solo;
 BMS-C: carbono da biomassa microbiana do solo;
 Teor de C: teor de carbono orgânico no solo;
 RBS: respiração basal do solo.

TABELA TEORES DE METAIS PESADOS Pb , Cu, Mn, Zn e Ni NO SOLO DA ARIE FLORESTA DA CICUTA, NO INVERNO DE 2013 E VERÃO DE 2014

Profundidade (cm)	mg kg ⁻¹									
	Pb		Cu		Mn		Zn		Ni	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
TRILHA DA VELHA										
0-5	4,313	8,817	3,817	4,083	550,975	956,938	15,308	33,683	1,517	3,850
5- 10	5,463	8,900	4,033	3,833	737,608	1.010,288	14,925	19,950	2,050	3,633
10-20	4,196	9,617	5,150	3,433	542,242	306,288	25,058	14,283	3,317	4,250
20-40	4,779	7,717	4,550	3,117	117,358	44,754	10,742	9,883	2,333	3,400
40-60	5,863	10,220	6,017	4,017	140,492	38,321	22,675	9,400	3,783	4,200
FIGUEIRA										
0-5	8,246	9,317	6,833	4,867	656,942	185,704	41,475	32,167	5,017	4,183
5- 10	6,396	9,217	7,850	5,000	692,142	152,888	46,592	23,467	6,117	5,033
10-20	9,596	8,550	6,917	6,317	138,275	57,138	29,025	15,967	6,017	5,650
20-40	9,829	10,250	6,833	5,917	112,908	57,471	26,708	19,933	6,233	6,333
40-60	9,596	12,050	8,383	8,300	115,358	63,104	26,742	21,183	6,383	8,250
TRILHA NOVA										
0-5	14,396	13,233	10,783	8,517	2.432,158	1.806,321	58,592	44,583	7,500	7,133
5- 10	12,996	19,000	11,233	13,017	2.233,242	1.961,238	62,292	42,850	7,683	10,367
10-20	15,413	20,400	13,183	13,117	2.106,375	2.162,354	39,492	60,167	9,117	11,017
20-40	15,896	21,100	10,933	13,717	1.551,242	1.866,088	56,858	59,800	7,967	10,283
40-60	14,613	17,717	12,000	14,083	1.147,358	1.059,054	50,375	54,733	9,233	11,117
AGUAS FRIAS LESTE										
0-5	13,013	13,075	7,383	9,450	244,642	783,138	37,075	49,583	3,700	12,283
5- 10	11,663	13,950	7,433	12,300	137,942	1.519,588	30,875	48,100	3,567	13,217
10-20	12,996	12,350	10,633	10,417	146,475	1.375,304	30,025	36,150	8,617	12,667
20-40	12,213	12,800	9,317	9,600	348,958	939,704	35,492	33,917	10,500	11,683
40-60	10,179	10,200	8,917	8,517	712,125	464,138	51,092	30,467	15,417	13,050
AGUAS FRIAS OESTE										
0-5	8,729	12,883	8,433	20,850	742,742	1.202,788	39,358	75,550	10,667	40,400
5- 10	9,563	11,433	10,067	21,700	961,275	842,538	48,758	54,967	12,183	51,850
10-20	10,813	12,033	10,633	22,767	1.433,725	648,571	42,492	44,483	11,350	54,050
20-40	11,579	10,517	11,817	20,650	1.064,858	683,221	45,408	37,483	12,267	51,517
40-60	9,663	12,000	9,000	22,733	655,658	1.025,688	37,858	40,850	10,117	55,583
CACHOEIRA										
0-5	4,813	4,283	5,067	3,033	227,225	122,238	30,875	17,533	4,600	5,333
5- 10	4,946	6,217	5,050	6,900	183,525	222,788	31,392	29,250	4,167	6,917
10-20	4,263	7,267	4,233	5,900	134,475	299,671	22,625	33,017	4,250	7,000
20-40	3,429	6,567	4,050	4,767	117,792	173,821	26,125	24,533	4,917	5,467
40-60	4,146	5,783	4,600	4,983	146,725	120,621	41,008	22,750	4,250	5,500
ALTO LT										
0-5	8,579	8,217	9,467	11,017	556,842	542,238	49,958	56,650	9,917	10,950
5- 10	8,246	7,750	9,217	14,367	523,475	562,404	51,425	37,483	10,117	11,183
10-20	9,529	7,933	12,333	16,133	548,042	425,271	57,642	38,100	13,783	12,283
20-40	7,979	7,483	19,767	17,767	1.100,058	473,488	67,892	38,217	20,850	12,533
40-60	7,813	6,533	12,983	11,467	568,942	426,371	61,342	36,650	11,733	10,883
ENTRADA										
0-5	19,896	15,167	23,483	17,683	2.243,692	1.821,721	88,992	70,717	11,517	10,233
5- 10	22,396	18,583	29,167	19,250	2.973,175	2.220,288	96,592	62,183	14,867	11,233
10-20	23,429	23,733	29,650	23,717	2.590,742	3.070,404	83,292	69,667	16,517	12,950
20-40	24,446	19,300	24,900	17,133	2.035,058	1.413,804	81,292	61,433	14,883	12,283
40-60	25,896	23,667	26,500	24,133	1.026,908	877,738	95,025	88,617	20,900	18,050

Cont.

Profundidade (cm)	mg kg ⁻¹									
	Pb		Cu		Mn		Zn		Ni	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
PORTEIRA DA FAZENDA										
0-5	15,329	16,750	15,250	16,117	2.622,275	2.382,721	52,958	59,450	15,133	13,917
5- 10	11,079	18,350	15,867	19,150	2.734,108	3.155,838	55,675	65,117	14,233	16,933
10-20	21,546	21,933	19,917	17,400	4.543,792	3.595,471	77,175	85,100	17,150	13,150
20-40	14,729	12,750	20,283	16,733	5.429,292	2.755,071	62,958	61,667	16,350	21,583
40-60	11,996	25,433	14,150	8,283	3.682,492	1.180,971	50,958	45,467	16,633	12,183

CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETA DA ARIE FLORESTA DA CICUTA

- CACHOEIRA



Figura 12: ARIE Floresta da Cicuta ponto Cachoeira: diferença do índice pluviométrico observada no córrego Brandão durante as coletas no inverno, em julho de 2013 (a), e no verão, início de janeiro de 2014 (b); detalhe do local de retirada das amostras (c) e com córrego Brandão ao fundo (d); coleta (e) e secagem (f) na profundidade 0-5cm .

- ÁGUAS FRIAS LESTE

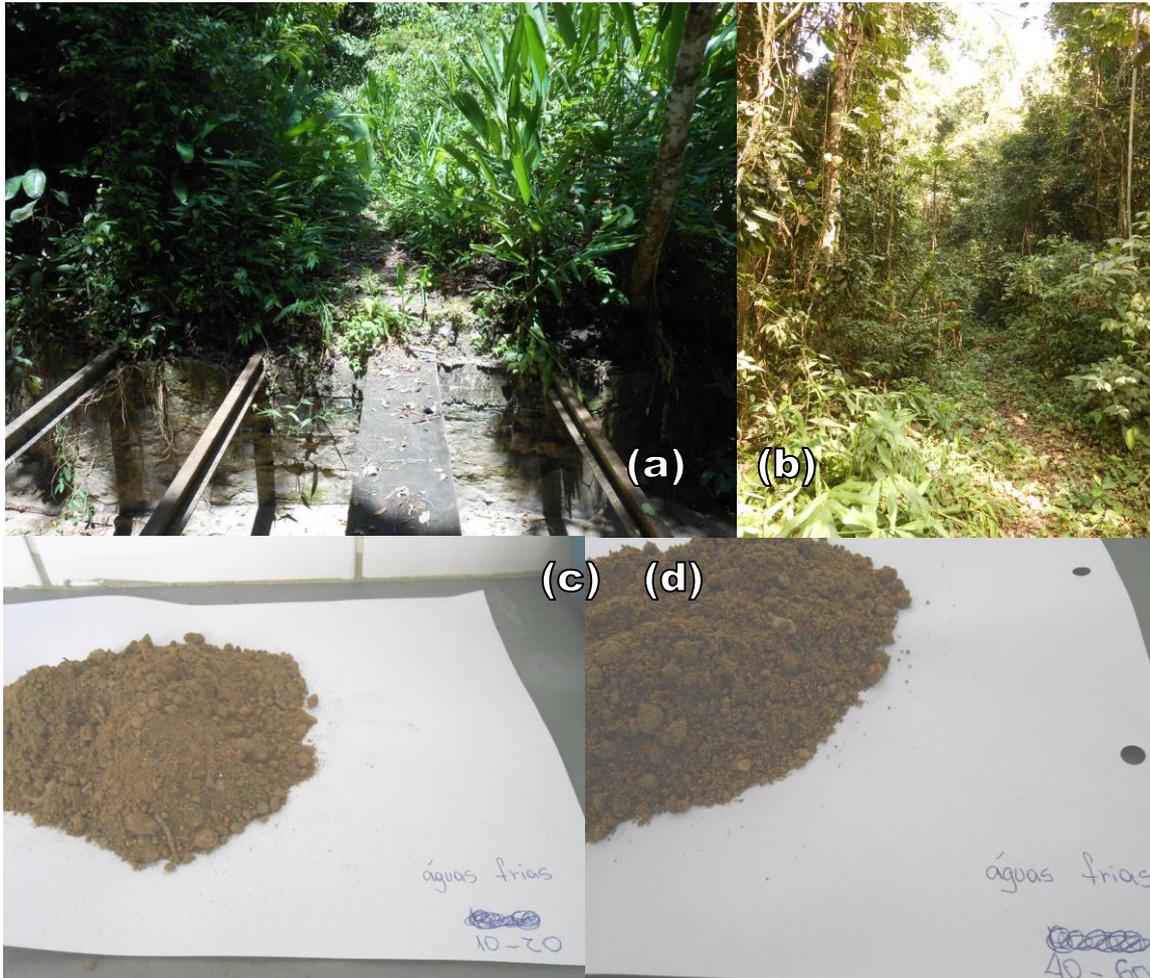


Figura 13: ARIE Floresta da Cicuta ponto Águas Frias Leste: ponte sobre o córrego Águas Frias (a); local da coleta (b); amostras coletadas nas profundidades 10-20cm (c) e 40-60 cm (d) secando no laboratório.

- TRILHA DA VELHA



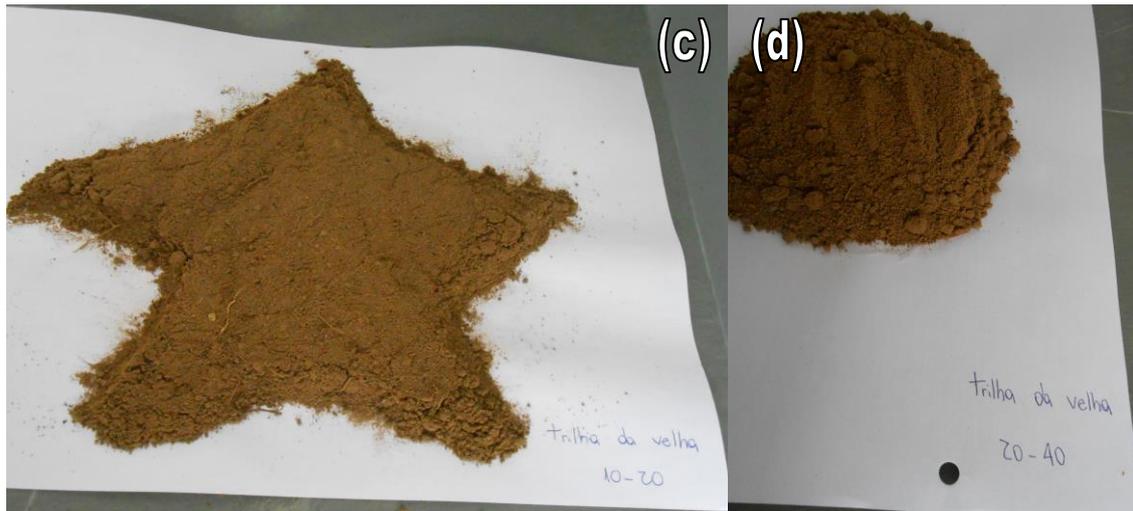


Figura 14: ARIE Floresta da Cicuta ponto Trilha da Velha: detalhe (a) e local (b) de coleta de amostras; Amostras coletadas nas profundidades 10 a 20 cm (c) e 20 a 40 cm (d) secando no laboratório.

- TRILHA NOVA



Figura 15: ARIE Floresta da Cicuta ponto Trilha Nova: entorno (a) e uso do trado (b) para coleta por profundidade; amostras coletadas nas profundidades 5 a 10 cm (c) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório.

- FIGUEIRA



Figura 16: ARIE Floresta da Cicuta ponto Figueira: árvore que nomeia a trilha (a), detalhe do solo (b); amostra coletada nas profundidades 20 a 40 cm (c) e 5 a 10 cm (d) secando no laboratório.

-PORTEIRA DA FAZENDA





Figura 17: ARIE Floresta da Cicuta ponto Porteira da Fazenda: estrada de acesso à porteira da fazenda Santa Cecília (a); diferença de nível devido à estrada (b); amostra coletada na profundidade 40 a 60 cm secando no laboratório; visão da área próxima à porteira com escória na estrada (d).

-ENTRADA



Figura 18: ARIE Floresta da Cicuta ponto Entrada: estrada de acesso à entrada da ARIE com escória (a); acesso à trilha principal na entrada (b); amostra coletada na profundidade 20 a 40 cm (c) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório.

- ALTO DA LINHA DE TRANSMISSÃO



Figura 19: ARIE Floresta da Cicuta ponto Alto da Linha de Transmissão-LT: visão geral da área florestada (a) dividida pela linha de transmissão; detalhe do solo (b); coleta no acesso à linha de transmissão (c); amostra coletada na profundidade 40 a 60 cm (d) secando no laboratório.

- ÁGUAS FRIAS OESTE (SR. ARTHUR)





Figura 20: ARIE Floresta da Cicuta ponto Águas Frias Oeste (fronteira com a fazenda do Sr. Arthur): vista da área da fazenda com floresta avançando na área de pasto (a); local com marco de metal (seta) e cerca delimitando o local da ARIE (c); amostras coletadas nas profundidades 0 a 5 cm (b) e 10 a 20 cm (d) secando no laboratório.