

GIOVANNA FREDERICI DE MELLO

**ÁREAS DEGRADADAS PELA EXPLOTAÇÃO DE CASSITERITA:
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS AGREGADOS E
ATIVIDADES BIOLÓGICAS**

Sorocaba
2015

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

**ciências
ambientais**

GIOVANNA FREDERICI DE MELLO

**ÁREAS DEGRADADAS PELA EXPLOTAÇÃO DE CASSITERITA:
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS AGREGADOS E
ATIVIDADES BIOLÓGICAS**

Dissertação de mestrado
apresentada como requisito para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências Ambientais da
Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" na Área
Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Admilson Írio
Ribeiro

Sorocaba
2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Câmpus Experimental de Sorocaba

Mello, Giovanna Frederici de.

Áreas degradadas pela exploração de cassiterita: avaliação das condições dos agregados e atividades biológicas / Giovanna Frederici de Mello, 2015.

127 f. : il.

Orientador: Admilson Írio Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Câmpus Experimental de Sorocaba, Sorocaba, 2015.

1. Degradação ambiental. 2. Cassiterita. 3. Recuperação ecológica. 4. Impacto ambiental – Avaliação. I. Universidade Estadual Paulista. Câmpus Experimental de Sorocaba. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNIDADE DE SOROCABA

UNIDADE DE SOROCABA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

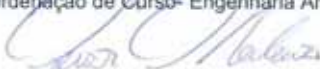
TÍTULO: ÁREAS DEGRADADAS PELA EXPLOTAÇÃO DE CASSITERITA: AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DOS AGREGADOS E ATIVIDADES BIOLÓGICAS.

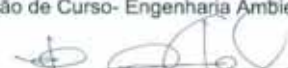
AUTORA: GIOVANNA FREDERICI DE MELLO

ORIENTADOR: Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais ,
Área: DIAGNÓSTICO, TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL, pela Comissão
Examinadora:


Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO
Coordenação de Curso- Engenharia Ambiental- UNESP/Sorocaba


Prof. Dr. GERSON ARAUJO DE MEDEIROS
Coordenação de Curso- Engenharia Ambiental- UNESP/ Sorocaba


Profa. Dra. FÁTIMA CONCEIÇÃO MÁRQUEZ PIÑA-RODRIGUES
Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos

Data da realização: 26 de fevereiro de 2015.

DEDICATÓRIA

Dedico essa vitória e todas as outras que virão aos meus pais, Marcílio César Frederici de Mello e Gislaine Azevedo da Silva Mello, por não pouparem ensinamentos, conselhos e principalmente amor, sendo minha referência e exemplo a seguir.

Com todo meu amor,

Giovanna Frederici de Mello

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Admílson Írio Ribeiro pela oportunidade, ensinamentos e paciência que foram a base da realização deste trabalho.

A banca examinadora por ter aceitado paticipar das correções desse trabalho.

Aos companheiros de estudo, Felipe e Afonso por dividirem os seus conhecimentos comigo.

A Brascan Recuperação Ambiental pela ajuda e logística que foram fundamentais para a realização desse projeto, principalmente ao Samir e ao Hérilon.

Ao João França, parceiro de andanças nas florestas, o parobotânico mais doutor que eu já conheci!

A Prof Dra Regina Márcia Longo, por viabilizar a minha ida para Flona do Jamari-RO.

A Suzan por dividir sorrisos e me ajudar em parte das análises desse trabalho.

A todos os professores da UNESP Sorocaba que não mediram esforços para minha formação, principiamente ao Prof. Dr. Antonio Germano Martins que brilhantemente explicou o inexplicável para uma bióloga.

As minhas irmãs, Giulia e Joana por fazer da minha vida mais doce e serem minha inspiração pra ser uma pessoa melhor.

Ao melhor companheiro Luiz, pelo carinho e apoio que foram essenciais nessa reta final.

Aos meus bons e velhos amigos que coloreem minha vida! Aos eternos de Bariri, aos intensos de Assis e aos fiéis de Sorocaba, muito obrigada,sem vocês a vida não teria a mesma graça.

E por fim agradeço a todos que passaram e permaneceram, e aqueles que apenas passaram, mas mesmo assim deixaram suas marcas.

OBRIGADA!

"Eu espero que a vida te surpreenda e que você não se prenda, não se acanhe, não duvide. Porque parte das coisas boas vem das lutas, mas a outra parte vem sem avisar."Fernanda Gaona

Mello G F G. Áreas degradadas pela exploração de cassiterita: Avaliação das condições dos agregados e atividades biológicas. [dissertação]. Sorocaba (SP): Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESP – Universidade Estadual Paulista; 2015

RESUMO

Uma das maiores riquezas naturais do Brasil é o seu potencial mineral. A região amazônica é conhecida pela abundância de recursos minerais, podendo destacar o topázio, petróleo, e principalmente a cassiterita. Como consequência da mineração, o ecossistema vem sofrendo um processo constante de degradação. Um importante artifício na exploração de recursos minerais é a reabilitação e/ ou recuperação das áreas degradadas, para isso, é necessário estabelecer indicadores de degradação, assim como de qualidade do solo associada a sua biota, levando em consideração que esse é um ambiente dinâmico, heterogêneo e complexo de características físicas, químicas e biológicas diversificadas. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi estudar a associação entre variáveis da atividade biológica do solo e variáveis morfométricas dos agregados, visando estabelecer uma função de pedotransferência para identificar de maneira expedita os melhores indicadores de recuperação para as áreas experimentais localizadas em substrato piso de lavra na Floresta Nacional do Jamari-RO. Os resultados apresentaram grande variabilidade no conjunto das variáveis morfométricas e uma menor dispersão dos dados para as variáveis biológicas. A metodologia de análise da amplitude das diferenças entre os parâmetros nas áreas analisadas permitiu a comparação entre as áreas em recuperação facilitando a interpretação gráfica das diferenças. Foi possível por meio da correlação canônica, determinar combinações lineares entre o conjunto de variáveis da diversidade biológica do solo e do conjunto das variáveis dos parâmetros morfométricos dos agregados do solo. Considerando que o modelo das combinações lineares não apresentou um ajuste satisfatório, a definição de um índice expedito ficou comprometida, pois haveria necessidade de se estudar os problemas de multicolinearidade e intercorrelação entre as equações preditivas da atividade biológica por meio das variáveis morfométricas.

Palavras-chave: Degradação Ambiental; Recuperação de Áreas Degradadas; Função de Pedotranferência.

Mello G F G. Áreas degradadas pela exploração de cassiterita: Avaliação das condições dos agregados e atividades biológicas. [dissertação]. Sorocaba (SP): Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESP – Universidade Estadual Paulista; 2015

ABSTRACT

One of the biggest natural wealth of Brazil is its mineral potential. The Amazon region is known for the abundance of mineral resources, and can highlight the topaz, oil, and especially tin. As a result of mining, the ecosystem has undergone a constant process of degradation. An important tool in the exploration of mineral resources is the rehabilitation and / or restoration of degraded areas, for this it is necessary to establish degradation indicators, as well as soil quality associated with its biota, taking into account that this is a dynamic environment, heterogeneous and complex physical, chemical and biological diverse. Thus, the objective of this work was to study the association between variables of biological soil activity and morphometric variables of households, aiming at a Pedotransfer function to identify expeditiously the best indicators of recovery for the experimental areas located in mining floor substrate the National Forest of Jamari-RO. Os results showed great variability in all the morphometric variables and a lower dispersion of data for biological variables. The analysis method of the amplitude differences between the parameters analyzed in the areas allowed the comparison of the areas facilitating recovery graphical interpretation of differences. It was possible through the canonical correlation determine linear combinations of the set of variables of soil biodiversity and to all the variables of the morphometric parameters of soil aggregates whereas the linear combination model has not submitted a satisfactory adjustment, the definition of an index expeditious been compromised, as there is need to study the problems of multicollinearity and intercorrelation between the predictive equations of biological activity through morphometric variables.

Keywords: Environmental Degradation; Recovery of Degraded Areas; Pedotransfer function

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 BIOMAS: ECOSISTEMAS NATURAIS	20
3.2 BIOMA AMAZÔNIA	21
3.3 EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS NA AMAZÔNIA E SEUS IMPACTOS	23
AMBIENTAIS.....	23
3.4 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	24
3.5 INDICADORES FÍSICOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	25
3.5.1 AGREGADOS DO SOLO	25
3.6 INDICADORES QUÍMICO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	28
3.6.1 MATÉRIA ORGÂNICA E MACRONUTRIENTES	28
3.7 INDICADORES BIOLÓGICOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	28
3.7.1 BIOMASSA MICROBIANA, RESPIRAÇÃO BASAL E QUOEICIENTE METABÓLICO	28
3.8 FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIAS(FPT)’	31
4. MATERIALS E MÉTODOS	33
4.1 ÁREA DE ESTUDO	33
4.2 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO SOLO E CONDIÇÃO LOCAL DE ESTUDO.	34
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NAS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO.....	35
4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DO SOLO DENTRO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS	35
4.3.2 CARACTERIZAÇÃO DO DENSIDADE TOTAL DO SOLO DENTRO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS.	37
.....	37
4.3.3. CARACTERIZAÇÃO DA POROSIDADE TOTAL DA ÁREAS EXPERIMENTAIS.	39
4.3.4 CARACTERIZAÇÃO DA TEXTURA DO SOLO DENTRO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS	40
4.3.5 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS AGREGADOS DO SOLO DMG (DIÂMETRO MÉDIO	
GEOMÉTRICO).	41
4.3.6 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MORFONÉTRICAS DOS AGREGADOS	43
4.4 AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE BIOLÓGICAS DO SOLO (ATIVIDADE MICROBIANA).....	46
4.4.1 CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA	47
4.4.2 RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO (LIBERAÇÃO DE CO ₂)	47

4.4.3 CÁLCULO DO COEFICIENTE METABÓLICO	48
4.5. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA LEVE EM ÁGUA (MOL) PARA AS ÁREAS EXPERIMENTAIS	48
4.6 AVALIAÇÃO DA MEDIDA DA ALTURA DE SERRAPILHEIRA DENTRO DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS	50
5 ANÁLISE DE DADOS	54
5.1. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE AGREGAÇÃO E BIOLÓGICOS.	54
5.1.1. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA E DISPERSÃO DOS DADOS	54
5.1.2. ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DOS DADOS	54
5.1.3 ANÁLISE DA AMPLITUDE ENTRE OS VALORES MÉDIOS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS.....	56
5.3 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA FUNÇÃO DE PEDOTRANSFERÊNCIA	57
5.3.1 AVALIAÇÃO DE ASSOCIAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS E BIOLÓGICOS	57
5.3.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA E DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO.	58
5.3.4. AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO DE PEDOTRANSFERÊNCIA	59
1 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.1.1 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE AGREGAÇÃO.	60
6.1.2. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA CIRCULARIDADE DOS AGREGADOS DO SOLO.	63
6.1.3 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO ARREDONDAMENTO	69
DOS AGREGADOS DO SOLO.	69
6.1.4. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA MASSA DOS AGREGADOS.	74
6.1.5. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO VOLUME RELATIVO.	79
6.1.6 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA DENSIDADE RELATIVA.	84
6.1.4. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO PARÂMETRO FERRET.	89
DOS AGREGADOS.	89
6.2 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DOS PARÂMETRO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA DIVERSIFICADA.	95
6.2.1 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE INTENSIDADE DA ALTURA DA SERRAPILHEIRA.	95
6.2.2 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DO COEFICIENTE METABÓLICO.	98
6.2.3 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE INTENSIDADE DO CARBONO NA BIOMASSA MICROBIANA.	100
6.2.4 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS DIFERENÇAS DE INTENSIDADE DA RESPIRAÇÃO.....	103

BASAL.	103
6.3.1 AVALIAÇÃO DE ASSOCIAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS E BIOLÓGICOS.	105
6.3.4 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO DE PEDOTRANSFERÊNCIA	110
6.3.5 <i>Avaliação da função de pedotransferência</i>	111
7. CONCLUSÃO	115
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil é um país de intensa vegetação com aproximadamente 60% do seu território de florestas naturais, sendo que o bioma Amazônia representa a maior parte destes, com mais de 354 milhões hectares. Este bioma representa cerca de 30% de todas as florestas tropicais remanescentes do mundo, detendo a mais vasta biodiversidade, sendo sua importância reconhecida nacional e internacionalmente (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2010).

A região da Amazônia Legal se estende por nove estados brasileiros (Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Acre, Amapá, Maranhão, Tocantins e parte do Mato Grosso), representando mais de 61% do território nacional (IBGE, 2011). Dado a magnitude dessa área, observa-se uma riqueza natural incomensurável. Por esses e outros motivos, a proteção e o monitoramento do bioma amazônico estão entre as prioridades de atuação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e dos órgãos estaduais de meio ambiente.

Uma das maiores riquezas naturais da região amazônica é seu potencial mineral. Segundo Fernandes e Portela (1991) a Amazônia possui reservas apreciáveis de recursos minerais, tais como ferro, bauxita, ouro, cassiterita, caulim e manganês, dispondo também de significantes reservas de outros minerais metálicos, sendo esses o cobre, cromo, níquel, titânio, terras-raras; e não-

metálicos; incluindo o cristal de rocha, salgema, potássio, grafita - e, ainda, de diamantes, ametistas e outras pedras semipreciosas e ornamentais.

A exploração de cassiterita, feita a céu aberto, emprega um processo de lavra com característica muito mecânicas, utiliza-se vários equipamentos e instrumentos, que modifica o sensivelmente os atributos do solo que será minerado. No entanto, essas alterações não decorrem somente do uso intenso de máquinas e equipamentos, mas do conjunto de operações que antecedem ou sucedem a retirada do minério. Assim, os impactos diretos no solo e no subsolo são causados pelas escavações, pelos depósitos de materiais estéreis e rejeitos, pelas estradas de acesso, pela imposição de superfícies diferentes do relevo original, tal como a eliminação de picos e serras (LONGO, 2005).

Como consequência da abundância mineral e sua exploração, o ecossistema amazônico vem sofrendo um acelerado processo de degradação ambiental seja pelo desmatamento, para a implantação de projetos agropecuários, seja pela exploração mineral e madeireira desordenada. Esse processo, iniciado na década de 60, tem sido mais ativo nos anos recentes, com a eliminação de grandes parcelas da floresta primária, esta ainda pouco conhecida, do ponto de vista botânico (BANCO MUNDIAL, 2003).

No entanto, a utilização dos recursos naturais de uma nação implica diretamente na modificação do meio ambiente e em toda a superfície terrestre. Nesse cenário, estimativas indicam que a mineração contribui em um por cento (1%) na degradação dos solos do planeta. Mesmo demonstrando ser um percentual pequeno, ele denota uma alta intensidade de degradação, provocando grandes modificações ao ambiente, tendo um forte impacto na paisagem, por remover a vegetação, do solo e das rochas que estejam acima dos depósitos minerais (RIBEIRO, 2005).

Diante desse contexto, é importante ressaltar ações que potencializam a sustentabilidade por meio da legislação ambiental ou evolução do mercado consumidor na escolha de produtos com processos de mineração menos agressivo ao meio. Desse modo, ações que minimizam a degradação de áreas de mineração têm por finalidade amenizar o impacto ambiental negativo da atividade.

Desta forma, um artifício importante na exploração de recursos minerais é a reabilitação e/ou recuperação das áreas degradadas, decorrentes no processo de mineração, principalmente na mineração de superfície, pois esta pode constituir grandes impactos negativos sobre o solo e a paisagem. Esta recuperação constitui uma tarefa complexa, pois envolve diferentes técnicas estratégicas (RIBEIRO, 2005).

Atualmente no Brasil existem inúmeras áreas em recuperação e os pesquisadores envolvidos têm levantado vários indicadores sobre solo, vegetação e fauna. No entanto, a comunicação com os órgãos ambientais sempre são permeadas por diferentes interpretações denotando claramente a falta da elaboração desses indicadores em índices, que podem ser facilmente interpretados pelos atores envolvidos.

Segundo Doran & Parkin (1996), os indicadores que podem demonstrar as modificações e manejo do solo podem ser classificados como efêmeros, intermediários e permanentes. Os efêmeros são aqueles que oscilam em curto espaço de tempo como, temperatura, umidade, pH, teor de nutrientes, atividade de microrganismos. Já os intermediários, são aqueles alteráveis posteriormente ao manejo do solo durante alguns anos como a densidade do solo, resistência a penetração, permeabilidade, estabilidade de agregados, teor de matéria orgânica, biomassa microbiana. Por fim os permanentes, são aqueles denominados como atributos inerentes ao tipo de solo e que servem para classificá-los como, a textura, mineralogia, profundidade, cor, densidade de partículas.

Dentre os indicadores intermediários, os agregados do solo, derivados da associação organo-mineral, cuja união define a estrutura ou disposição do solo, formam as chamadas partículas “secundárias” em referência às partículas primárias – argila, silte e areia (ESPINDOLA; SANCHES, 1999).

Agregados são elementos que conferem estrutura ao solo e, desse modo são de grande importância para a manutenção da porosidade e aeração do solo, e nos processos de crescimento das plantas e da população microbiana, infiltração de água e no controle dos processos erosivos (Oades, 1984; Dexter, 1988).

Para a formação do agregado, é necessário que os colóides do solo se encontrem aglomerados e que os componentes do agregado sejam estabilizados por algum agente cimentante (Hillel et al., 1980).

Os agregados podem ser classificados e diferenciados de acordo com tamanho e suas estruturas morfométricas segundo a teoria da hierarquização de agregados (Tisdall & Oades, 1982)

Assim, existe uma relação entre a atividade biológica e a formação de agregados do solo. Nesse contexto, o indicador intermediário, biomassa microbiana do solo (BMS) compreende a parte viva da matéria orgânica do solo, não estando presente raízes e organismos maiores do que $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, contendo, em média, 2 a 5% do carbono orgânico e 1 a 5% do nitrogênio total do solo (CERRI *et al.*, 1992; DE-POLLI e GUERRA, 1999). A quantidade e a dinâmica de matéria orgânica têm participação essencial nos processos biológicos, químicos e físicos (FEIDEN, 2001).

Muitos são os critérios usados para empregar e classificar as frações da matéria orgânica e o entendimento das mesmas pode conduzir uma melhor compreensão da distribuição da biota do solo (DIEKOW, 2003). Em virtude de todas as contribuições dos componentes orgânicos às propriedades do solo, deve-se considerar a relevância dos mesmos em regiões tropicais e subtropicais, onde a intemperização é acentuada e os danos e perdas do solo podem ser expressivos (MIRANDA *et al.*, 2007). Áreas degradadas em estágio avançado de recuperação necessitam de uma compreensão do seu processo evolutivo temporal, em especial nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo como suporte.

Diante disso e levando em consideração que o solo é um ambiente dinâmico, heterogêneo e complexo, sugere-se a seleção de indicadores de qualidade do solo de natureza física, química ou biológica, que representem suas principais funções como, promover o crescimento de raízes e a atividade biológica; favorecer a infiltração e percolação da água; permitindo as trocas gasosas. Ainda, como critério de comparações de ambientes, que suportam uma vegetação nativa e ou que tenham sofrido mínimos distúrbios antropogênicos (DORAN & PARKIN, 1994; DORAN & PARKIN, 1996).

O estabelecimento de indicadores de degradação ambiental e de sustentabilidade se tornaram de suma importância nos trabalhos realizados em várias áreas do conhecimento. Os indicadores, de modo geral, são atributos passíveis de mensuração e devem ser vistos como uma importante ferramenta para avaliar variáveis e componentes de um ecossistema e assinalar mudanças ocorridas no ambiente em questão (BARETTA *et al.*, 2011). Nas últimas décadas, o desenvolvimento de indicadores a nível nacional, regional e local, tornou-se uma abordagem comum de aproximação para a necessidade de instrumentos ambientais, tornando-se um pré-requisito para a implementação do conceito de sustentabilidade, e especialmente de componentes ambientais (HANSEN, 1996). A comunicação é a maior função dos indicadores: eles devem permitir ou promover a troca de informações sobre o que se avalia, simplificando uma realidade complexa e, o que é requerido pelos gestores ambientais (DONNELLY *et al.*, 2007).

A dificuldade de selecionar um indicador apropriado está relacionada com a complexidade do sistema ecológico. Por isso é necessário o uso de um conjunto de indicadores que representem a estrutura, função e composição do sistema ecológico (DALE & BEYELER, 2001). Cada indicador dentro deste conjunto deve ter uma função particular na análise da resolução lógica do problema ambiental em questão, fornecendo assim uma ferramenta conveniente para esclarecer as condições ambientais e direcionar as propostas para orientação política (NIEMEIJER, 2002). Assim, segundo Vanderwalle *et al.* (2010) a combinação de diferentes indicadores, incluindo medidas de características funcionais, como os grupos funcionais dominantes na comunidade, pode melhor determinar as mudanças na estrutura da comunidade que tem, potencialmente, consequências importantes na função destes ecossistemas.

Desse modo, esse projeto parte da premissa básica que é possível caracterizar os diferentes estágios de recuperação de áreas de piso de lavra em minas desativadas de cassiterita, buscando avaliar as interações entre o nível de atividade biológica e as características físicas dos agregados do solo, como arredondamento, circularidade e DMG(diâmetro médio geométrico). Podendo

assim estabelecer um índice expedito de interação físico e biológico, aplicável na classificação espaço-temporal para recuperação de áreas degradadas.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi estudar a associação entre variáveis da atividade biológica do solo e variáveis morfométricas dos agregados, visando estabelecer uma função de pedotransferência para identificar de maneira expedita os melhores indicadores de recuperação para as áreas experimentais localizadas em substrato piso de lavra na Floresta Nacional do Jamari-RO.

2.1 Objetivos específicos:

- Determinar alguns parâmetros morfométricos (*DMG*, Circularidade e Arredondamento, Massa, Volume Relativo, Densidade Relativa,) dos agregados do solo nas diferentes áreas.
- Caracterizar a variabilidade dos parâmetros morfométricos de agregados.
- Utilizar as características da variabilidade morfométricas de agregados para avaliar os diferentes comportamentos do solo em função dos diferentes estágios de recuperação das áreas.
- Determinar alguns parâmetros biológicos (altura da serrapilheira, coeficiente metabólico do solo, carbono da biomassa microbiana e respiração basal) do solo nas diferentes áreas.

- Utilizar alguns parâmetros biológicos (altura da serrapilheira, coeficiente metabólico do solo, carbono da biomassa microbiana e respiração basal) para avaliar diferenças na intensidade da atividade biológica do solo nas áreas em recuperação.
- Avaliar a relação entre parâmetros de agregação e parâmetros biológicos nas diferentes áreas em recuperação.
- Estabelecer e avaliar uma análise linear de pedotransferência dos conjuntos das variáveis biológicas e morfométricas dos agregados nas diferentes áreas em recuperação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biomas: Ecossistemas Naturais

Os biomas terrestres podem ser definidos como biosistemas regionais, caracterizados por aspectos capazes de identificar uma paisagem” (ODUM, 1988). Dessa forma, ecossistemas e comunidades classificam-se de acordo com as fisionomias vegetais naturais predominantes de uma região, referenciando e comparando processos ecológicos e seus parâmetros químicos, físicos e biológicos

Para Ricklefs, (2003), alguns indicadores são determinantes na constituição das características típicas de um bioma. Os mais relevantes do ponto de vista do ambiente físico são, o clima, temperatura e a umidade, o relevo e o solo. Com relação aos fatores ecológicos, considera-se a contribuição das interações interespecíficas e, as modificações geológicas, reconfiguração topográfica e variações climáticas.

A combinação desses fatores, aliado aos processos adaptativos evolutivos dos organismos, é responsável por estabelecer as condições e as razões para a localização e a caracterização de cada biosistema regional.

O Instituto Brasileiro de geografia e Estatística - IBGE (2004), elaborou o Mapa de Biomas do Brasil, conceituando bioma como “conjunto de vida (...)constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares, resultando em diversidade biológica.

No Brasil, são identificados seis principais biomas terrestres: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal (IBGE, 2004).

Cada Bioma Brasileiro tem suas características que os diferem. Porém, mesmo com parâmetros distintos, esses biossistemas naturais apresentam áreas de transição, os chamados ecótonos. Essas áreas, são capazes de apresentar características de mais de um Bioma. Seus processos ecológicos, assim como fatores químicos, físicos e biológicos não determinam um Bioma predominante.

3.2 Bioma Amazônia

O bioma Amazônia abrange diversos estados brasileiros, formando a chamada Amazônia Legal (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, e parcialmente os estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso), e estendendo-se por alguns países vizinhos (Bolívia, Equador, Guianas, Peru, Suriname e Venezuela) (IBAMA, 2008).

A Amazônia tem seus limites, ao norte o Planalto das Guianas, a oeste pela Cordilheira dos Andes, a leste pelo Oceano Atlântico e ao sul pelo Planalto Central (FISCH; MARENGO; NOBRE, 2008).

O Bioma se estende do oceano Atlântico às encostas orientais da Cordilheira do Andes, localizada aproximadamente a 600 m de altitude. (AB SABER, 1977).

A bacia Amazônia ocupa uma área de aproximadamente 7 milhões de km² (IBGE, 2004) e se destaca pela sua enorme área e por apresentar um dos índices de diversidade biológica mais altos do planeta. Seus rios representam cerca de 20% das reservas de água doce do planeta. Também abrange grandes reservas minerais.

As características geológicas, topográficas e climáticas e históricas condicionaram grande diversidade de classes de solos. Os solos podem ser facilmente lixiviados e acomodam-se em relevo predominantemente de planícies

inundáveis, algumas depressões e planaltos. A maior parte dos solos, classifica-se como Latossolos e Argissolos (CHING et al., 2008).

Em situações normais, os solos amazônicos são considerados com baixa fertilidade, mesmo assim, possuem uma elevada capacidade de manutenção de biomassa e isso ocorre devido a rápida ciclagem de nutrientes e o recém-ingressos na serapilheira, disponibilizados os nutrientes novamente aos organismos (RODRIGUES et al., 2004; SANCHES et al., 2009)

A Bacia Amazônica é um dos três centros quase permanentes de intensa convecção acoplada à zona do cavado equatorial. Ela exerce um papel fundamental no funcionamento do clima global. As florestas da Amazônia desempenhando grande papel na regulação do clima regional e até mesmo global (SILVA, *et al*, 1987)

O clima é equatorial úmido, com temperaturas que variam entre 22 e 28°C e disponibilidade hídrica elevada, resultante a freqüente pluviosidade distribuída o ano todo (cerca de 2300 mm/ano), condição que se dá fortemente em função de uma combinação de fatores combinados com alta disponibilidade de energia.. As baixas amplitudes térmicas são comuns em toda a Amazônia, exceto ao centro-sul de Rondônia (AMAZONAS, 2005; FISCH; MARENGO; NOBRE, 2008).

A Floresta Amazônica abriga uma infinidade de espécies vegetais e animais, por exemplo, são cerca de 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas. Entre os animais, a maior parte é de insetos, mas a floresta abriga também grande variedade de mamíferos e aves, répteis anfíbios e peixes

Como grande parte da área amazônica é tomada por uma extensa bacia sedimentar, estabelece-se uma grande rede de drenagem, havendo porções alagadas, cujo conjunto forma o maior volume de água doce superficial do planeta (ANA, 2008).

Predominam as formações de florestas ombrófilas densas e abertas, com elementos arbóreos de médio e grande porte e riqueza de epífitas. É notabilizada pelos diversos estratos na fisionomia florestal, que ocupam desde as porções mais próximas do substrato até o alto da copa das árvores. Por outro lado, nas áreas total ou parcialmente inundadas, são comuns as formações menores.

Por todas essas características, a Floresta Amazônica é considerada a maior reserva de diversidade biológica do mundo. Um bioma com características complexas e heterogêneas, necessitando assim, uma grande amplitude de pesquisas, estudos e investimentos.

3.3 Exploração de Recursos Minerais na Amazônia e Seus Impactos

Ambientais

A mineração ou exploração mineral caracteriza-se em uma atividade indispensável para a sociedade moderna, dada à importância que os bens minerais e derivados assumiram na economia mundial. Esta importância de uma forma geral pode ser observada desde as necessidades básicas como habitação, agricultura, transporte e saneamento, às mais sofisticadas como tecnologia de ponta nas áreas de comunicação e informática (BANCO DO NORDESTE, 1999)..

Uma das maiores riquezas naturais da região amazônica é seu potencial mineral. Segundo Fernandes e Portela (1991) a Amazônia possui reservas apreciáveis de recursos minerais, tais como ferro, bauxita, ouro, cassiterita, caulim e manganês. Dispondo também de significantes reservas de outros minerais metálicos, sendo esses o cobre, cromo, níquel, titânio, terras-raras - e não-metálicos - cristal de rocha, salgema, potássio, grafita - e, ainda, de diamantes, ametistas e outras pedras semipreciosas e ornamentais.

Como consequência da abundância mineral e sua exploração, o ecossistema amazônico vem sofrendo um acelerado processo de degradação ambiental seja pelo desmatamento, para a implantação de projetos agropecuários, ou pela exploração mineral e madeireira desordenada (BANCO MUNDIAL, 2003).

3.4 Recuperação de Áreas Degradadas

Segundo Carvalho (2000) classifica área degradada como aquela que, após um distúrbio, teve eliminado os seus meios de regeneração natural, apresentando baixa resistência.

Desse modo, o uso e a ocupação desordenada do solo pode provocar alterações ambientais muitas vezes irreversíveis. As intervenções antrópicas das mais variadas formas vêm comprometendo toda a dinâmica dos subsistemas que a integram. (MEIRA et al., 2004)

Na identificação dos impactos ambientais negativos que aceleram o processo de degradação ambiental, deve-se levar em consideração que a maior parte das atividades minerárias são realizada por meio de trabalhos que envolvem, normalmente, grande movimentação de terras e escavações. Em função destas ações, os impactos ambientais negativos provocados ao meio como: o desflorestamento, a alteração da superfície topográfica da paisagem, a perda ou degradação das camadas superficiais do solo, a instabilização de encostas e terrenos em geral, as alterações dos corpos d' água e de níveis do aquífero, a erosão e o assoreamento (KOPEZINSK, 2000).

Assim sendo, um componente fundamental para a conservação do ecossistema amazônico é a reabilitação e/ou recuperação das áreas degradadas pela mineração, principalmente na mineração de superfície, que apresenta grandes impactos sobre o solo e a paisagem. A atividade constitui uma tarefa complexa, pois envolve diferentes técnicas e estratégias, sendo intimamente relacionadas ao nível de degradação do meio e o uso futuro definido para área (SÁNCHEZ, 2006).

A grande demanda por projetos de recuperação de áreas degradadas fez surgir um largo espectro de métodos de recuperação (GANDOLFI & RODRIGUES, 1996).

Porém é de extrema importância ressaltar complexidade de se restabelecer ecossistemas dinâmicos. Desse, não existe um método referente à evolução do

processo de recuperação ambiental, sendo realizada uma abordagem exclusivamente legal baseada no processo de revegetação.

Segundo ALMEIDA & SANCHEZ (2005) inúmeros parâmetros podem ser utilizados como indicadores (físicos, químicos, biológicos) de recuperação ambiental, porém o grande desafio é determinar critérios válidos que possam estabelecer, monitorar e avaliar a condição da área estudada, bem como discriminar os indicadores que forneçam as informações desejadas com exatidão e a custos aceitáveis, que podem compor a paisagem (SOUZA, 1997).

A dificuldade de selecionar um indicador apropriado está relacionada com a complexidade do sistema ecológico. Por isso é necessário o uso de um conjunto de indicadores que representem a estrutura, função e composição do sistema ecológico (DALE & BEYELER, 2001). Cada indicador dentro deste conjunto deve ter uma função particular na análise da resolução lógica do problema ambiental em questão, fornecendo assim uma ferramenta conveniente para esclarecer as condições ambientais e direcionar as propostas para orientação política (NIEMEIJER, 2002). Assim, segundo Vanderwalle *et al.* (2010) a combinação de diferentes indicadores, incluindo medidas de características funcionais, como os grupos funcionais dominantes na comunidade, pode melhor determinar as mudanças na estrutura da comunidade que tem, potencialmente, consequências importantes na função destes ecossistemas.

3.5 Indicadores Físicos de Recuperação de Áreas Degradadas

3.5.1 Agregados Do Solo

Os agregados do solo, derivados da associação organo-mineral, cuja união define a estrutura ou disposição do solo, formam as chamadas partículas

“secundárias” em referência às partículas primárias – argila, silte e areia (ESPINDOLA; SANCHES, 1999). O comparecimento de agregados estáveis do solo, aumenta a capacidade de armazenamento de água, diminuindo os danos de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo da matéria orgânica no solo (MILLER & JASTROW, 1992).

De acordo com Zalamena *et al*, (2008), alto valores de *DMG* (Diâmetro Médio Geométrico) de agregados caracterizam um solo mais agregado.

Os agregados estáveis conferem ao solo boa estrutura para a comunidade biológica. A estabilidade está muito ligada à presença de matéria orgânica, a qual age de forma: (a) transitória, quando é basicamente construída de carboidratos, com rápida de composição; (b) temporária, quando estão presentes elementos da biomassa, como as hifas e as raízes; e (c) permanente, quando existem compostos aromáticos (húmicos) associados ao ferro, alumínio, alumino-silicatos (TISDALL; OADES, 1982).

Os agregados do solo podem variar quanto ao tamanho, a forma e o grau de desenvolvimento (JORGE, 1983). A formação e a estabilidade de cada classe de agregados são influenciadas por fatores biológicos, físicos e químicos (BENITES *et al.*, 2005). Essa situação é decorrente primeiramente da ação biológica no solo, cujos processos bioquímicos de respiração e decomposição acontecem com a oxidação de compostos orgânicos e no desprendimento de dióxido de carbono provindo das reações e dos processos resultantes da atividade biológica (CARDOSO; TSAI; NEVES, 1992), de forma que espera um efeito mais pronunciado à medida que o metabolismo da comunidade local é mais proeminente.

A morfologia de agregados pode expressar as características dos grãos, abrangendo dois aspectos principais, a forma do contorno e a textura de sua superfície. Com relação a forma usualmente é usado os termos arredondamento, circularidade, esfericidade, entre outros (BLOTT, PYE, 2008.)

3.5.2 Parâmetros Físicos dos Agregados do Solo

O uso de técnicas de análise de imagens nos estudos quantitativos e qualitativos de estrutura do solo tem se tornado mais comum, com maior acesso a equipamentos e programas, e maior número de pesquisadores na área (VIANA et al., 2004). Segundo Olszewski et al. (2004), a análise de imagens mostra-se sensível à detecção de mudanças na morfologia dos agregados do solo, sendo bastante promissora como uma ferramenta nos estudos da estrutura do solo.

Arredondamento do Agregado

A maioria dos Autores refere-se aos índices de arredondamento com a expressão dos graus de curvatura das arestas e vértices do contorno das partículas.

Área do Agregado

Área(Ar):corresponde ao número de pixels que corresponde a imagem do agregado, no caso do presente trabalho foi utilizado a calibração com finalidade dos resultados serem obtidos em mm(milímetros).

Massa do Agregado

A massa de cada agregado é o peso individual de cada agregado de solo. A massa do agregado é obtida em grama.

Diâmetro de Feret do Agregado

A maior distância entre quaisquer dois pontos ao longo do limite da imagem processada, no caso o agregado do solo. Os resultados foram obtidos em mm(milímetros).

Circularidade do Agregado

Expressa o quanto a morfologia do agregado é próximo de uma circunferência. Com um valor de 1,0, indica um círculo perfeito, com o valor atinge 0,0, indica uma forma cada vez mais alongada.

3.6 Indicadores Químico de Recuperação de Áreas Degradadas

3.6.1 Matéria Orgânica e Macronutrientes

A matéria orgânica do solo (MOS) é definida por Oades (1989) como resíduos de plantas e animais decompostos. Porém, a maioria dos métodos analíticos de determinação da MOS não diferencia resíduos de plantas e animais decompostos ou não decompostos, que passem através da peneira de 2mm (DANOR & JONES, 1996). Por outro lado, Magdoff (1992), definiu MOS, como organismos vivos, resíduos de plantas e animais pouco ou bem decompostos, que podem variar entre estabilidade, susceptibilidade ou estágio de alteração.

A matéria orgânica é de extrema importância para o solo, em quantidades ótimas são capazes de melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

3.7 Indicadores Biológicos de Recuperação de Áreas Degradadas

3.7.1 Biomassa Microbiana, Respiração Basal e Quociente Metabólico

Os estudos da ciclagem de nutrientes, uma das funções mais importantes da microbiota do solo, revelam a capacidade dos diferentes sistemas de produção

em utilizar com eficiência os recursos do ambiente. Neste contexto, os aspectos relacionando o ciclo do carbono à microbiota do solo revelam-se de extrema aplicabilidade e sua compreensão é fundamental para a pesquisa na área de agroecologia. O aumento e manutenção dos teores de matéria orgânica é um dos maiores desafios da agricultura moderna, uma vez que este é um componente fundamental para produção agrícola nos trópicos (CRASWELL & LEFROY, 2001)

A biomassa microbiana é o compartimento da matéria orgânica do solo diretamente influenciado por fatores bióticos e abióticos.

Assim, respostas a mudanças nos sistemas de uso e manejo do solo podem ser detectáveis muito mais rapidamente pela biomassa microbiana e seus metabólitos do que nos teores de C do solo, principalmente devido ao tempo de ciclagem da matéria orgânica (Gama-Rodrigues *et al.*, 2005). Por isto, as características microbiológicas têm relação com a funcionalidade do solo. Para que uma característica microbiológica possa ser utilizada como indicador da condição do solo, esta deve preencher vários critérios, como, permitir medições precisas e independentes do tipo e condição do solo e ser sensível na indicação das condições ambientais (BROOKES, 1995).

A biomassa microbiana do solo, além de atuar como agente da transformação bioquímica dos compostos orgânicos, é também reservatório de nutrientes como N, P e S (SRIVASTAVA & SINGH, 1991; WARDLE, 1992).

O significado ecológico de biomassa tem como destaque, o armazenamento de nutrientes, o de servir como indicador rápido de mudanças no solo, quando o material orgânico é a ele incorporado, e indicador da sensibilidade da microbiota a interferências no sistema (GRISI, 1995)

O C da biomassa geralmente compreende de 1 a 4% do C orgânico do solo, revelando haver uma correlação linear entre ambos (JENKINSON & LADD, 1981). Em solos de floresta, em agrossistemas e em áreas reabilitadas, a biomassa microbiana é um indicador rápido do estado e da mudança das propriedades edáficas. Por isso, poderá ser um bom indicador do grau de sucesso da reabilitação do solo.

Outro indicador microbiológico é a Respiração Basal.

A (RBS) é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido. As bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de CO_2 via degradação da matéria orgânica (MO). A RBS possui uma estreita relação com as condições abióticas do solo, entre elas, a umidade, temperatura e aeração. CATTELAN & VIDOR (1990) detectaram influência destas características, além da disponibilidade de substrato no solo, sobre a RBS e o Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C). A disponibilidade de C no solo tem sido descrita como fonte contribuidora para o aumento da RBS (CATTELAN & VIDOR, 1990).

A respiração basal do solo reflete a produção de CO_2 no solo resultante da atividade respiratória de microrganismos, protozoários, nematóides, insetos, anelídeos e raízes do solo.

A respiração é um indicador sensível e revela rapidamente alterações nas condições ambientais que porventura afetem a atividade microbiana (DE-POLLI e PIMENTEL, 2005). No entanto, a interpretação dos dados de respiração deve ser cautelosa, uma vez que o incremento na atividade respiratória pode ser desencadeada tanto pela alta produtividade de um determinado ecossistema quanto pelo estresse advindo de distúrbios ambientais (SILVA et al., 2007).

Esse método reflete a produção de CO_2 no solo resultante da atividade respiratória de microrganismos, protozoários, nematóides, insetos, anelídeos e raízes do solo.

Em Associação com a RBS podemos obter o quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$), pela razão entre a RBS por unidade de BMS-C e tempo sendo usado para estimar a eficiência do uso de substrato pelos microrganismos do solo (ANDERSON & DOMSCH, 1993), podendo ser utilizado como sensível indicador de estresse quando a BMS-C é afetada, sendo ambas as ferramentas importantes no entendimento das transformações e perdas nos compartimentos orgânicos do solo.

3.8 Funções de Pedotransferências(FPT)'

A qualidade do solo pode ser avaliada por indicadores (físicos, químicos, biológicos, antrôpicos) ou por meio de funções de pedotransferências, (modelos estocásticos) que podem transferir propriedades conhecidas do solo para propriedades do solo desconhecidas, com as vantagens na facilidade na obtenção de indicadores, reduzindo seus custos (GREGORICH, 2006).

O primeiro princípio das FPT é não prognosticar algo que é mais fácil e mais barato medir ou determinar. Como o objetivo de funções de pedotransferência é prever propriedades cujas medidas ou determinações diretas são difíceis, ou muito caras. O segundo princípio implica em dois subprincípios, a incerteza das FPTs deve ser quantificada e se um conjunto de FPTs alternativas está disponível, devemos usar aquela com menor variância (EMBRAPA, 2003).

Muitos são os estudos em regiões temperadas, mas as relações não são adequadas às condições dos solos tropicais do Brasil, já que a textura encontra-se fora de validação das funções de pedotransferência (TORMASELLA, ET AL, 2000).

De acordo com Marcolin & Klein (2011), solos agrícolas apresentam grande amplitude de densidade em função de suas características mineralógicas, de textura e de teor de matéria orgânica, isso foi verificada por uma função de pedotransferência capaz de descrever satisfatoriamente as variáveis argila e a MO.

A avaliação da adequação desses modelos somente é possível pela combinação de várias análises estatísticas e investigação adequada sobre os fins para os quais eles foram inicialmente propostos, sendo assim é indispensável avaliar as etapas do trabalho, para a possível identificação dos erros. (Tedeschi, 2006)

De acordo com Budiman *et al.* (2003), não se deve utilizar uma função de pedotransferência sem que a sua incerteza associada tenha sido avaliada; para um

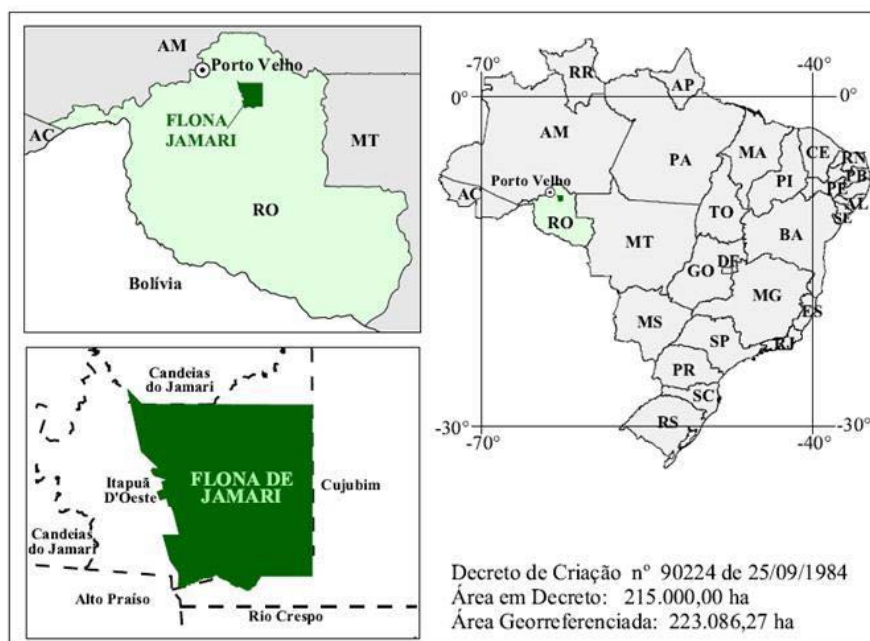
determinado problema, se um conjunto de funções de pedotransferência alternativas estiver disponível.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A Floresta Nacional do Jamari, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), está situada a 90 Km da cidade de Porto Velho – RO, sendo uma das mais privilegiadas da região Norte, pela sua posição geográfica e vias de acesso. Apresenta uma área de aproximadamente 225.000 ha, das quais 90% estão cobertas por Floresta Tropical Aberta, onde são encontradas espécies de alto valor comercial para exploração de madeira, apresentando-se também rica em minérios (RADAM BRASIL, 1978).

Figura 1 Localização da Floresta Nacional do Jamari



Fonte: IBAMA Planos de manejo de florestas nacionais.

Os solos são predominantemente da classe Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura argilosa e Latossolo Amarelo álico textura argilosa, ácido com pH variando de 3,4 a 5,0 (FRANÇA, 1991). O clima da região é quente e úmido, com temperaturas médias de 24°C, apresentando uma precipitação anual de 2550 mm, tendo seus máximos nos meses de dezembro a março. A umidade relativa fica em torno de 80 a 85%, havendo uma estação seca bem definida, com seu período mais crítico de julho a agosto.

4.2 Avaliação das propriedades do solo e condição local de estudo.

Na área do experimento foi amostrado quatro estágios diferentes de recuperação, sendo esses: piso de lavra em condição recém-minerada, uma capoeira em regeneração natural, a florestal natural, e áreas consideradas nível sete de gestão operacional (N7).

A amostragem foi realizada em áreas de piso de lavra (pit mine) devido ao fato que essas áreas possuem um teor de argila mais elevado, o que favorece a formação de agregados. As outras áreas amostradas foram denominadas capoeira, floresta primárias e área ainda minerada, consideradas nível 0 de gestão (N0).

Dada a condição que as áreas de recuperação já possuem um horizonte A em formação foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-10cm.

As amostragens foram feitas no final da época de chuva de 2014 nos seguintes substratos definidos:

- a) piso de lavra (nível zero de gestão operacional, ou seja sem tratamento) N0;
- b) Áreas de piso de lavra nível sete de gestão operacional (N7) em estágio de recuperação avançado, ou seja, áreas já estabelecidas que sofreram reconstrução topográfica, adubação química e verde com plantio de espécies nativas adensadas e enriquecidas, com as seguintes nomenclatura : A3 na mina Duduca, A4 na mina 14 de abril, A1 na mina Serra da Cacimba, A1 na mina Novo Mundo, A8 na mina Serra da Onça, A14 e A16 na mina Santa Maria;

- c) Capoeira (área de entorno com regeneração natural);
- d) Floresta nativa

As áreas que foram escolhidas para o desenho experimental encontrava-se no nível sete de gestão operacional (N7) Essas áreas foram selecionadas devido a sua boa resposta a condição de diversidade biológica sendo demonstrado na análise fitossociológica de monitoramento das áreas. Essas áreas possuem potencial para servirem de referência na recuperação com os melhores resultados obtidos.

4.3 Caracterização dos atributos físicos do solo nas áreas em recuperação

Para os atributos físicos, a amostragem de solo foi feita pela metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), utilizando anéis volumétricos metálicos de Kopecky, de aproximadamente 80 cm³ (oitenta centímetros cúbicos) de volume interno, fazendo com que as amostras tenham estruturas indeformadas. No total foi utilizado 4 (quatro) anéis por ponto de área amostrada. Cada um deles foi separado, marcado e pesado antes de se fazer a coleta.

4.3.1 Caracterização do Teor de Umidade do Solo dentro das Áreas

Experimentais

Para análise da Umidade do Solo, utilizou-se a metodologia, proposta por Caputo (1988). Onde, a umidade do solo pode ser definida pela diferença entre a m_A (massa do solo antes da secagem em estufa) e a m_D (massa do solo após a secagem em estufa), conforme a Equação 1

$$h = (m_A - m_D) / m_D \quad \text{Equação 1}$$

Com relação ao teor de umidade pode-se considerar que a área (N0) possui o menor valor seguida pela amostra (Mata), já as amostras que

correspondem as áreas em recuperação possuem maiores valores do indicador. A capoeira (sistema de regeneração natural) possui o maior teor de umidade, sendo que esse resultado pode ser atribuído a pequena quantidade de matéria orgânica encontrada nas áreas pois se sabe que quanto maior a matéria orgânica, maior o teor de umidade, sendo então esses parâmetros correlacionados.

De acordo com Timmet al. (2006) a umidade influencia importantes processos no solo e na planta tais como: movimento de água, compactação do solo, aeração do solo e desenvolvimento radicular. Baseado neste fato, questões referentes à variabilidade espacial (levando em consideração a distância das áreas em estudo) e temporal de umidade para diferentes períodos do ano e diferentes fases de desenvolvimento de uma dada cultura tornam-se de extremo interesse.

Tabela 1 Teor de Umidade dos diferentes estágios de recuperação do solo (%)

Áreas	Medidas de Tratamento
N0	12.13
Duduca A3	21.98
Santa Maria A 6	30.88
Santa Maria A14	33.39
Serra da Onça A8	31.76
14 de abril A4	32.075
Cacimba A1	30.74
Novo Mundo A1	24.77
Capoeira	19.82
Mata	20.44

4.3.2 Caracterização do Densidade Total do Solo dentro das Áreas Experimentais.

Ainda utilizando a metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), foi encontrada a Densidade Total do Solo (D_T). Dentre os métodos de determinação da densidade do solo, Pires *et al.* (2011) fala que o de maior utilização, e considerado padrão, é o do anel volumétrico, que consiste na amostragem de solo com estrutura indeformada num anel (cilindro metálico) de volume conhecido, como foi feito.

Após a coleta da amostra com o anel cilíndrico, o mesmo foi pesado ainda com a porção de solo inserido, em uma balança semi-analítica, como a figura 4 mostra. Um valor foi encontrado para a massa e anotado. Placas de Petri foram utilizadas durante a pesagem, a fim de não se perder qualquer porção do solo coletado. Elas foram pesadas anteriormente para que após todo o processo sua massa fosse subtraída para não atrapalhar nos cálculos. Após isso o anel foi

colocado em uma estufa de secagem com temperatura de 105°C (cento e cinco graus Celsius) em um período de 5 (cinco) dias.

Feito o procedimento com todas as amostras e passado o tempo especificado na metodologia para as amostras permanecerem na estufa, os anéis foram retirados da estufa de secagem e pesado ainda com o solo, na mesma balança semi-analítica utilizada antes, tendo o novo valor de massa anotado. Subtraindo a massa do anel metálico, já conhecida, e das respectivas Placas de Petri, tem-se apenas a massa do solo antes (m_A) e depois (m_D) da secagem em estufa. Tendo a massa, e o volume já conhecido do anel metálico (V_A), encontra-se a densidade.

$$D_T = m_A / V_A \quad \text{Equação 2.}$$

A densidade do solo é um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sendo uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos. O manejo do solo nas diversas etapas da mineração aumenta a densidade do solo e, conseqüentemente produz redução da porosidade total que, por sua vez, exercerá influência na capacidade de retenção de água, aeração, drenagem e condutividade hidráulica, afetando diretamente a qualidade do solo. As áreas em recuperação demonstram por seus valores de densidade menores que a área recém minerada e valores próximos a Mata e a Capoeira.

Tabela 2 Densidade Total dos diferentes estágios de recuperação do solo (g/cm³)

Áreas	Medidas de Tratamento
N0	1.64
Duduca A3	1.37
Santa Maria A 6	1.31
Santa Maria A14	1.46
Serra da Onça A8	1.26
14 de abril A4	1.31
Cacimba A1	1.28
Novo Mundo A1	1.55

Capoeira	1.12
Mata	1.41

Amostraram-se quatro estágios diferentes de recuperação, sendo esses: pisode lavra em condição recém-minerada, uma capoeira em regeneração natural, a florestal natural, e áreas consideradas nível sete de gestão operacional (N7).

4.3.3. Caracterização da Porosidade Total Da Áreas Experimentais.

A partir do Índice de Vazios ($\mathcal{E}$), um índice físico do solo, pode encontrar a Porosidade (η). A porosidade mostra a relação entre o total de vazios em um solo, mostrando uma proporção do que é vazio ou poroso em relação ao total. Ela pode ser encontrada por meio da Equação 3.

$$\eta = \mathcal{E} / (1 + \mathcal{E}) \quad \text{Equação 3}$$

Em relação a porosidade (Tabela 3) pode-se notar a área recém minerada (N0) possui a menor porcentagem de porosidade de solo, desse modo podemos ressaltar que os sistemas de preparo do solo, manejo e exploração promovem modificações nas propriedades físicas como a agregação do solo (Castro Filho et al., 1998), e a porosidade do solo (De Maria et al., 1999). Os demais solos que estão em recuperação possuem valores maiores de porosidade ao manejo e preparo adequado a que as áreas foram submetidas.

Como a porosidade do solo reflete a dinâmica dos espaços vazios do solo e estando estes diretamente relacionados a movimentação, ao armazenamento e a disponibilidade da água no solo e sua consequente disponibilidade a plantas torna-se um importante fator para a discussão da qualidade dos solos postos em recuperação. Assim todas as áreas analisadas, com exceção da área testemunha

(N0) já apresentaram uma boa distribuição de poros, inclusive superando as condições de mata e capoeira, como podemos ver na Tabela 3.

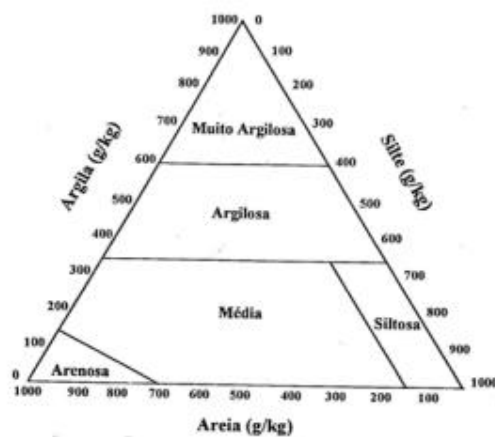
Tabela 3 Porosidade dos diferentes estágios de recuperação do solo (%)

Áreas	Medidas de Tratamento
N0	35.2
Duduca A3	53,16
Santa Maria A 6	55.8
Santa Maria A14	56.7
Serra da Onça A8	47.6
14 de abril A4	44.06
Cacimba A1	39.09
Novo Mundo A1	46.5
Capoeira	53.8
Mata	46.9

4.3.4 Caracterização da Textura do Solo dentro das Áreas Experimentais

Textura é um termo empregado para designar a proporção relativa das frações argila, silte ou areia no solo. Diferenciam entre si pelo tamanho de suas partículas. A textura pode ser avaliada em laboratório, no entanto, ela pode ser avaliada diretamente no campo. Esta avaliação a campo deve ser seguida da determinação em laboratório, que é mais precisa. De acordo com Raij (1991), existem figuras (triângulos) para designar diversas classes texturais que são utilizados em classificação do solo. A figura 2 adotada pela Emprapa é um diagrama triangular simplificado.

Figura 2 Diagrama triangular simplificado (utilizado pela Embrapa)



• Fonte: EMBRAPA, (2008)

Tabela 4 Textura dos diferentes estágios de recuperação do solo

Áreas	Textura
N0	Arenoso
Duduca A3	Arenosa
Santa Maria A6	Argilosa
Santa Maria A14	Média
Serra da Onça A8	Argilosa
14 de Abril A4	Argilosa
Cacimba A1	Médio
Novo Mundo A1	Média
Capoeira	Arenoso
Mata	Arenoso

4.3.5 Avaliação da estabilidade dos agregados do solo DMG (Diâmetro Médio Geométrico).

A análise de agregados foi desenvolvida a partir da metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). O método consiste na utilização de um conjunto de peneiras e um agitador mecânico com a finalidade de retenção de agregados de tamanhos diferentes para obtenção de dados de porcentagem e diâmetro médio geométrico.

As amostras de solo coletadas para essa análise foram deixadas secando ao ar livre, por 15 (quinze) dias. Após o término desse período, recolheu-se aproximadamente 200g(duzentos gramas) de solo das três amostras com a ajuda de uma balança semi-analítica, sendo submetidas à agitação manual, em um conjunto de 3 (três) peneiras, sendo a primeira com abertura de 6,3 (seis e três) milímetros, a segunda com abertura de 4,0 (quatro) e a terceira com abertura de 2,0(dois) milímetros, além do fundo.

O solo retido no fundo do conjunto de peneiras das amostras (1)foi recolhido e com a finalidade de segregar mais especificamente os diferentes tamanhos e diâmetros dos agregados, montou-se um conjunto de peneiras com a seguinte sequência: 2,0 mm (dois); 1,0 mm (um); 710 µm (setecentos e dez micrômetros); 35 µm (trezentos e trinta e cinco micrômetros); e o fundo.

O conjunto de peneiras foi colocado em um agitador de peneiras, depositando a amostra de obtida anteriormente. O agitador permaneceu ligado por um período de 15 minutos. Após, o término da agitação, transferiu os agregados retidos em cada peneira para um respectivo recipiente de alumínio com peso previamente conhecido.

Os recipientes de alumínio foram levados à estufa em temperatura de 105°C (cento e cinco graus Celsius), por um período de 24 (vinte e quatro) horas.Após esse procedimento de secagem, as amostras foram retiradas e pesadas em balança semi-analítica, anotando os novos valores de massa encontrados Para o cálculo de Diâmetro Médio Geométrico (*DMG*), foi utilizado o método proposto por Mazurak (1950).

$$DMG = 10^{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot \log_{10} \bar{d}_i)}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]} \quad \text{Equação 4}$$

Na equação 4, x_i é a porcentagem da massa de solo retida em determinada peneira, o $\bar{d}_i$ é o diâmetro médio dos grãos, ou seja, é a média entre o valor da peneira em que o material ficou retido e o valor da peneira superior, já que o diâmetro médio está relacionado com o tamanho dos agregados, e como os grãos

ficaram retidos em tal peneira, mas conseguiram passar pela de maior valor, ele pode ter um diâmetro entre o da peneira e o da peneira superior.

4.3.6 Avaliação das Propriedades Morfonétricas dos Agregados

Do material retido na peneiras referentes ao DMG de cada área de estudo, selecionaram-se ao acaso, 30 agregados para serem fotografados através de um microscópio digital da marca Dino Lite modelo AM-211, com processamento no programa ImageJ®. As imagens foram convertidas em preto e branco através do comando “Make binary” e filtradas através do comando “Despeckle” para a eliminação de ruídos para determinação dos parâmetros morfométricas do agregado, como mostra as figuras abaixo. O microscópio foi calibrado para que os dados fossem obtidos em medida de mm(milímetros) e não em pixels de imagem. A imagem bruta e a imagem processada do agregados estão demonstradas na Figura 3 e Figura 4, respectivamente.

Figura 3 Imagem bruta do agregado



Figura 4 Imagem processada do agregado



Desse modo, criou-se uma rotina de tratamento das imagens dos agregados do solo obtidas com o processamento no programa de análise de imagens ImageJ e alguns parâmetros morfométricos foram escolhidos para serem avaliados. O arredondamento, circularidade, massa, área, densidade relativa e volume relativo serão descritos nesse trabalho.

a) Arredondamento

Refere-se a índice de Arredondamento como expressão dos graus de curvatura das arestas e vértices do contorno das partículas. Cox (1927) calculou o arredondamento das partículas comparando sua área em função do seu perímetro, como mostrado na equação abaixo:

$$4\pi A/P^2 \text{ Equação 5}$$

Onde,

A é a Área do Agregado [mm²]

P é o perímetro do Agregado [mm]

b) Área

A área do agregado foi avaliada através da quantidade de pixels contida em cada imagem processada, os valores foram convertidos em milímetros após a calibração, com finalidade de processamento dos dados.

c) Massa

A massa do agregado foi obtida com balança analítica de alta precisão, e a massa dos agregados foram referidas em gramas.

d) Diâmetro de Feret (DF)

A maior distância entre quaisquer dois pontos ao longo do limite da imagem processada, no caso o agregado do solo. Calculado a partir da equação abaixo:

$$DF = (4 A_r / \pi) \text{ Equação 6}$$

e) Circularidade do Agregado

Expressa o quanto a morfologia do agregado está próximo de uma circunferência. Com um valor de 1,0, indica um círculo perfeito, com o valor atinge 0,0, indica uma forma cada vez mais alongada. Calculada a partir da fórmula abaixo:

$$Cic = 4A/n L^2 \text{ Equação 7}$$

4.4 Avaliação da propriedade biológicas do solo (atividade microbiana)

A atividade microbiana do solo foi avaliada por meio da biomassa e respiração do solo, utilizando o método descrito por Vance *et al.* (1987). A biomassa microbiana é proporcional ao aumento de carbono orgânico que se torna retirável do solo após a análise de um procedimento de fumigação. É importante ressaltar que a correção da umidade do solo para 40% da sua capacidade de saturação faz parte do método de preparação das amostras de solo para fumigação (GRISI, 1997).

A fumigação do solo com o clorofórmio é responsável por matar e romper as células microbianas e desse modo liberar o representante microbiano para o solo e permitir assim sua extração (FRIGHETTO, 2000). O carbono representa cerca de 50% do peso seco da célula microbiana, a amostra foi dividida em sub-amostras que sofrerão os processos de extração imediata (o controle, sem fumigação) ou fumigação seguida de extração. O extrato da amostra não-fumigada contém somente matéria orgânica extracelular e o extrato fumigado contém tanto matéria orgânica intracelular, ou seja, a biomassa como matéria orgânica extracelular (HOFMAN e DUSEK, 2003). O material celular liberado pelo rompimento das células microbianas foi readquirido por um extrator fraco como o K_2SO_4 0,5 M (TATE *et al.*, 1988) e logo após a realização do método de fumigação, será eliminado os dez dias de incubação do método anterior; e a determinação do carbono nos extratos fumigado e não-fumigado foi feita por dicromatometria a partir da retirada de uma alíquota do extrato da amostra (VANCE *et al.*, 1987a; DE-POLLI e GUERRA, 1999).

A biomassa, referente ao carbono microbiano, é avaliada pela relação $B = CE \times 2,64$ ou $B = CE / 0,38$, onde CE é o carbono extraído do solo fumigado menos o carbono extraído do solo controle (PFENNING *et al.*, 1992), sendo 2,64 ou 0,38, o fator kCE para conversão do carbono extraído em biomassa microbiana (VANCE *et al.*, 1987b). O valor de kCE encontra-se no intervalo proposto ($0,33 \pm 0,08$) por Sparling (1992) recomendação correntemente utilizada (TATE *et al.*,

1988), mesmo em solos do Brasil para os quais o fator kCE não foi determinado (DE-POLLI e GUERRA, 1999).

Desse modo foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-10 cm para a determinação do carbono da biomassa microbiana, utilizando a metodologia de fumigação-extração. Foi realizado a determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2) através da metodologia desenvolvida pela Embrapa (2007).

4.41 Carbono da Biomassa Microbiana

Foi utilizado o método de VANCE ET AL. (1987). Foi pesado 70g de cada amostra nos recipientes, previamente identificados, adicionou-se 60% da capacidade máxima de retenção de água e levou-se a estufa (25 a 30 °C) por 3 dias para a obtenção do teor de umidade das amostras. Após esse período, utilizou-se o método de fumigação-extração para a determinação do carbono da biomassa microbiana. Neste método, retirou-se 6 porções da amostra (20 g cada), sendo que 3 foram mantida ao natural e passaram pelo processo de extração com K_2SO_4 a 0,5 mol / L, as outras 3 porções foram fumigadas num dessecador contendo um béquer com 20 ml de clorofórmio livre de etanol e outro béquer com aproximadamente 20 ml de água, para a eliminação dos microrganismos vivos. O carbono da biomassa microbiana foi quantificado pelo método de oxidação com dicromato $K_2Cr_2O_7$, realizado por titulação.

4.4.2 Respiração basal do solo (liberação de CO_2)

Foi pesado 70g de cada amostra nos recipientes, previamente identificados, adicionou-se 60% da capacidade máxima de retenção de água e levou-se a estufa (25 a 30 °C) por 3 dias para a obtenção do teor de umidade das amostras.

Foi pesado 100 g de amostra em cada vidro de respirometria, fazendo 3 repetições para cada amostra. Em seguida, adicionou-se 60% da máxima capacidade de retenção de água deste solo, cobriu-se com filme transparente e levou-se a incubadora à 28 °C por dois dias. Fez-se três brancos, onde os vidros encontravam-se sem amostra.

Após o período de incubação, adicionou-se a cada vidro um erlenmeyer de 50 ml contendo 10 ml de NaOH a 1N. Tampou-se novamente os vidros com papel filme e deixou-se em ambiente fechados de 10 a 15 dias à 28°C. Os recipientes foram mantidos em embalagens de plásticos com tampa, com a finalidade de vedação das amostras. Depois do tempo determinado, retirou-se o erlenmeyer do vidro, adicionou-se 1 ml de cloreto de bário a 50% e 2 gotas de fenolftaleína e fez-se a titulação com HCl a 0,1 N, onde quantificou-se o CO₂ liberado do solo que reagiu com NaOH.

4.4.3 Cálculo do coeficiente metabólico

O coeficiente metabólico (qCO₂) foi obtido pela relação entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana e foi usado como indicador da eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono à própria biomassa (ANDERSON & DOMSH, 1989).

4.5. Caracterização da Matéria orgânica leve em água (MOL) para as Áreas Experimentais.

Coletas e respectivas análises de matéria orgânica do solo foram estabelecidas nos pontos previstos para identificação nas etapas subseqüentes do trabalho. As coletas foram conduzidas no mês de Abril, com a realização do método de Matéria Orgânica Leve em Água (MOL). O método consiste em um experimento onde foram pesados 50 g de terra fina seca ao ar em becker de 250 mL, adicionando-se 100 mL de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, deixando-se em repouso por uma noite. Decorrido o tempo, a suspensão foi agitada com bastão de vidro e todo o material passado por peneira de 0,25 mm, eliminando-se toda a fração argila. Posteriormente, o material retido na peneira (MOL e areia) foi transferido, quantitativamente, para o becker, completando-se o volume com água. Todo o material flotado foi passado por peneira de 0,25 mm, tomando-se cuidado para separar a MOL da fração areia. Em seguida, foi adicionada novamente água ao becker, agitando-se manualmente para suspender a MOL restante e vertido o material devagar em peneira de 0,25 mm. Essa operação foi repetida até a remoção de todo o material que flutuou com a agitação em água. O material retido na peneira (MOL) foi transferido para recipientes de alumínio (previamente pesados), levado a estufa a 65 °C até atingir peso constante (72 horas), sendo pesado todo o conjunto (ANDERSON; INGRAM, 1989).

Os resultados de matéria orgânica e macronutrientes das áreas experimentais estão apresentados na Tabela 5.

Notou-se pela Tabela que a área N0 possui o menor valor de matéria orgânica de solo, como já era esperado. Essa área está em condição recém-minerado, sendo que não possui crescimento de raízes, vegetação, o solo está exposto e continua em estado de manejo. A área de mata possui um valor significativo em relação às outras áreas em avançado estágio em recuperação, exceto a Serra da Cacimba que possui o maior valor experimentado.

Tabela 5 Matéria Orgânica e Macronutrientes dos diferentes estágios de recuperação do solo

Áreas	Textura	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H_Al	SB	CTC	V
N0	Arenoso	1	2	4.3	0.3	2	1	42	3	45	7
Duduca A3	Arenosa	3	14.67	3.97	0.67	2.53	1.2	33.33	4.4	37.73	11.64
Santa Maria A6	Argilosa	2.67	20	3.9	0.63	1.37	1.17	41	3.17	44.17	7.12
Santa Maria A14	Média	1.67	21.33	3.87	0.83	2.7	1.53	58	5.07	63.07	8.03
Serra da Onça A8	Argilosa	3.33	23	4.5	0.77	9.53	7.2	39	17.5	56.5	29.86
14 de Abril A4	Argilosa	3	20	4.7	0.63	7.13	4.67	47	12.63	59.53	22.9
Cacimba A1	Médio	7	47	4.2	2.3	6	2	121	10	131	8
Novo Mundo A1	Média	4.67	21.33	4.33	0.87	10.8	6.7	28	18.37	46.37	39.06
Capoeira	Arenoso	5	28	3.87	0.77	0.73	0.57	98.33	2.07	100.4	2.06
Mata	Arenoso	9	34.67	3.8	0.9	1.43	1.63	140	3.97	143.97	2.78

4.6 Avaliação da Medida da Altura de Serrapilheira dentro das Áreas Experimentais

Os ecossistemas de florestas tropicais em geral apresentam produção contínua de serrapilheira no decorrer do ano, sendo que a quantidade produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação (Vital et al. 2004), o estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serrapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais.

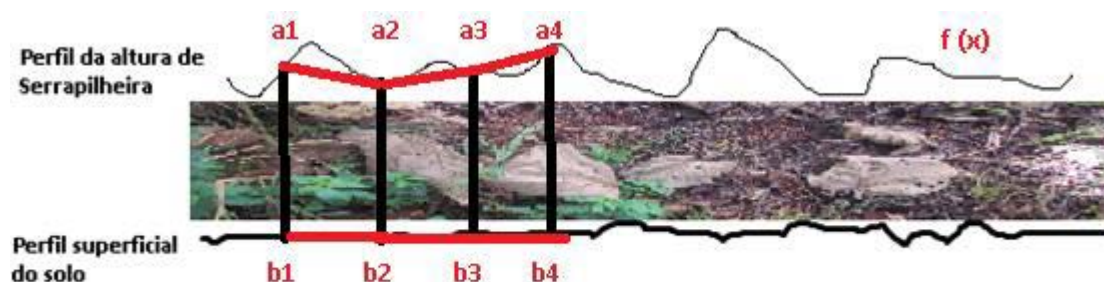
A atividade e a disseminação de microrganismos e invertebrados no sistema solo-serrapilheira é dependente de diversos fatores tais como, qualidade e quantidade da serrapilheira, pH, temperatura, umidade, cobertura vegetal e manejo agrícola (Schumacher e Hoppe, 1999).

A importância da comunidade do solo para a sustentabilidade e produtividade dos ecossistemas está baseada em sua participação nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes através da fragmentação e inserção do material orgânico e interação com os organismos presentes.

Diante disso, foi analisado medidas de serrapilheira das áreas experimentais em estudo por meio de um perfilômetro de hastes coletando a altura

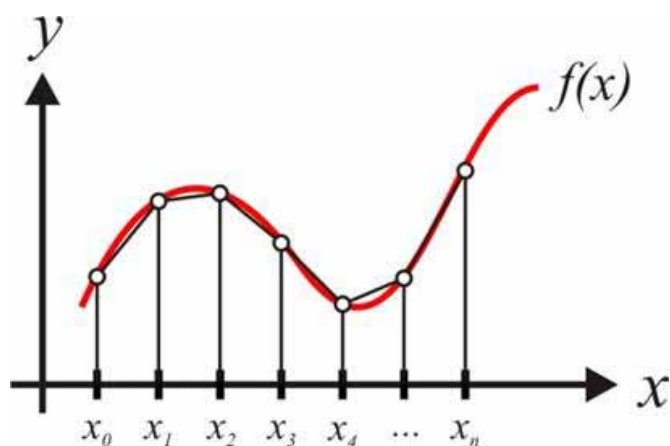
em pontos equidistantes e o somatório das áreas por meio do método regra trapézio como o modelo representado abaixo:

Figura 5 Perfil da Intersecção da altura de Serrapilheira e a medida superficial do solo.



Regra do Trapézio

Figura 6 Representação gráfica da regra do trapézio



Foi determinado valores para o valor absoluto do erro e utilizar a regra do trapézio para determinar o perfil da altura da serrapilheira dos pontos equidistantes e encontrar o somatório das áreas

$$E(f) = I(f) - T(f)$$

Sabemos que

$$E(f) = I(f) - T(f) = I(f) - I(p_1) = I(f - p_1)$$

Da equação do erro de interpolação temos

$$f(x) - p_1^{(x)} = f[a, b, x] (x - a) (x - b)$$

e como $(x - a) (x - b)$ não muda de sinal no intervalo $[a, b]$ podemos aplicar o Teorema do Valor Intermédio para Integrais e supondo que f é $C^2[a, b]$, obtemos a **fórmula do erro**:

$$E(f) = \frac{(b-a)^3}{12} f'', \text{ para } f \in C^2[a, b] \quad \text{Equação 8}$$

Dessa maneira foi criada uma rotina de programação utilizando o Matlab® com a seguinte notação:

$$\text{Trapz}(a) = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8)$$

$$\text{Trapz}(b) = (b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 + b_6 + b_7 + b_8)$$

$$\text{Trapz}(a) - \text{trapz}(b)$$

Figura 7 Malha para análise de diversidade biológica e serrapilheira.



Figura 8 Malha com o perfil superficial do solo.



5 ANÁLISE DE DADOS

5.1.Determinação e análise da variabilidade dos parâmetros morfométricos de agregação e biológicos.

5.1.1. Análise de consistência e dispersão dos dados

Determinou-se a média, desvio padrão e coeficiente de variação dos dados

A partir dos valores de coeficiente de variação foram identificados *outliers* que foram eliminados da série de dados.

5.1.2. Análise de frequência dos dados

Realizou-se a análise de frequência dos dados para avaliação da variabilidade das áreas experimentais. Determinaram-se os valores máximo e mínimo da série de dados para a determinação da amplitude ().

$$A = \text{Max} - \text{Min} - \text{Equação 9}$$

Onde,

A é a amplitude;

Max é valor máximo na série dos dados;

Min é valor mínimo na série dos dados.

Foram determinados os números de classes conforme a Equação 10

$$K = \sqrt{n} - \text{Equação 10}$$

Onde,

Nc é o número de classes;

N é o número de dados.

O intervalo de classe foi obtido através da Equação 11.

$$Ic = \frac{A}{K} - \text{Equação 11.}$$

Onde,

Ic é o intervalo de classe;

A é a amplitude;

K é o número de classes.

Utilizando a rotina *Histograma* do programa Excel[®] determinaram-se os histogramas para cada variável morfométrica dos agregados em todas as áreas experimentais.

No entanto, para a variável morfométrica DMG não foi determinado os histograma nas áreas experimentais, pois não foram realizadas coletas de dados amostrais em pares suficientes.

As variáveis biológicas (Coeficiente Metabólico, Respiração Basal, Carbono da Biomassa Microbiano) também não foram determinadas os histogramas, isso ocorreu porque esses experimentos demandam de um tempo hábil de realização dos procedimentos realizados nos laboratório(cerca de 15 dias) após a coleta. Desse modo, o solo coletado para a realização desse experimento

teve que ser utilizado para a realização dos experimentos por duas semanas apenas, demonstrando assim, maior dificuldade de obtenção dos dados , quando comparado as variáveis morfométricas dos agregados

5.1.3 Análise da amplitude entre os valores médios das áreas experimentais

Com base na média dos valores das séries de dados determinou-se a amplitude entre as médias das áreas experimentais. Os valores foram organizados em uma matriz de diferença cruzada entre as áreas experimentais, conforme a Equação 12(matriz)

$$M = \begin{pmatrix} a_{ii} & \cdots & a_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{ji} & \cdots & a_{jj} \end{pmatrix} \text{---Equação 12}$$

Onde,

M é a matriz de diferença cruzada;

a_{ii} corresponde a amplitude entre a média da área experimental i e a área experimental j

a_{ij} corresponde a diferença entre a média da área experimental i e a área experimental j ;

a_{ji} corresponde a diferença entre a média da área experimental j e a área experimental i ;

a_{jj} corresponde a diferença entre a média da área experimental j e a área experimental j ;

Os valores entre as médias das áreas experimentais foram convertidos entre o intervalo 0 e 1 para avaliação da amplitude de diferença entre as áreas experimentais (Equação 13).

$$Ar = \frac{D_{ij}}{D_{max}} \text{ Equação 13}$$

Onde,

Ar é amplitude regularizada entre o intervalo 0 e 1;

D corresponde a diferença entre as médias das áreas experimentais i e j

D_{max} corresponde ao valor máximo da diferença entre as médias de todas as áreas experimentais.

5. 3 Determinação e análise da função de pedotransferência

Em função do delineamento experimental empregado optou-se pela utilização da técnica estatística multivariada de análise de correlação canônica para estimar a função de pedotransferência que transfere a informação das variáveis morfológica de agregados, de obtenção expedita, para as biológicas, as quais demandam uma maior fonte de recursos em sua obtenção.

5.3.1 Avaliação de associação entre os parâmetros físicos e biológicos

Para realização da análise de Correlação Canônica é necessária a comprovação do relacionamento entre os grupos de variáveis. Realizou-se o estudo da correlação entre os grupos de variáveis que não tinha dependência com outras variáveis apresentadas nesse presente trabalho, tendo como base González et al. (2008). As variáveis selecionadas independentes são: Respiração Basal, Carbono da Biomassa Microbiana, DMG de agregados, Massa de agregados

Circularidade de agregados, Arredondamento de agregados, Área de agregados e Diâmetro Ferret de agregados. A correlação foi avaliada por meio da matriz de correlação cruzada e em mapas de correlação, através do programa R - R Core Team (2014).

5.33 Análise de correlação canônica e determinação da equação.

Os grupos de variáveis biológicas (Matriz B) e morfométricas dos agregados (Matriz M) foram transformadas em combinações lineares para realização da análise de Correlação Canônica, denominadas variáveis canônicas.

As variáveis canônicas são constituídas por duas combinações lineares, uma derivada da Matriz B e outra da Matriz B, sendo expressas conforme as Equações 14 e 15.

$$U_i = a_i X - \text{Equação 14}$$

Onde,

U_i corresponde a uma combinação linear resultante da Matriz B, sendo $i=1$ para a primeira combinação linear e $i=n$ para última combinação linear;

a_i representa vetores de constantes determinados de maneira a maximizar a correlação entre a combinação linear U_i e a combinação linear V_i , sendo $i=1$ para a primeira combinação linear e $i=n$ para última combinação linear;

X representa o vetor com as variáveis da Matriz B.

$$V_i = b_i Y - \text{Equação 15}$$

Onde,

V_i corresponde a combinação linear resultante da Matriz B, sendo $i=1$ para a primeira combinação linear e $i=n$ para última combinação linear;

B_i representa vetores de constantes determinados de maneira a maximizar a correlação entre a combinação linear U_1 e a combinação linear U_1 ;

Y representa o vetor com as variáveis da Matriz M .

5.3.4. Avaliação da função de pedotransferência

Com base modelo de pedotransferência gerado foram estimados os valores das variáveis biológicas. Os resultados foram comparados com os valores obtidos a partir das amostras das áreas experimentais para verificação da representatividade do modelo.

A avaliação foi realizada por meio do estudo de regressão linear simples utilizando resultados esperados e observados (Jack-knife).

A representatividade do modelo foi avaliada com base nos resultados do coeficiente de determinação e equação da regressão linear de ajuste.

1 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1.1 Determinação e análise da variabilidade dos parâmetros morfométricos de agregação.

De acordo com Zalamena et al (2008) altos valores de DMG (diâmetro médio geométrico) caracterizam um solo mais agregado. Nota-se (Tabela 6) que os valores médios determinados de DMG para todas as áreas ,que a área experimental denominada N0 não possui agregação substancial com relação as demais. Todas as áreas em avançado estágio de recuperação apresentam valores de agregação próximos e que já superam aos valores encontrados na área N0.

A capoeira e a mata possuem os maiores valores (3,2 e 3,38, respetivamente) para esse indicador, demonstrando melhores condições do solo e equilíbrio do ecossistema. Para Luciano et al. (2010) melhor agregação do solo pode ser influenciada pela atividade biológica e pela adição de matéria orgânica. Como nas áreas em recuperação o aporte de matéria orgânica foi feito de forma gradual era de se esperar que as modificações ocorridas nesse parâmetro também ocorram dessa forma, porém as áreas em recuperação nível sete de gestão operacional (N7) demosntraram valores de DMG intermediários entre a área N0 e as áreas naturais Capoeira e Mata, demostransdo que as áreas que foram degradadas e tiveram intervenção com planos de gestão de recuperação, não possuem resposta homogênia para esse parâmetro, denotando variabilidade de agregação.

A Tabela 6 abaixo apresenta os valores médios determinados de DMG para todas as áreas.

Tabela 6 Valores médios determinados de DMG(mm) para todas as áreas

DMG	N0	Duduca	STM	STM 14	SO	14 de abril	Cacimba	Novo Mundo	Capoeira	Mata
Amostra 1	1.11	1.97	2.52	1.45	2.12	2.25	2.17	1.55	2.47	3.28
Amostra 2	1.20	3.68	2.48	1.82	2.08	2.50	2.34	2.21	3.93	3.39
Amostra 3	1.16	2.82	2.50	1.64	2.10	2.37	2.25	1.88	3.20	3.45
Amostra 4	-	2.79	2.56	1.59	2.09	2.45	2.78	1.89	3.19	3.41
Média	1.16	2.81	2.52	1.62	2.1	2.39	2.38	1.88	3.20	3.38
Desvio padrão	0.05	0.70	0.03	0.15	0.02	0.11	0.27	0.27	0.60	0.07
Coef(variação)(%)	3.94	24.86	1.29	9.53	0.79	4.54	11.48	14.39	18.69	2.15

Considerando a natureza dos dados, analisando o coeficiente de variação ,menor que 30 em todas as áreas, os resultados indicam que não existiu uma variabilidade muito grande.

A Figura 9 apresenta as amplitudes entre os valores médios de DMG das áreas e classificação semântica da variabilidade, diferenciando o DMG das áreas experimentais de acordo com diferenças (Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta)

Com a análise das amplitudes resultados gráficos da Figura 15 notou-se que a área N0(Nível 0 de gestão) possui o DMG com a maior amplitude em relação a Mata e da Capoeira, e as áreas N7(Nível 7 de gestão) possuem resultados similares entre si e que se diferem tanto da área N0(Nível 0 de gestão) , como da Mata e da Capoeira. Isso reforça o uso desse parâmetro como indicador de qualidade do solo, pois demonstrou que a agregação do solo na área recém minerada possui o menor valor de DMG, assim como as áreas consideradas em avançado estágio de recuperação possuem valores intermediários de agregação quando comparado aos maiores valores representados pelas áreas naturais: Mata e Capoeira.

6.1.2. Análise da variabilidade da Circularidade dos Agregados do Solo.

Em anexo a Tabela 7 apresenta os valores médios determinados de Circularidade para todas as áreas.

Com a análise realizada desse parametro podemos considerar que as maiores médias encontradas nessas áreas foram para Santa Maria e Serra da Onça pois possuem solos médios e argilosos. No entanto o N0 mostrou-se também com uma circularidade alta. tal condição está associada com a característica do próprio mineral por essa área não possui agregação do próprio mineral.

Para as áreas de estudo os coeficientes de variação foram baixos.

Tabela 7 Valores médios determinados de circularidade para todas as áreas.

Circularidade	N0	Duduc a A3	STM 6	ST M14	SO A8	14 de abril A1	Cacimba A1	Novo mundo A1	Capoeira	Mata
Amostra 1	0.631	0.657	0.633	0.74	0.71	0.738	0.74	0.684	0.45	0.646
Amostra 2	0.662	0.718	0.734	0.753	0.71	0.723	0.58	0.679	0.642	0.586
Amostra 3	0.582	0.572	0.75	0.633	0.67	0.666	0.42	0.717	0.735	0.504
Amostra 4	0.759	0.696	0.482	0.76	0.75	0.58	0.63	0.638	0.591	0.652
Amostra 5	0.719	0.633	0.537	0.728	0.82	0.737	0.75	0.731	0.642	0.706
Amostra 6	0.76	0.657	0.753	0.748	0.74	0.689	0.58	0.782	0.675	0.508
Amostra 7	0.759	0.625	0.721	0.667	0.71	0.688	0.49	0.699	0.633	0.562
Amostra 8	0.626	0.573	0.678	0.878	0.79	0.715	0.65	0.519	0.477	0.635
Amostra 9	0.626	0.259	0.536	0.765	0.74	0.727	0.59	0.7	0.588	0.633
Amostra 10	0.767	0.744	0.63	0.785	0.75	0.559	0.64	0.607	0.567	0.633
Amostra 11	0.813	0.607	0.743	0.9	0.75	0.646	0.62	0.717	0.617	0.561
Amostra 12	0.751	0.633	0.696	0.831	0.79	0.665	0.42	0.731	0.571	0.567
Amostra 13	0.757	0.443	0.571	0.684	0.73	0.637	0.53	0.74	0.568	0.605
Amostra 14	0.679	0.559	0.571	0.822	0.91	0.717	0.62	0.81	0.638	0.604
Amostra 15	0.715	0.623	0.718	0.87	0.78	0.717	0.70	0.742	0.6	0.577
Amostra 16	0.654	0.682	0.762	0.809	0.76	0.646	0.45	0.735	0.302	0.581
Amostra 17	0.773	0.631	0.74	0.74	0.84	0.7	0.61	0.663	0.634	0.624
Amostra 18	0.792		0.587	0.748	0.87	0.649	0.60	0.615	0.668	0.573
Amostra 19	0.746		0.706	0.748	0.71	0.609	0.53		0.495	0.663
Amostra 20	0.904		0.581	0.722	0.77				0.272	0.605
Amostra 21	0.746		0.774	0.797	0.72				0.649	0.633
Amostra 22	0.788		0.698	0.79						0.567
Amostra 23	0.728		0.705	0.907						0.583
Amostra 24	0.808		0.675	0.704						0.563
Amostra 25	0.795		0.752	0.75						0.674
Amostra 26	0.743		0.804	0.729						0.533
Amostra 27	0.765		0.656	0.882						0.552
Amostra 28	0.821		0.687	0.722						0.622
Amostra 29	0.8		0.59	0.772						0.663
Amostra 30	0.756		0.728	0.845						0.583
Amostra 31			0.697							0.61
Amostra 32			0.706							0.57
Amostra 33			0.656							0.6
Amostra 34			0.639							0.597
Amostra 35			0.643							0.521
Média	0.74	0.61	0.67	0.77	0.76	0.67	0.59	0.69	0.57	0.60
Densvio padrão	0.07	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.10	0.07	0.12	0.05
Coef de variação (%)	9.40	18.65	11.48	8.89	7.77	7.80	16.38	9.87	20.32	7.89

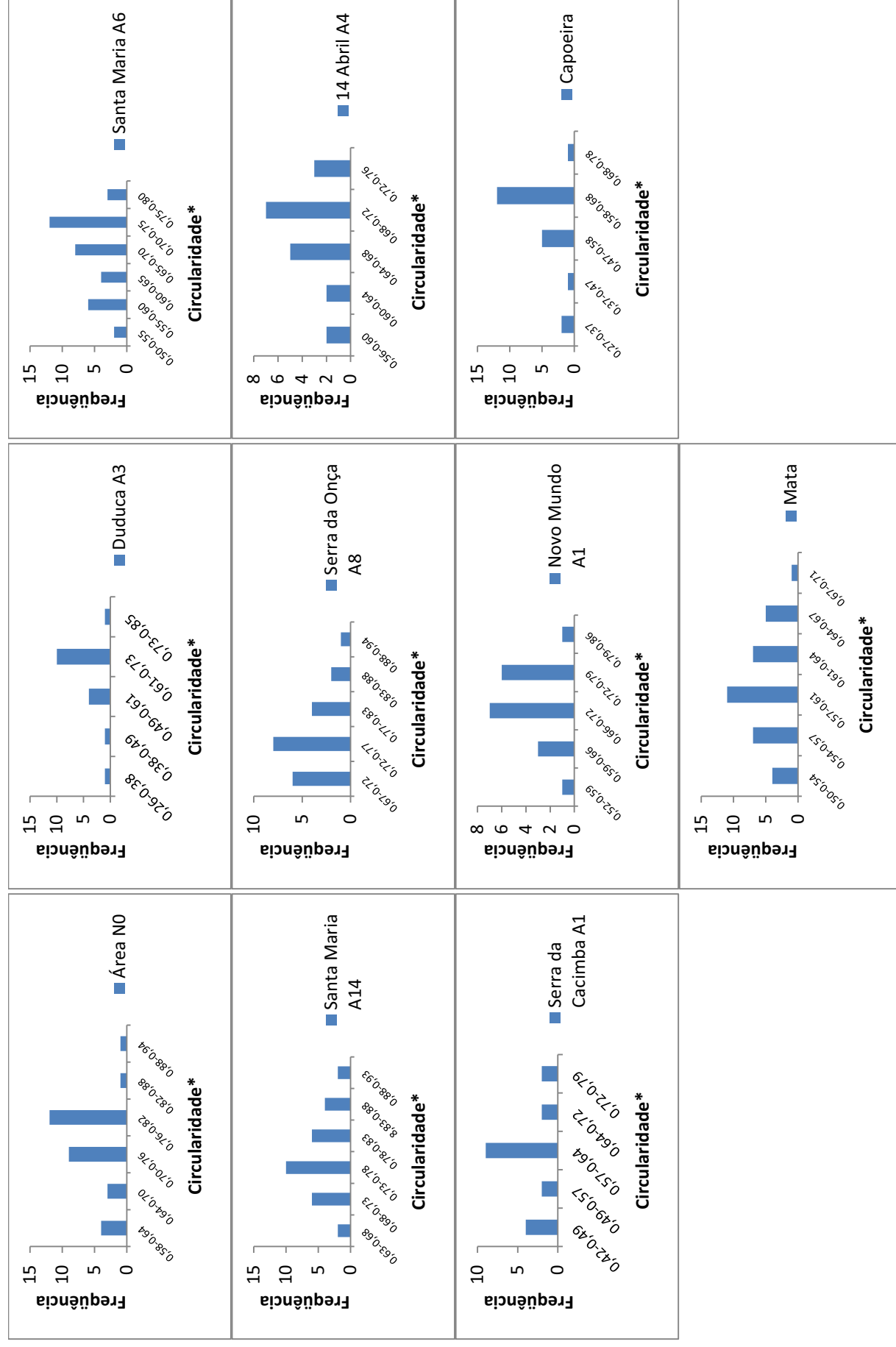
A análise da (Figura 10) apresenta as amplitudes entre os valores médios da circularidade dos agregados do solo.

Observa-se que algumas áreas N7(Nível 7 de gestão) possuem a circularidade próxima da Mata e da Capoeira, e as outras áreas no mesmo nível de gestão possuem resultados similares a área N0(Nível 0 de gestão).

Os histogramas de Circularidade de todas as áreas experimentais em estudo são apresentados por meio da Figura 11. Assim, nota-se que a área da Mata, quando analisada segundo o parâmetro circularidade possui um histograma simétrico de distribuição normal, onde a frequência dos dados é mais alto no centro e decresce gradualmente para as caudas. A média e a mediana são parecidas e se localizam no centro do histograma.

A área nível 7(plano de gestão), Santa Maria A14, apresentou distribuição próxima da Mata. Já as demais áreas não apresentaram esse comportamento. Essa condição pode estar associada ao tamanho da amostra ou a estabilidade ou fenômenos de estabilidade dos ecossistemas.

Figura 11 Histograma da distribuição de frequência das áreas experimentais para o parâmetro Circularidade



6.1.3 Determinação e análise da variabilidade do Arredondamento dos Agregados do Solo.

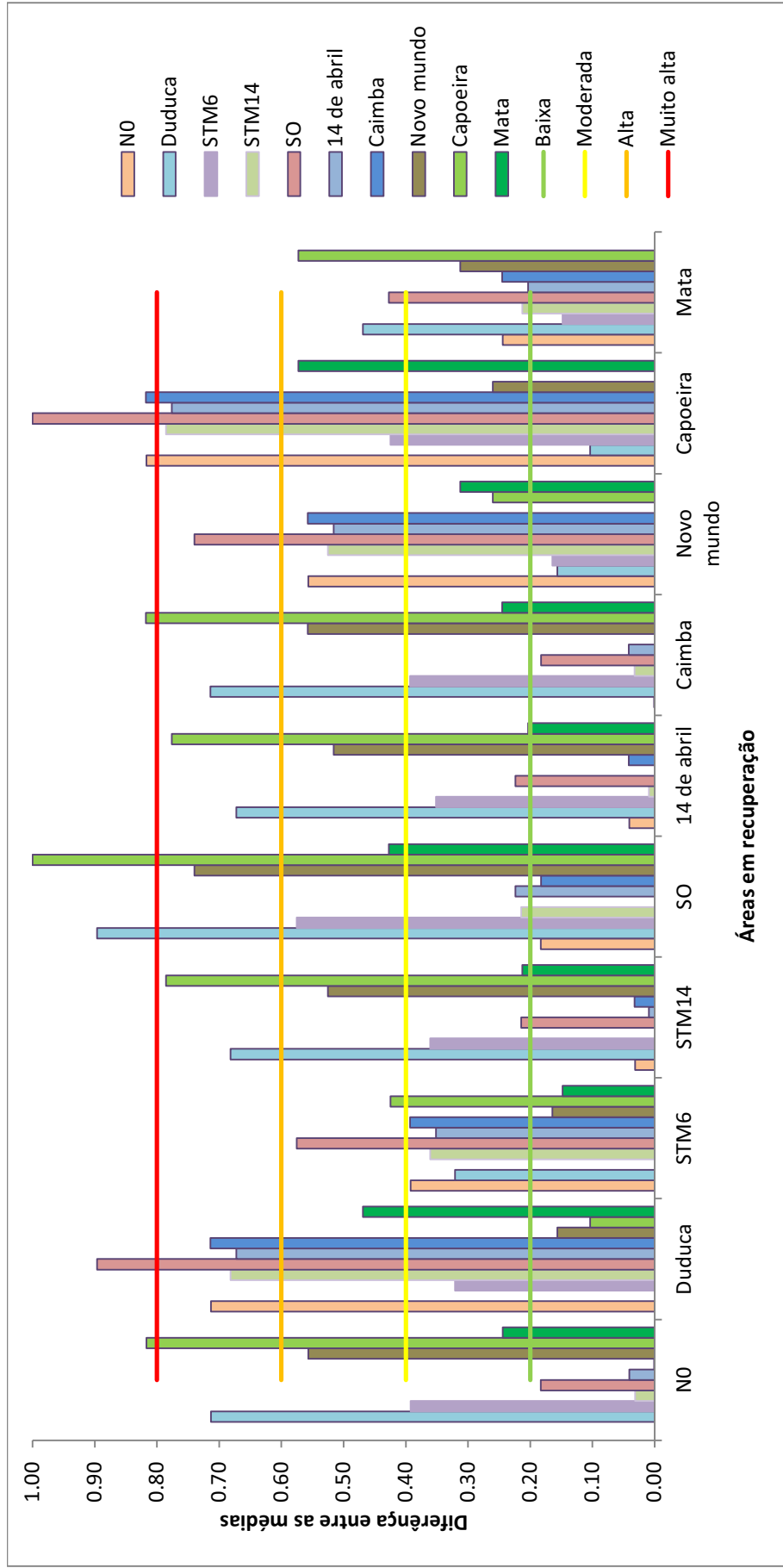
A Tabela 8 apresenta os valores médios determinados de Arredondamento para todas as áreas.

Nota-se com a (Tabela 8) da análise descritiva do parâmetro arredondamento para todas as áreas que as médias apresentam valores próximos entre si, demonstrando que o parâmetro arredondamento quando analisado individualmente não possui padrão de diferenciação entre as áreas. O coeficiente de variação das diferentes áreas também se mostram baixos.

Tabela 12 Valores médios determinados de arredondamento para todas as áreas.

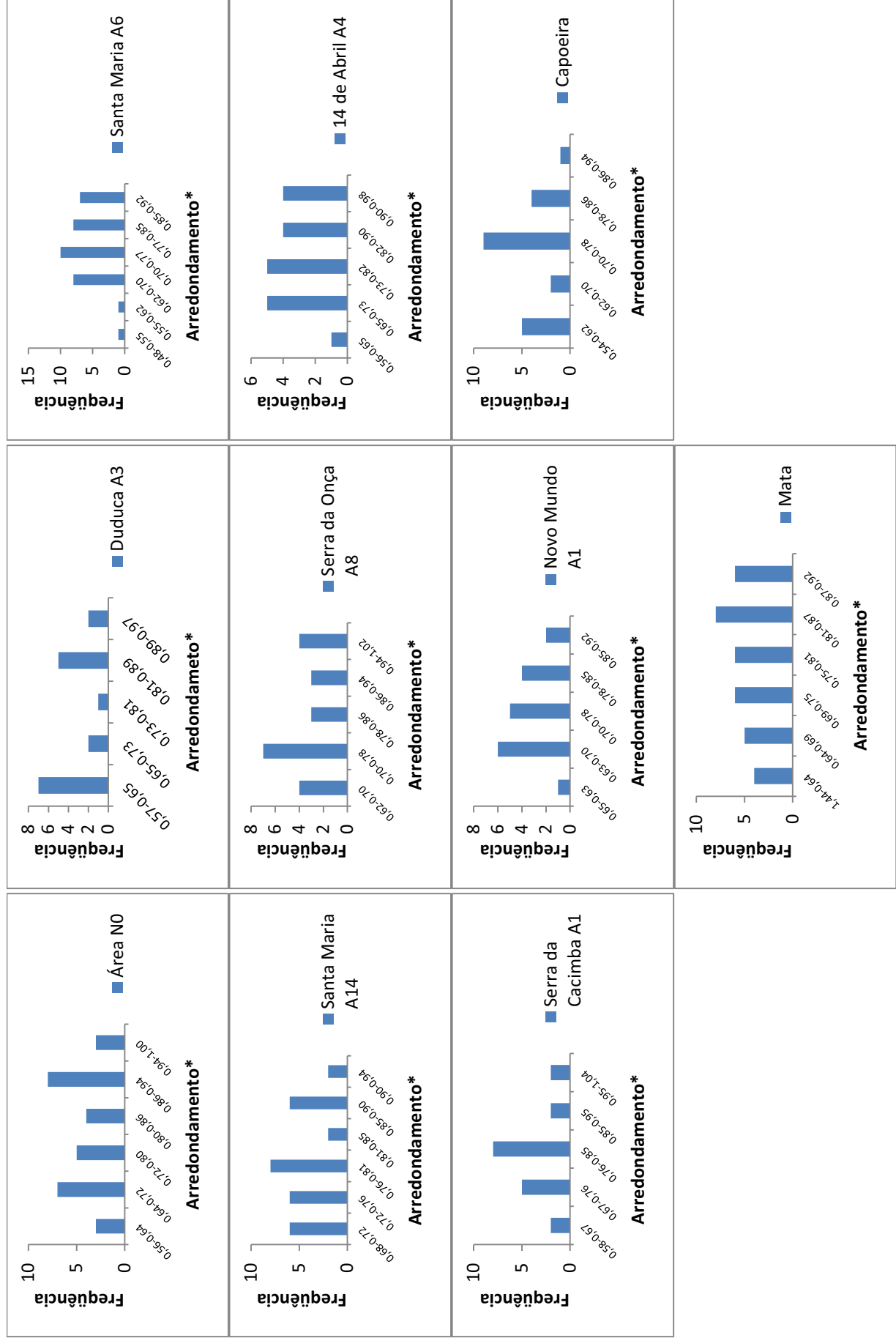
Arredondamento	N0	Duduca A3	ST M6	STM 14	SO A8	14 de abril A1	Cacimba A1	Novo mundo A1	Capoeira	Mat a
Amostra 1	0.56	0.613	0.47	0.758	0.877	0.89	0.887	0.753	0.539	0.867
Amostra 2	0.8	0.743	0.82	0.754	0.771	0.93	0.897	0.742	0.814	0.716
Amostra 3	0.73	0.609	0.64	0.858	0.622	0.814	0.733	0.675	0.819	0.803
Amostra 4	0.79	0.585	0.78	0.763	0.716	0.743	0.782	0.671	0.758	0.848
Amostra 5	0.69	0.71	0.91	0.704	0.886	0.75	0.838	0.663	0.814	0.824
Amostra 6	0.65	0.613	0.71	0.65	0.673	0.712	0.746	0.796	0.63	0.615
Amostra 7	0.59	0.813	0.74	0.675	0.771	0.841	0.594	0.802	0.632	0.729
Amostra 8	0.87	0.64	0.68	0.749	0.89	0.805	0.824	0.73	0.793	0.636
Amostra 9	0.65	0.87	0.68	0.698	0.69	0.859	0.769	0.701	0.776	0.712
Amostra 10	0.77	0.81	0.69	0.799	0.747	0.564	0.74	0.725	0.592	0.712
Amostra 11	0.65	0.899	0.91	0.858	0.759	0.648	0.831	0.837	0.77	0.82
Amostra 12	0.60	0.84	0.68	0.918	0.848	0.662	0.776	0.7	0.709	0.669
Amostra 13	0.67	0.565	0.81	0.731	0.728	0.648	0.85	0.869	0.611	0.857
Amostra 14	0.98	0.718	0.81	0.897	0.967	0.929	0.988	0.825	0.763	0.748
Amostra 15	0.65	0.897	0.73	0.869	0.854	0.929	0.978	0.852	0.721	0.682
Amostra 16	0.96	0.824	0.81	0.865	0.987	0.881	0.583	0.75	0.759	0.673
Amostra 17	0.81	0.586	0.70	0.881	0.967	0.93	0.69	0.673	0.704	0.853
Amostra 18	0.94		0.90	0.824	0.958	0.656	0.725	0.557	0.719	0.87
Amostra 19	0.81		0.86	0.777	0.676	0.776	0.809		0.603	0.735
Amostra 20	0.77		0.77	0.805	0.809				0.6	0.777
Amostra 21	0.68		0.78	0.717	0.781				0.91	0.781
Amostra 22	0.73		0.87	0.775						0.878
Amostra 23	0.89		0.57	0.872						0.784
Amostra 24	0.83		0.70	0.763						0.838
Amostra 25	0.90		0.76	0.702						0.822
Amostra 26	0.89		0.87	0.803						0.669
Amostra 27	0.93		0.71	0.789						0.58
Amostra 28	0.96		0.86	0.779						0.785
Amostra 29	0.93		0.68	0.701						0.854
Amostra 30	0.92		0.77	0.809						0.918
Amostra 31			0.79							0.69
Amostra 32			0.67							0.781
Amostra 33			0.76							0.899
Amostra 34			0.73							0.892
			0.65							0.596
Média	0.79	0.73	0.76	0.79	0.81	0.79	0.79	0.74	0.72	0.77
Densvio padrão	0.13	0.12	0.10	0.07	0.11	0.12	0.11	0.08	0.10	0.09
Coef de variação (%)	16.0	16.52	12.7	8.36	13.41	14.66	13.59	10.84	13.41	12.05

Figura 12 Amplitudes entre os valores médios de Arredondamento e classificação semântica da variabilidade



A Figura 12 apresenta os valores de amplitude das médias do parâmetro arredondamento. Nota-se maior variabilidade para N0 de acordo com o coeficiente de variação, refletindo nas amplitudes, observa-se também que o arredondamento pode acontecer nas partículas minerais, como caso da área N0 que não possui agregação.

Figura 13 Histograma de frequência da distribuição das áreas experimentais para o parâmetro Arredondamento



Observa-se na Figura 13 que as áreas não possuem histograma com normalidade definida. A área da Mata apresenta homogeneidade de arredondamento nas diferentes frequências.

6.1.4.Determinação e análise da variabilidade da Massa dos Agregados.

A Tabela 9 apresenta os valores médios determinados da Massa para todas as áreas.

Considerando a natureza dos dados, analisando o coeficiente de variação, maior ou muito próximo de 30 em todas as áreas, pode-se concluir que existiu uma variabilidade grande nos dados.

Com a menor massa de agregado, a área N0, comprova sua menor agregação, a Mata e a Capoeira, possui a maior massa de agregado, demonstrando que agregados maiores pesam mais. Assim como no parâmetro DMG, as áreas em recuperação possuem valores intermediários entre a área degradada (N0) e a Mata e a Capoeira.

Tabela 8 Valores médios determinados de massa para todas as áreas.

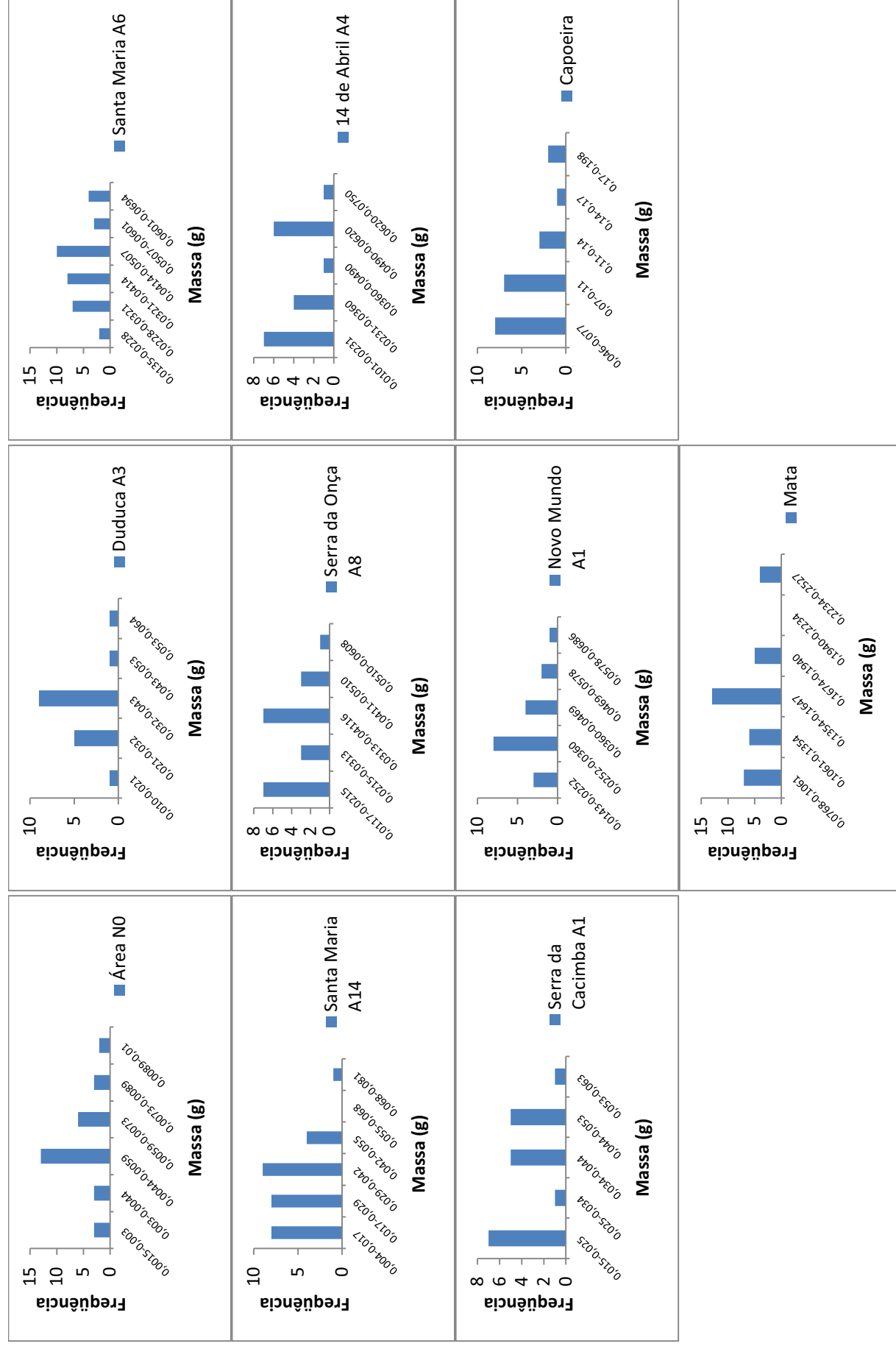
Massa	N0	Duduca A3	STM 6	STM 14	SO A8	14 de abril A1	Cacimba A1	Novo mundo A1	Capoeira	Mat a
Amostra 1	0.006	0.0358	0.058	0.074	0.024	0.0262	0.0495	0.0604	0.0787	0.153
Amostra 2	0.007	0.0277	0.048	0.0205	0.050	0.0516	0.0492	0.0328	0.1367	0.151
Amostra 3	0.002	0.0265	0.031	0.0062	0.056	0.0533	0.0437	0.0328	0.0814	0.163
Amostra 4	0.001	0.01023	0.065	0.0476	0.031	0.0304	0.0348	0.0413	0.1038	0.151
Amostra 5	0.006	0.0353	0.067	0.0192	0.043	0.0354	0.0393	0.0306	0.072	0.243
Amostra 6	0.003	0.031	0.038	0.0037	0.032	0.0555	0.0177	0.0518	0.0648	0.154
Amostra 7	0.006	0.0344	0.050	0.0311	0.036	0.0666	0.0508	0.0361	0.0496	0.105
Amostra 8	0.009	0.0237	0.037	0.0535	0.022	0.0206	0.0248	0.0353	0.0893	0.115
Amostra 9	0.004	0.0549	0.038	0.0345	0.038	0.0579	0.0412	0.0397	0.1371	0.181
Amostra 10	0.004	0.0344	0.022	0.0455	0.028	0.0544	0.0186	0.0403	0.1153	0.127
Amostra 11	0.005	0.0403	0.028	0.0224	0.036	0.0157	0.0197	0.0322	0.1857	0.250
Amostra 12	0.008	0.0438	0.045	0.0382	0.034	0.0366	0.0154	0.0143	0.1438	0.174
Amostra 13	0.005	0.0405	0.034	0.0302	0.045	0.0568	0.0171	0.0513	0.0549	0.088
Amostra 14	0.004	0.0377	0.060	0.0228	0.020	0.0213	0.0312	0.0306	0.0856	0.121
Amostra 15	0.007	0.0257	0.047	0.0174	0.036	0.0245	0.0576	0.0268	0.0965	0.153
Amostra 16	0.006	0.0334	0.013	0.04	0.013	0.0201	0.0514	0.0145	0.1758	0.169
Amostra 17	0.004	0.0329	0.045	0.0162	0.016	0.0101	0.0453	0.0249	0.0925	0.088
Amostra 18	0.003		0.044	0.0296	0.015	0.0187	0.0428	0.0312	0.059	0.103
Amostra 19	0.001		0.026	0.0145	0.011	0.0199	0.0214		0.0621	0.076
Amostra 20	0.005		0.047	0.0374	0.018				0.0462	0.156
Amostra 21	0.007		0.053	0.0141	0.017				0.0688	0.168
Amostra 22	0.004		0.054	0.0233						0.154
Amostra 23	0.004		0.060	0.0229						0.127
Amostra 24	0.005		0.041	0.0315						0.161
Amostra 25	0.005		0.027	0.0163						0.083
Amostra 26	0.004		0.025	0.0474						0.144
Amostra 27	0.007		0.040	0.0262						0.161
Amostra 28	0.004		0.034	0.0115						0.235
Amostra 29	0.008		0.030	0.0352						0.097
Amostra 30	0.004		0.042	0.0135						0.180
Amostra 31			0.049							0.233
Amostra 32			0.023							0.139
Amostra 33			0.040							0.127
Amostra 34			0.047							0.123
Amostra 35			0.042							0.159
Média	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.10	0.15
Desvio padrão	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04
Coef de variação (%)	36.39	28.72	30.37	54.45	42.60	50.11	39.73	33.92	42.19	29.39

Os maiores DMGs encontrados foram o da Mata e Capoeira, desse modo comprovando maior agregação nessas áreas, a massa referentes a essas amostras também são as maiores encontradas. Com a análise da (Figura 14) nota-se que partindo da área Mata como referência pode se afirmar que nesse parametro a área N0 possui a maior diferença de massa, por possuir o menor DMG e menor massa. A área Capoeira mostrou-se diferente das outras áreas em estudo (N0 e as áreas N7 plano de gestão.

Lier (1997) utilizou do parâmetro DMA(Diâmetro de massa acumulada) no lugar do DMP ou DMG, por ser considerado, no seu cálculo, um diâmetro médio para cada fração que leva em consideração a provável distribuição dos tamanhos dos agregados dentro da fração. No caso do presente trabalho os resultados de massa e DMG foram similares, denotando que esses parâmetros são ligados entre si.

A Figura 15 mostra os histogramas de massa para todas as áreas experimentais, e de como já observado pelo coeficiente de variação das áreas, que no geral estava muito elevado, para o parâmetro área, a massa demonstrou muita variabilidade, desso modo não se observou tendência normal nos histogramas apresentados.

Figura 15 Histograma da distribuição de frequência das áreas experimentais para o parâmetro Massa.



6.1.5. Determinação e análise da variabilidade do Volume relativo.

A Tabela 10 apresenta os valores médios determinados do Volume Relativo para todas as áreas.

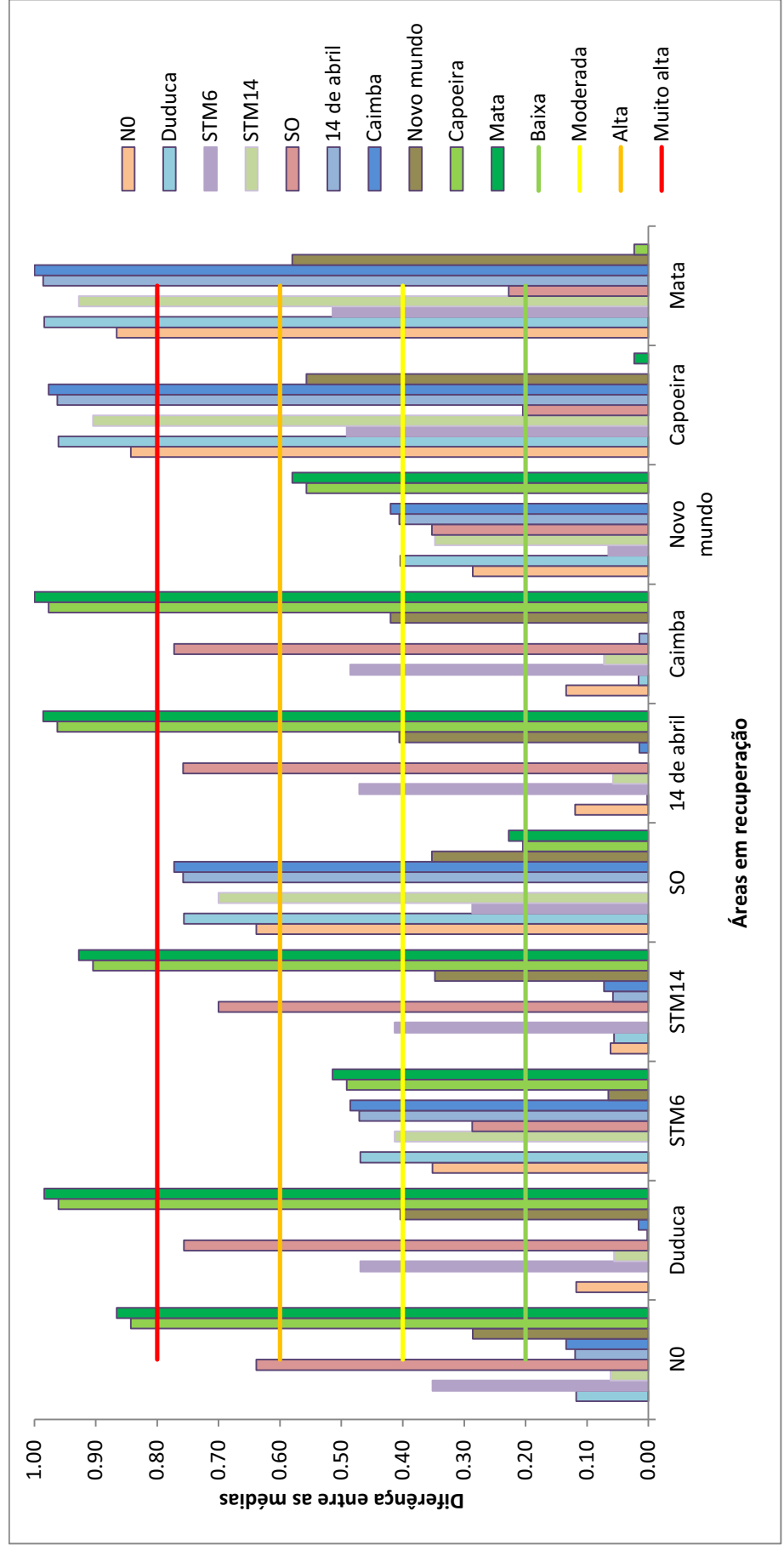
Com relação as médias das áreas experimentais do Volume Relativo para agregados, a Mata e a Capoeira demonstram os maiores Volume Relativos e a área em recuperação Cacimba apresenta o menor volume Relativo. Esses resultado pode ser explicado devido as diferenças minerais das áreas experimentais.

Os coeficientes de variação para esse parâmetros demonstram que os dados possuem alta variabilidade. A Mata e a Capoeira obtiveram valores muito altos de coeficientes de variação, com altas probabilidade de serem dados espúrios.

Tabela 9 Valores médios determinados de Volume Relativo para todas as áreas.

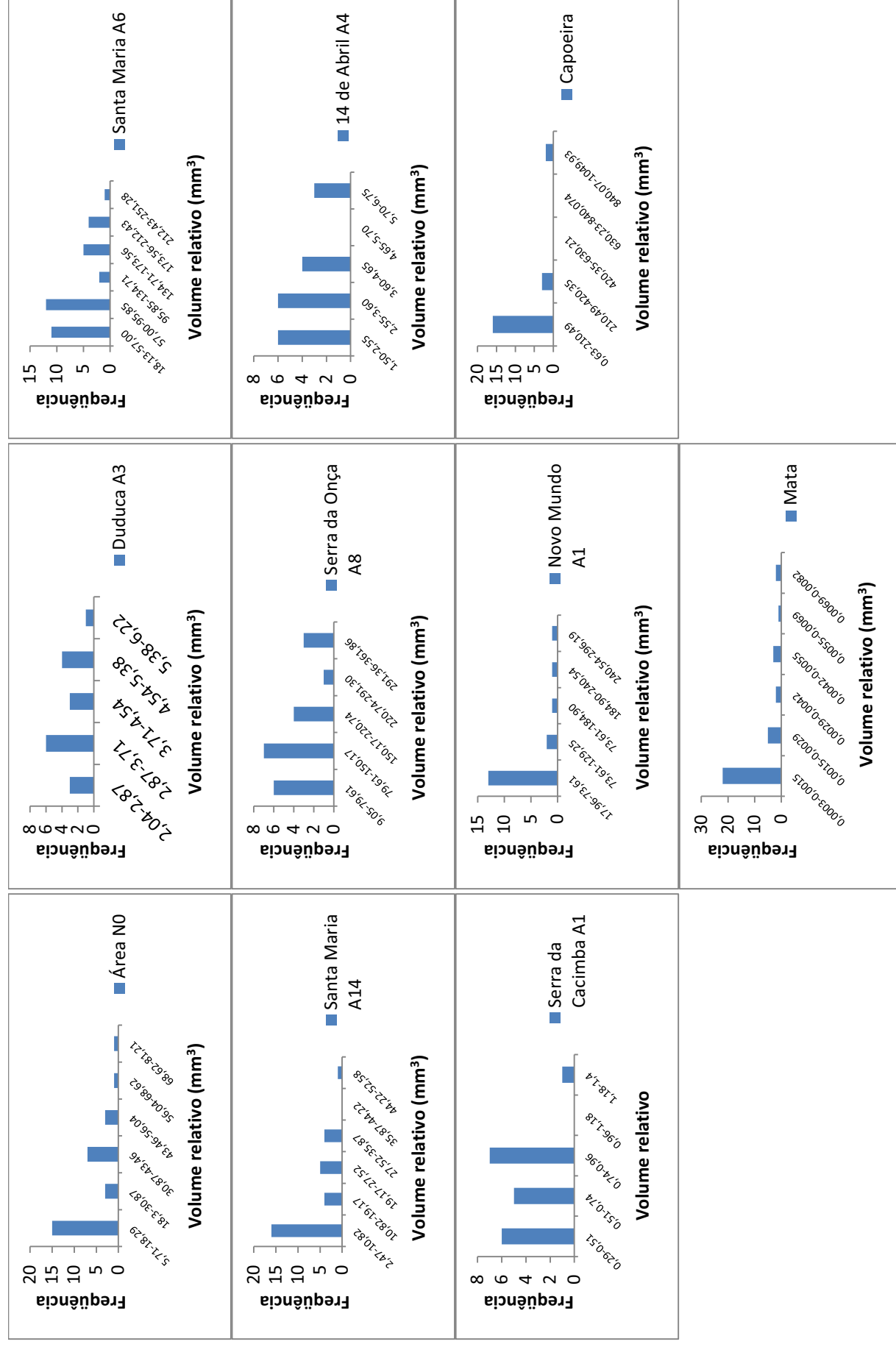
Volume Relativo	N0	Duduc a A3	STM6	STM1 4	SO A8	14 de abril A1	Cacimb a A1	Novo mundo A1	Capoeir a	Mata
Amostra 1	22.789	3.38584	21.312	48.209	122.77	3.836486	0.668353	254.0448	1.891862	138.95
Amostra 2	14.876	3.42010	37.885	14.621	318.55	6.055544	0.438602	41.26029	121.7614	121.87
Amostra 3	13.801	2.52935	32.693	8.4543	215.54	5.692573	0.293832	57.29013	60.32153	359.07
Amostra 4	8.2572	4.75847	248.02	6.4668	174.25	2.352717	0.366563	48.29315	201.7933	78.03
Amostra 5	22.201	3.56735	189.93	3.1190	143.15	3.722771	0.914606	72.91775	90.66745	687.48
Amostra 6	37.513	3.38584	78.255	3.0222	323.26	3.27356	0.614815	158.5366	102.8053	628.75
Amostra 7	48.301	3.98039	64.350	28.446	24.347	5.799388	0.607006	51.83827	386.5849	45.737
Amostra 8	33.281	2.22525	18.133	24.969	84.785	2.571381	0.932064	47.0488	0.633778	310.74
Amostra 9	16.768	2.03698	141.61	30.238	235.37	4.573787	0.589254	49.34622	64.56353	28.823
Amostra 10	11.717	4.11994	70.209	6.5500	332.40	2.958392	0.877628	97.17601	130.7652	28.823
Amostra 11	74.628	4.62774	67.134	12.691	188.71	1.503012	0.717701	68.29225	347.1827	253.59
Amostra 12	19.782	4.81951	153.85	23.086	80.700	3.466811	0.434719	32.65991	962.3329	32.212
Amostra 13	34.825	3.02839	33.344	19.402	183.43	3.925087	0.855725	74.5223	37.32292	239.17
Amostra 14	40.847	5.00638	33.344	2.4702	60.092	3.319474	1.2807	208.795	274.2953	491.63
Amostra 15	12.967	5.48297	200.94	3.484	139.52	3.319474	0.768464	58.53994	22.09615	57.964
Amostra 16	13.488	3.74270	65.774	19.541	104.46	2.368987	0.488184	64.49372	867.223	246.22
Amostra 17	11.246	3.05371	90.025	7.4682	66.092	2.06367	0.825406	31.37333	14.69174	93.094
Amostra 18	9.4296		19.973	15.786	9.0453	1.725328	0.885279	17.96003	59.29482	46.322
Amostra 19	10.809		88.528	9.2118	105.44	2.091184	0.344525		43.00648	75.253
Amostra 20	17.498		82.684	15.922	77.594				41.66374	174.90
Amostra 21	48.03		41.415	27.815	75.939				42.4617	222.39
Amostra 22	16.148		184.25	3.7414						22.223
Amostra 23	43.849		177.79	28.132						385.11
Amostra 24	16.609		120.60	10.134						144.15
Amostra 25	10.190		44.690	6.9397						67.924
Amostra 26	5.7086		90.029	22.553						48.819
Amostra 27	35.64		58.225	5.7045						138.91
Amostra 28	56.962		157.65	5.2071						29.192
Amostra 29	34.830		153.10	4.0062						64.208
Amostra 30	32.888		29.246	10.780						625.44
Amostra 31			69.515							66.238
Amostra 32			100.67							26.403
Amostra 33			79.758							458.59
Amostra 34			32.997							106.84
Amostra 35			141.84							61.862
Média	25.86	3.72	92.00	14.27	145.98	3.40	0.68	79.69	184.45	188.77
Densvjo padrão	16.85	1.00	60.68	10.98	95.31	1.35	0.25	63.50	266.38	190.80
Coefficiente de variação (%)	65.16	26.78	65.96	76.90	65.29	39.81	37.30	79.69	144.42	101.07

Figura 16 Amplitudes entre os valores médios do Volume Relativo dos Agregados e classificação semântica da variabilidade



Como já observado anteriormente, Mata, Capoeira e a Cacimba mostraram as maiores diferenças entre as outras áreas, isso é comprovado visualmente pelo gráfico apresentado na Figura 16.

Figura 17 Amplitudes da distribuição de frequência das áreas experimentais para o parâmetro Volume Relativo



A Figura 17 mostra os histogramas de Volume Relativo para todas as áreas experimentais, como já observado pelo coeficiente de variação das áreas, que no geral estava muito elevado, esse parâmetro demonstrou muita variabilidade na maioria das áreas., desse modo não se observou tendência normal nos histogramas apresentados. Os dados das áreas Mata, Novo Mundo e Capoeira se concentraram apenas em um intervalo de classe, demonstrando que nessas áreas o Volume Relativo não é tão variado.

6.1.6 Determinação e análise da variabilidade da Densidade Relativa.

A Tabela 11 apresenta os valores médios determinados de Densidade Relativa para todas as áreas.

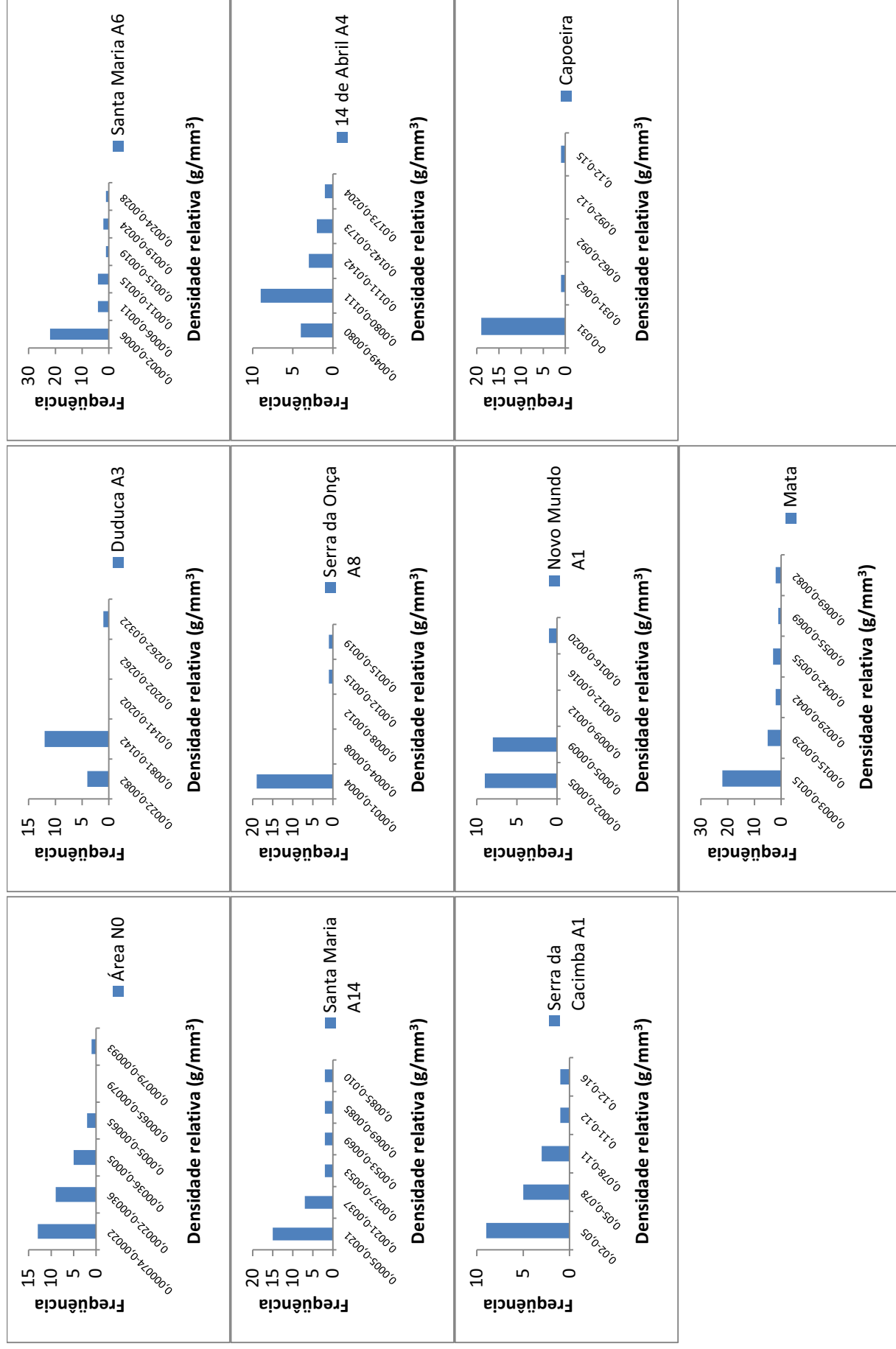
Os coeficientes de variação para esse parâmetros demonstram que os dados possuem alta variabilidade. A Mata e a Capoeira obtiveram valores muito altos de coeficientes de variação, com altas probabilidade de serem dados espúrios.

Tabela 10 Valores médios determinados de Densidade Relativa para todas as áreas.

Densidade Relativa	N0	Duduc a A3	STM6	STM1 4	SO A8	14 de abril A1	Cacimb a A1	Novo mundo A1	Capoeir a	Mata
Amostra 1	0.0002	0.01057	0.0027	0.0015	0.0002	0.006829	0.074063	0.000238	0.041599	0.0011
Amostra 2	0.0004	0.00809	0.0012	0.0014	0.0001	0.008521	0.112175	0.000795	0.001123	0.0012
Amostra 3	0.0001	0.01047	0.0009	0.0007	0.0002	0.009363	0.148725	0.000573	0.001349	0.0004
Amostra 4	0.0002	0.00215	0.0002	0.0073	0.0001	0.012921	0.094936	0.000855	0.000514	0.0019
Amostra 5	0.0002	0.00989	0.0003	0.0061	0.0003	0.009509	0.042969	0.00042	0.000794	0.0003
Amostra 6	9.86E-	0.00915	0.0004	0.0012	9.96E-	0.016954	0.028789	0.000327	0.00063	0.0002
Amostra 7	0.0001	0.00864	0.0007	0.0010	0.0015	0.011484	0.08369	0.000696	0.000128	0.0023
Amostra 8	0.0002	0.01065	0.0020	0.0021	0.0002	0.008011	0.026608	0.00075	0.002123	0.0003
Amostra 9	0.0002	0.02695	0.0002	0.0011	0.0001	0.012659	0.069919	0.000805	0.000882	0.0063
Amostra 10	0.0003	0.00835	0.0003	0.0069	8.57E	0.018388	0.021193	0.000415	0.000535	0.0044
Amostra 11	7.37E-	0.00870	0.0004	0.0017	0.0001	0.010446	0.027449	0.000472	0.000149	0.0009
Amostra 12	0.0004	0.00908	0.0002	0.0016	0.0004	0.010557	0.035425	0.000438	0.001471	0.0054
Amostra 13	0.0001	0.01337	0.0010	0.0015	0.0002	0.014471	0.019983	0.000688	0.000312	0.0003
Amostra 14	0.0001	0.00753	0.0018	0.0092	0.0003	0.006417	0.024362	0.000147	0.004367	0.0002
Amostra 15	0.0005	0.00468	0.0002	0.0049	0.0002	0.007381	0.074955	0.000458	0.000203	0.0026
Amostra 16	0.0004	0.00892	0.0002	0.0020	0.0001	0.008485	0.105288	0.000225	0.006296	0.0006
Amostra 17	0.0004	0.01077	0.0005	0.0021	0.0002	0.004894	0.054882	0.000794	0.000995	0.0009
Amostra 18	0.0003		0.0022	0.0018	0.0017	0.010839	0.048346	0.001737	0.001444	0.0022
Amostra 19	0.0001		0.0002	0.0015	0.0001	0.009516	0.062115		0.001109	0.0010
Amostra 20	0.0003		0.0005	0.0023	0.0002				0.00162	0.0008
Amostra 21	0.0001		0.0012	0.0005	0.0002				0.140901	0.0007
Amostra 22	0.0002		0.0002	0.0062						0.0069
Amostra 23	0.0001		0.0003	0.0008						0.0003
Amostra 24	0.0003		0.0003	0.0030						0.0011
Amostra 25	0.0005		0.0006	0.0234						0.0012
Amostra 26	0.0008		0.0002	0.0021						0.0029
Amostra 27	0.0002		0.0006	0.0045						0.0011
Amostra 28	7.9E- 05		0.0002	0.0022						0.0080
Amostra 29	0.0056		0.0001	0.0087						0.0015
Amostra 30	0.0001		0.0014	0.0012						0.0002
Amostra 31			0.0061							0.0035
Amostra 32			0.0004							0.0055
Amostra 33			0.0002							0.0002
Amostra 34			0.0012							0.0011
Amostra 35			0.0003							0.0025
Média	0.00044	0.00988	0.00084	0.00368	0.00033	0.010402	0.060835	0.000602	0.009931	0.002
Densvto padrão	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
Coefficiente de variação (%)	62.01	51.13	124.56	82.49	122.75	33.59	59.42	59.76	269.58	102.76

Com a análise da Figura 18, é possível notar que a área experimental Cacimba com relação ao parâmetro Densidade Relativa de Agregados possui diferença significativa com todas as outras áreas experimentais, isso pode ser explicado pelo sistema de tratamento de minério (washing plant) que essa área teve, onde resultou em resíduo de Cassiterita, aumentando o peso específico dos grãos, resultando em valores fora da tendência das demais áreas de Volume Relativo de Agregados e Densidade Relativa de Agregados.

Figura 19 Histograma da distribuição de frequência das áreas experimentais para o parâmetro Densidade Relativa



A Figura 19 mostra os histogramas da Densidade Relativa para todas as áreas experimentais, como já observado pelo coeficiente de variação das áreas, que no geral estava muito elevado, esse parâmetro demonstrou muita variabilidade na maioria das áreas., desse modo não se observou tendência normal nos histogramas apresentados. Os dados das áreas Mata, Serra da Onça e Capoeira e Duduca se concentraram apenas em um intervalo de classe.

6.1.4.Determinação e análise da variabilidade do parâmetro Ferret dos Agregados.

A Tabela 12 apresenta os valores médios determinados do Diâmetro Ferret para todas as áreas.

Os coeficientes de variação para esse parâmetros demonstram que os dados possuem alta variabilidade. A Mata e a Capoeira obtiveram valores muito altos de coeficientes de variação.

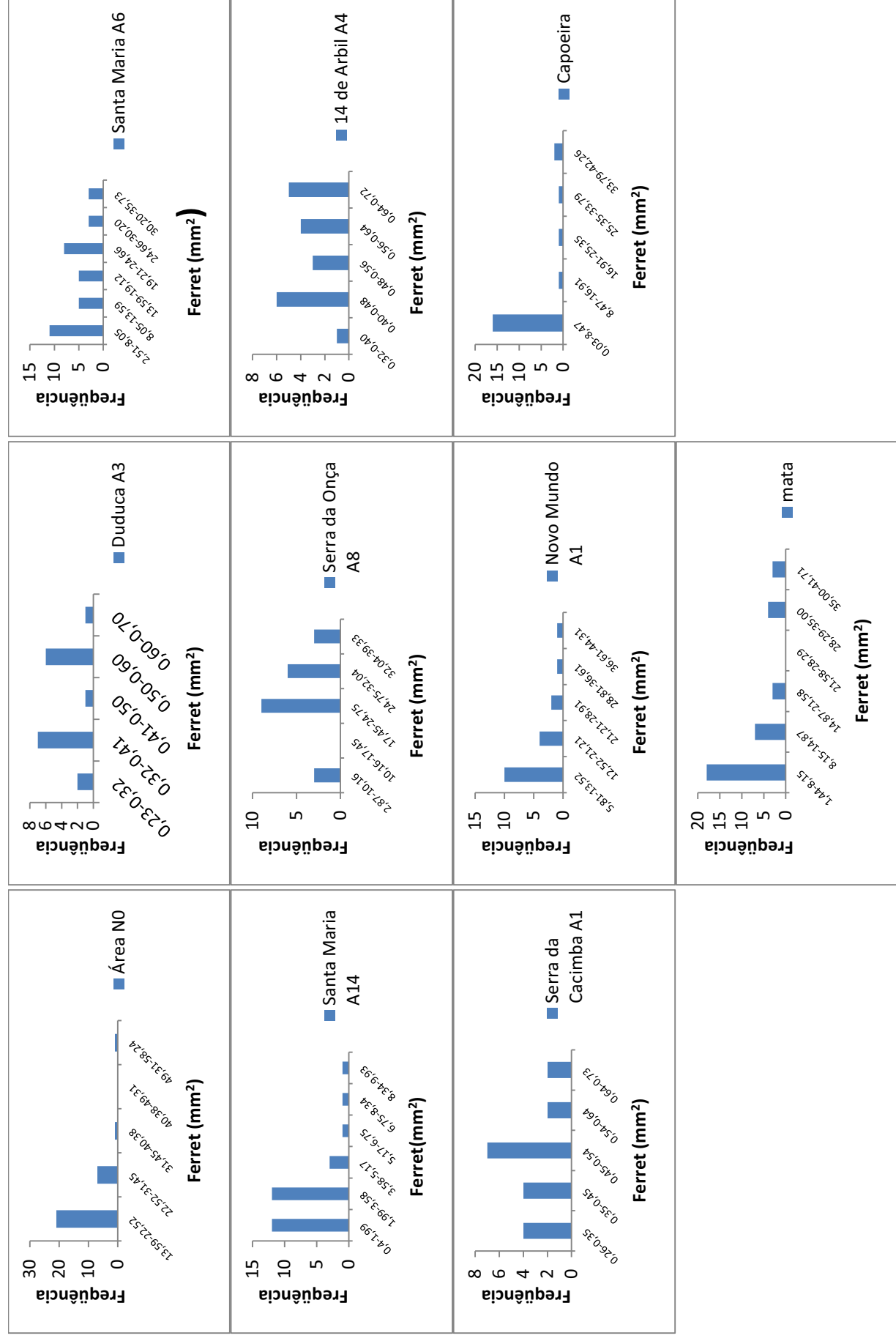
Tabela 11 Valores médios determinados de Ferret para todas as áreas.

Ferret	N0	Duduca	Santa Maria 6	Santa Maria 14	Serra da Onça	14 de Abril	Cacimba	Novo Mundo	Capoeira	Mata
Amostra 1	22.3	0.40274	2.51174	4.484	22.62234	0.65682	0.6546	30.90945	0.10003	7.1445
Amostra 2	17.6	0.53347	5.24116	3.117	36.28768	0.67239	0.5193	8.149375	6.42523	6.6867
Amostra 3	14.4	0.34834	7.70338	3.094	26.2812	0.542124	0.3063	7.396092	3.32359	18.031
Amostra 4	11.0	0.40716	34.8836	0.74	29.29599	0.43094	0.4887	5.817401	8.30373	4.3792
Amostra 5	15.3	0.44943	23.4976	0.807	22.15366	0.55275	0.6318	15.22609	4.43015	29.260
Amostra 6	26.4	0.40274	14.0117	0.494	34.74676	0.490568	0.4334	25.86031	8.17212	31.434
Amostra 7	22.9	0.50812	9.62683	3.744	3.009707	0.578608	0.2880	9.84676	0.03449	3.2063
Amostra 8	19.0	0.36672	2.83734	3.172	20.13185	0.575575	0.5323	5.844572	2.43461	29.531
Amostra 9	13.0	0.22533	25.6927	5.2	30.18944	0.624493	0.4567	7.325202	6.52374	1.8005
Amostra 10	6.3	0.60264	15.7243	0.807	35.88382	0.315276	0.4728	14.28744	15.6986	1.8005
Amostra 11	53.6	0.54569	15.6911	2.7	27.24163	0.418608	0.5152	13.89042	37.4077	12.794
Amostra 12	14.9	0.53172	23.0788	3.5	19.71678	0.44023	0.3274	9.290261	2.92041	2.1897
Amostra 13	18.3	0.25029	6.46147	3.049	27.98598	0.412776	0.4505	11.95321	19.5339	21.063
Amostra 14	19.5	0.40136	6.46147	0.4	9.94504	0.666093	0.6108	38.47692	1.42198	41.151
Amostra 15	11.6	0.55883	27.2226	0.8	26.72548	0.666093	0.6846	17.796	28.625	4.2642
Amostra 16	7.2	0.56196	11.5913	3.341	23.58106	0.569126	0.2600	21.57702	0.88995	16.447
Amostra 17	5.7	0.36976	30.4655	1.995	17.51252	0.651	0.4195	6.581358	4.77972	11.840
Amostra 18	4.7		3.25918	2.915	2.86836	0.425744	0.4371	5.865456	3.11370	4.7620
Amostra 19	13.6		19.4590	2.9	22.73509	0.472584	0.4320		2.53822	8.714
Amostra 20	13.0		12.6052	2.377	22.54662				3.25689	13.195
Amostra 21	29.0		6.02094	6.8	18.00794				38.703	14.1
Amostra 22	13.3		22.9248	0.762						1.4436
Amostra 23	28.7		22.60386	9.1						35.119
Amostra 24	12.0		20.6749	1.659						9.4168
Amostra 25	11.4		9.010131	1.9						7.6655
Amostra 26	8.5		23.51244	2.915						3.5563
Amostra 27	24.1		11.16287	1						7.3559
Amostra 28	38.9		35.26889	1.7						1.4418
Amostra 29	24.4		25.42673	0.6						7.0753
Amostra 30	24.1		5.959576	4.1						36.457
Amostra 31			7.853118							3.6911
Amostra 32			23.68865							1.8972
Amostra 33			19.04672							33.084
Amostra 34			4.696889							9.0037
Amostra 35			18.99018							4.0199
Média	18.1	0.44	15.85	2.67	22.83	0.53	0.47	14.23	8.00	12.72
Densvño padrão	10.4	0.11	9.45	1.96	9.19	0.11	0.12	9.45	9.96	11.83

Coefficiente de variação (%)	57.2	25.11	59.62	73.29	40.26	20.15	25.89	66.44	124.55	93.06
------------------------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

Com a análise da Figura 20, é possível notar que a área experimental Cacimba Novo Mundo, Serra da Onça e 14 de Abril, obtiveram as maiores amplitudes em relação as outras áreas experimentais.

Figura 21 Histograma da distribuição de frequência das áreas experimentais para o parâmetro Ferret



A figura 21 mostra os histogramas do parâmetro Ferret para todas as áreas experimentais, como já observado pelo coeficiente de variação das áreas, que no geral estava muito elevado, esse parâmetro demonstrou muita variabilidade na maioria das áreas., desse modo não se observou tendência normal nos histogramas apresentados.

6.2 Determinação e análise das diferenças dos parâmetro da atividade biológica diversificada.

6.2.1 Determinação e análise das diferenças de intensidade da Altura da Serrapilheira.

Tabela 12 Valores médios determinados de Altura de Serrapilheira(cm) para todas as áreas.

Altura de Serrapilheira	N0	Duduc a	STM 6	STM1 4	SO	14 de abril	Cacimb a	Novo mundo	Capoeira	Mat a
Amostra 1	0	1.35	5.18	5.05	2.35	6.33	6.7	4.53	2.75	3.03
Amostra 2	0	0.1	3.95	7.95	1.4	7.45	7.5	7.15	3.2	5.4
Amostra 3	0	2.1	5.5	7.25	5.35	4.75	2.85	3.8	1.5	2.25
Amostra 4	0	1.85	6.09	3.95	0.3	6.8	9.75	2.65	3.55	1.45
Média	0.0	1.35	5.18	6.05	2.35	6.33	6.70	4.53	2.75	3.03
Desvio padrão	0.0	0.89	0.90	1.87	2.17	1.15	2.87	1.91	0.90	1.71
Coeficiente de variação (%)	-	65.91	17.4	30.86	92.2 7	18.17	42.88	42.12	32.56	56.2

Com a análise da (Tabela 13) pode-se notar que avaliando a altura da serrapilheira das áreas experimentais, tem-se que a área recém minerada N0 estava em condição de solo exposto, pois não apresentava nenhum resquício de serrapilheira, e esse é um grande indicativo de qualidade do solo, uma vez que um solo em boas condições apresenta serrapilheira, que por sua vez está diretamente associada com a presença de pequenos animais, tais como invertebrados (macrofauna edáfica) e maiores valores de matéria orgânica. Os fungos saprófagos são responsáveis por grande parte da degradação da matéria orgânica, propiciando

a reciclagem de nutrientes. Juntamente com as bactérias saprófagas, eles compõem o grupo dos organismos decompositores, de grande importância ecológica. No processo da decomposição, a matéria orgânica contida em organismos mortos é devolvida ao ambiente, podendo ser novamente utilizada por outros organismos, sendo assim no processo de decomposição a presença desses seres vivos é fundamental para que o ambiente possua valores adequados de matéria orgânica e sendo assim, o indicativo de qualidade ambiental, a serrapilheira.

Notou-se também que 5 das 7 áreas em avançado estágio de recuperação possuem maiores valores de altura de serrapilheira do que a área natural, denominada, Mata e a Capoeira, isso pode ser explicado pela realização do plano de gestão das áreas em recuperação, que por sua vez enriqueciam o solo de matéria orgânica.

Foi observado que os coeficientes de variação das áreas experimentais foram elevados, desse modo os dados possuem alta variabilidade.

Com relação ao parâmetro analisado serrapilheira, notou-se que a área N0 tem diferenças significativas com todas as áreas, mas as maiores amplitudes observadas foram as das áreas denominadas 14 de Abril, Cacimba e Santa Maria A14, demonstrando que essas áreas comparadas a uma área muito degradada estão em condições melhores de qualidade de solo.

6.2.2 Determinação e análise das diferenças do coeficiente metabólico.

A Tabela 14 mostra os resultados para o coeficiente metabólico

Tabela 13 Coeficiente Metabólico do Solo(g/CO₂/g) das Áreas Experimentais.

Coeficiente Metabólico	Média
N0	17.08
Duduca A3	1.06
STM6	2.05
STM14	1.92
SO A8	2.07
14 de abril A1	1.01
Cacimba A1	0.93
Novo mundo A1	1.62
Capoeira	2.6
Mata	2.72

Com base na biomassa microbiana e na respirometria pode-se inferir sobre o grau de estresse ou estabilidade da comunidade microbiana do solo a partir do Coeficiente metabólico..A área recém minerada (N0) possui o maior valor desse indicador, demonstrando que o sistema biológico da área não está estável (próximo a 0). A maioria das áreas em recuperação tiveram valores inferiores que a Mata e a Capoeira, demonstrando maior estabilidade biológica.

A área degradada N0 apresenta-se com amplitude diferente de todas as outras áreas em estudo, pois apresenta um valor muito elevado de coeficiente metabólico. De acordo com Bardgett & Saggar (1994), valores elevados de qCO_2 são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou distúrbio.

6.2.3 Determinação e análise das diferenças de intensidade do carbono na biomassa microbiana.

A Tabela 15 mostra os resultados para o Carbono da Biomassa Microbiana

Tabela 14 Carbono da Biomassa Microbiana do Solo(g Ckg⁻¹) das Áreas Experimentais.

Carbono da Biomassa Microbiana	Média
N0	0,099
Duduca A3	0,1018
STM6	0,1659
STM14	0,1229
SO A8	0,6004
14 de abril A1	0,1048
Cacimba A1	0,0894
Novo mundo A1	0,1585
Capoeira	0,2296
Mata	0,2544

Com a análise do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo pode-se observar que o menor valor foi da área degradada N0. Em solo não perturbado (Mata e Capoeira), o acúmulo de carbono foi maior do que nos solos degradados em estágio de recuperação. A área Serra da Onça apresentou o maior valor de Carbono da Biomassa Microbiana, demonstrando que essa área está em boa condição de solo, segundo esse parâmetro analisado individualmente.

A Figura 30 apresenta as diferentes amplitudes para esse parâmetro, mostrando que a área degradada está diferente de todas as áreas, por possuir o

menor valor, assim como a Serra da Onça apresentou diferenças por ser o maior valor de carbono encontrado.

6.2.4 Determinação e análise das diferenças de intensidade da respiração basal.

A respiração basal do solo é determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO₂) existente no solo a partir de processos bioquímicos de respiração dos micro-organismo presentes. A Tabela 16 mostra que a área recém minerada possui o menor valor encontrado, demonstrando a menor respiração basal das áreas experimentais, desse modo pode-se considerar que mesmo muito baixas existe uma atividade biológica local. As áreas em recuperação possuem altos valores desse parâmetro, apesar de ainda serem inferiores ao encontrados para a Mata e a Capoeira.

Tabela 15 Respiração Basal do Solo(g CO₂Kg*h) das Áreas Experimentais.

Respiração Basal	Média
N0	1.7
Duduca A3	10.41
STM6	12.35
STM14	15.61
SO A8	20.1
14 de abril A1	9.63
Cacimba A1	10.4
Novo mundo A1	10.22
Capoeira	11.35
Mata	10.69

As amplitudes para esse indicador apresentados na Figura 25 mostraram, que a área recém minerada é a área em condição mais diferente das outras áreas experimentais. Demonstrando que as áreas em recuperação possuem valores de Respiração Basal mais próximo da Mata e da Capoeira do que da área degradada N0.

6.3 Determinação e análise da função de pedotransferência para o conjunto das variáveis biológicas e morfométricas dos agregados

6.3.1 Avaliação de associação entre os parâmetros físicos e biológicos.

A Tabela 17 apresenta correlação cruzada do conjunto das variáveis em estudo. De acordo com Gonzalez(2008) os coeficientes acima de 0,5 pode apresnetar algm nível de associação das variáveis..

Valores próximos 1 indicam correlação positiva entre as variáveis envolvidas.Valores próximos a -1 indicam correlação negativa das variáveis.Valores próximos a zero indicam que não existe associação entre as variáveis.

Tabela 16 Matriz de correlação cruzada entre o grupo de variáveis biológicas (B) e morfométricas (M) de agregados

	Carbono da Biomassa Microbiana	Respiração Basal	Serrapilheira	Arredondamento	DMG	Circularidade	Massa	Diâmetro Ferret	Área
Carbono da Biomassa Microbiana	1	0.69	-0.26	0.29	0.14	-0.58	0.17	0.66	0.22
Respiração Basal		1	0.28	0.20	0.20	-0.31	0.09	0.10	0.18
Serrapilheira			1	0.19	0.05	0.40	-0.02	-0.47	-0.20
Arredondamento				1	-0.52	0.42	-0.33	0.20	-0.60
DMG					1	-0.74	0.84	-0.22	0.83
Circularidade						1	-0.57	-0.26	-0.77
Massa							1	0.01	0.84
Diâmetro Ferret								1	-0.04
Área	0.22	0.18	-0.20	-0.60	0.83	-0.77	0.84	-0.04	1

A partir da matriz de correlação cruzada entre o grupo de variáveis biológicas (B) e morfométricas (M) de agregados pode-se analisar as correlações existentes entre as variáveis selecionadas.

A variável biológica carbono de biomassa microbiana do solo e a respiração basal do solo apresentaram correlação positiva e alta (69%). Os microrganismos do solo atuam nos processos de decomposição da matéria orgânica, participando diretamente no ciclo biogeoquímico dos nutrientes e, conseqüentemente, mediando a sua disponibilidade no solo. Desse modo essa correlação positiva era esperada, devido a relação da quantidade de organismos que participam da respiração basal do solo e também fazem parte da biomassa microbiana do solo.

Correlações negativas entre o carbono da biomassa microbiana e o parâmetro morfométrico dos agregados circularidade (-58%) também estão expressos na tabela. Esse valor negativo demonstram que a medida que o Carbono da biomassa microbiana do solo aumenta, esse indicador físico diminui para esse experimento.

O indicador biológico carbono da biomassa microbiana apresentou correlação positiva e alta (66%) com diâmetro ferret dos agregados, podendo afirmar que esse parâmetro morfométrico é correlacionado com essa variável biológica.

O indicador biológico altura de serrapilheira não apresentou correlação com nenhuma variável biológica ou morfométrica dos agregados.

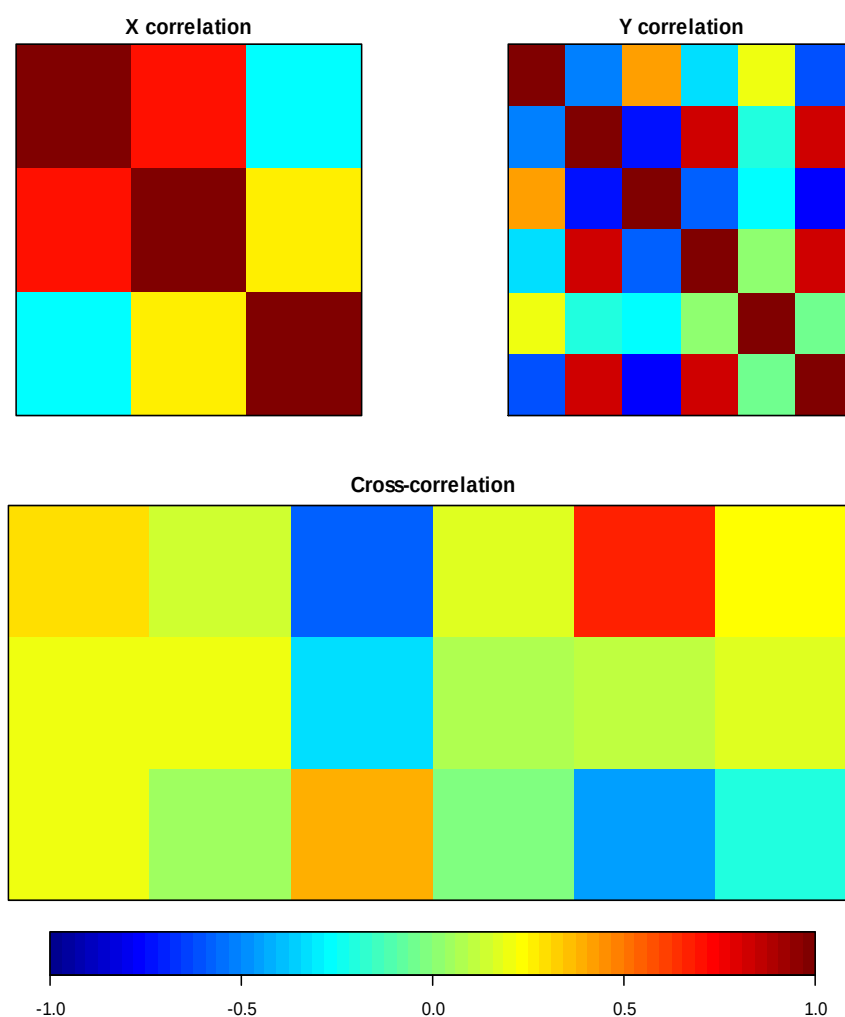
O diâmetro médio geométrico (DMG) apresentou correlação positiva e próxima a 84% (0,84) com a massa do agregado e (83%) com área do agregado. O resultado é explicado pela representação da agregação do solo pelo parâmetro, onde maior agregação faz com que o agregado seja maior, com mais massa e maior área.

A circularidade dos agregados apresentou correlação negativa com a massa (-57%) e a área dos agregados (-77%), demonstrando que quando os agregados são maiores e com maior massa, a circularidade é menor.

A análise de correlação canônica (Figura 26) mostrou a similaridade em muitos quadrantes de correlação.

Quadrantes vermelhos e azuis apresentam correlações positivas e negativas, respectivamente.

Figura 26 Mapa de correlação dos níveis de associação das variáveis



Encontrar as correlações canônicas entre os diferentes conjuntos de dados requer a inversão de suas correspondentes matrizes de correlação da amostra. Quando o número de variáveis é grande em comparação com o número de unidades experimentais, é impossível calcular o inverso destas matrizes directamente e, por conseguinte, é necessário adicionar um múltiplo da matriz de

identidade com eles. Este procedimento é conhecido como regularização. Nesse caso não foi necessário a regularização das matrizes, pois foi possível calcular o inverso das matrizes, apresentando múltiplos $\gamma=1$.

6.3.3 Análise de correlação canônica e determinação da equação linear de pedotransferência

Verificou-se que o primeiro conjunto (dimensão) de combinação linear das variáveis canônica representou o maior coeficiente de correlação.

A partir da segunda dimensão esse coeficiente apresentou expressiva redução $r < 0,26$. Conforme a tabela 18 e sua expressão gráfica representada na Figura 34

Tabela 17 Coeficientes de correlação para as combinações lineares nas diferentes dimensões

1	2	3
0.80951	0.267466	0.099401

Figura 27 Apresentação gráfica dos coeficientes de correlação para as combinações lineares nas diferentes dimensões

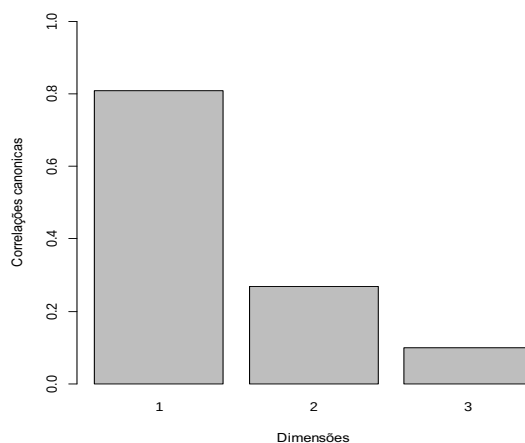


Tabela 18 Coeficientes das relações lineares entre o conjunto de variáveis biológicas

	[1]	[2]	[3]
Carbono da Biomassa Microbiana	-7.63778	-7.52011	-2.58001
Respiração Basal	0.126522	0.343012	-0.08542
Serrapilheira	0.071138	-0.52024	-0.30544

Tabela 19 Coeficientes das relações lineares entre o conjunto de variáveis morfométricas dos agregados

	[1]	[2]	[3]
Arredondamento	-0.00635	-0.0089	-0.10268
DMG	-0.0187	-0.26729	-0.89256
Circularidade	0.018005	-0.03193	0.045086
Massa	0.002046	-0.03648	-0.02585
Diâmetro Ferret	-0.11691	-0.02958	-0.00324
Área	-0.02394	0.100752	0.023008

Assim de acordo com a Tabela 19, e a primeira coluna que representa a dimensão 1 com $r=0,80$, foi possível escrever os coeficientes das relações lineares entre o conjunto de variáveis biológicas (B) e também as morfométricas (M) dos agregados.

6.3.4 Avaliação da função de pedotransferência

As combinações lineares de maior correlação são expressas pelas Equação 15 e 16

$$B = -7,6377x_1 + 0,1265x_2 + 0,0711x_3 - \text{Equação 15}$$

Onde,

B corresponde a combinação linear das variáveis biológicas

x_1 a variável Carbono da Biomassa Microbiana x_2 = Respiração Basal, x_3 = Serrapilheira

$$M = -0,0063y_1 - 0,0187y_2 - 0,0180y_3 - 0,0020y_4 + (-0,1169)y_5 + (-0,0239y_6) \text{ Equação 16}$$

Onde,

M corresponde a combinação linear das variáveis morfométricas do agregado do solo

y1 a variável Arredondamento dos Agregados; y2 = DMG dos Agregados, y3 = Circularidade dos Agregados y4 = Massa dos Agregados, y5 = Diâmetro Ferret dos Agregados t, y6 = Área dos Agregados, para equação de pedotransferência das variáveis Morfométricas temos que M, é:

Como o coeficiente de correlação das combinações lineares apresentou valor de 0,80, evidenciando que existe associação entre as variáveis, assumi-se que é possível utilizar as variáveis morfométricas dos agregados para estimar as variáveis biológicas, portanto a relação expressa na equação 17 pode ser utilizada.

$$B = M - \text{Equação 17}$$

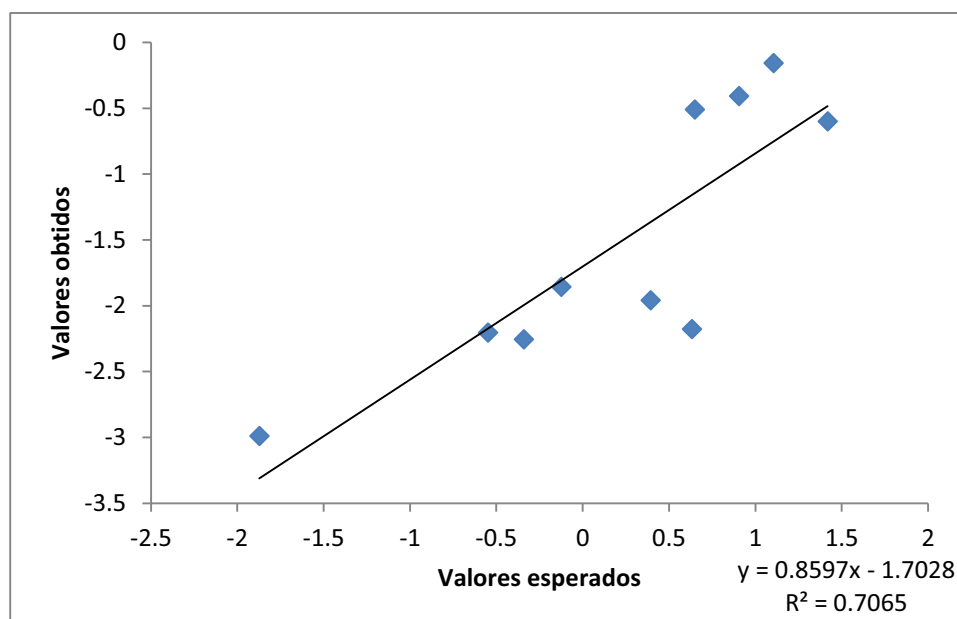
Assim, a função de pedotransferência pode ser expressa conforme a Equação 18.

$$B = -0,0063y_1 - 0,0187y_2 - 0,0180y_3 - 0,0020y_4 + (-0,1169)y_5 + (-0,0239y_6)$$

6.3.5 Avaliação da função de pedotransferência

Os valores gerados pelo modelo linear (Equação 18) para as áreas experimentais em comparação com os dados obtidos pelas variáveis amostradas são apresentados na Figura 38. A equação da reta de ajuste e o coeficiente de determinação mostram que os valores obtidos pelo modelo apresentam-se próximos dos ideais, que seriam para o coeficiente de determinação 1 e para equação da reta $y=1x + 0$.

Figura 28 Avaliação da Função de Pedotrasferência



6.3.5 Análise de regressão linear simples dos resultados obtidos e esperados.

Dado o resumo dos resultados obtido a partir de uma regressão linear simples, tem-se que para esse teste de pedotransferência o valor de F (calculado) é significativo ($p < 0,05$), rejeitando-se a hipótese de nulidade e aceitando-se a alternativa que pelo menos uma condição de estimativa do modelo é diferente dos resultados esperados, assim considera-se que o modelo de pedotransferência não apresenta boas estimativas para algumas variáveis. Esse fator pode estar associado aos problemas de multicolinearidade ou intercorrelação entre as equações resultantes de acordo com BLIO.

O valor do coeficiente de determinação (R^2) é 70,6%. Este valor é considerado bom, ou de boa capacidade preditiva, superior 70%. Que segundo a classificação de Garcia (1989), valores acima de 70% de coeficiente de determinação (R^2), apresentam bons ajustes. No entanto, quando se trata da correlação entre as variáveis biológicas e morfométricas dos agregados do solo tal afirmativa para o modelo não pode ser aceita, pois análise de variância mostra que

pelo menos um dos parametros do modelo não apresentou boa estimativa, seria importante que o coeficiente de determinação estivesse próximo a 1

Tabela 20 Resumo Estatístico da Regressão Linear simples dos resultados obtidos pelos resultados esperados.

RESUMO DOS RESULTADOS

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.840528
R-Quadrado	0.706487
R-quadrado ajustado	0.669798
Erro padrão	0.570317
Observações	10

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	6.263266	6.26	19.25	0.002323
Resíduo	8	2.602096	0.32		
Total	9	8.865362			

7. CONCLUSÃO

A metodologia de análise da amplitude das diferenças entre os parâmetros nas áreas analisadas permitiu a comparação entre as áreas em recuperação facilitando a interpretação gráfica das diferenças

Analizando a metodologia aplicada e os resultados obtidos, conclui-se que foi possível por meio da correlação canônica determinar combinações lineares entre o conjunto de variáveis da diversidade biológica do solo (Respiração Basal, Altura de Serrapilheira e Carbono da Biomassa Microbiana) e do conjunto das variáveis dos parâmetros morfométricos dos agregados do solo (Diâmetro de Ferret, Área, Diâmetro Médio Geométrico dos Agregados do Solo (*DMG*), Circularidade e Arredondamento, Massa).

Considerando que o modelo de combinações lineares não apresentou um ajuste satisfatório, a definição de um índice expedito ficou comprometida, pois haveria necessidade de se estudar os problemas de multicolinearidade e intercorrelação entre as equações preditivas da atividade biológica por meio das variáveis morfométricas.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. Primeira aproximação.

Geomorfologia, USP. Instituto de Geografia, São Paulo. 1977. 22 p.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. **The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils.** Soil Biology & Biochemistry, Oxford, V. 25, n.3, p. 393-395 mar 1993.

ALMEIDA, R. O. P. O.; SANCHEZ, L. E.Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho.**Rev. Árvore [online].**2005, vol.29, n.1, p. 47-54.ISSN 0100-6762.

AMAZONAS (Estado). **Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Nota técnica.sobre a seca no amazonas.** Manaus: Governo do Estado do amazonas, 2005. disponível em:http://www.sds.am.gov.br/dsv/download/img_download/20051018153725NOTA_TECNIC_A_CLIMA.doc>. Acesso em: jan. 2009

ANA. Agência Nacional de Águas. **Rede hidrográfica amazônica.** Disponível em: <http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaA.asp>. Acesso em: 2008.

AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. **Solos e ambiente: uma introdução.** Santa Maria: Palotti, 2004. 100p.

BANCO DO NORDESTE (Brasil). **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas.** Fortaleza, CE: B.N., 1999. 297p.

BANCO MUNDIAL. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira.** 1ª edição. Brasília, Banco Mundial, 2003.

BARNES, R. D.; RUPPERT, E. E.; FOX, R. S. **Zoologia dos invertebrados**. 7 ed. São Paulo: Roca, 2005.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; ALVES, M. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo**. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. p. 141-192.

BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [^{14}C] glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p.727-733, 1994.

BARRON, V.; TORRENT, J. **Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour**. Journal of soil Science, Oxford, v.37, p.499-510,

BLOTT, S.J., & PYE, K. 2008. **Particle shape a review and new methods of characterization and classification**. Sedimentology, 55: 31-63

Brandão, R. A., G. J. Zerbini, A. Sebben e F. B. Molina. 2002. **Notes on distribution and habitats of Acanthochelys spixii and Phrynops vanderhaegei (Testudines, Chelidae) in central Brazil**. Boletín de La Asociación Herpetológica Española 13: 11–15.

BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994.7

BROOKES, P.C. **The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.2/3, p.269-279, Feb./Mar. 1995.

BUENO, B.S. e VILAR, O.M. 1984. **Mecânica dos Solos**. Escola de Engenharia de São Carlos/Departamento de Geotecnia, Publicação 004/85, São Carlos, 131 p.

Craswell E.T., Lefroy R.D.B. and Drechsel P. 1998a. **Fertilizers and nitrogen fixation research. In: Veeger C. and Newton W.E. (eds), th sustainable land management Proceedings of the 16 World Advances in Nitrogen Fixation Research.** Martinus Nijhoff/Dr. Congress of Soil Science (August 1998, Montpellier, France). W. Junk Publ., The Hague, Netherlands, pp. xi–xii. International Society of Soil Science CD-ROM.

CAMPOS, R.C. et al. **Determinação indireta do teor de hematita no solo a partir de dados de radiometria e colorimetria.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.38, n.4, p.521-528, 2003.

CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo.** Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1992.360p.

CARVALHO, P. E. R. **Técnicas de Recuperação e Manejo de Áreas Degradadas.** In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de Propriedades Rurais para Fins Produtivos e

CARVALHO, M. M.; BARROS, J. C.; XAVIER, D. F.; FREITAS, V. P.; AROEIRA, L. J. M.

Composición química del forraje de Brachiaria decumbens asociada con tres especies de leguminosas arbóreas. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6, 1999, Cali. Memórias ... Cali: CIPAV, 1 CD-ROM.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Flutuações **na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais,** Revista Brasileira de Ciência do Solo, . Campinas, V.14 n.2,p. 133-142, maio/ago. 1990

CERRI, C.C.; ANDREUX, F.; EDUARDO, B.P. **O ciclo do carbono no solo.**In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coords). Microbiologia do solo. Campinas: SBSCS, 1992. p.73-90.

CHIG, L. A. et al. **Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional.** *Acta Amazonica*, v. 38, p. 715-722,

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo:** aspectos gerais emetodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).

CRASWELL E.T., Lefroy R.D.B. and Drechsel P. 1998a. **Fertilizers and nitrogen fixation research.** In: Veeger C. and Newton W.E. (eds), **th sustainable land management Proceedings of the 16 World Advances in Nitrogen Fixation Research.** Martinus Nijhoff/Dr. Congress of Soil Science (August 1998, Montpellier, France). W. Junk Publ., The Hague, Netherlands, pp. xi–xii. International Society of Soil Science CD-ROM.

DALE, V. H.; BEYELER, S. C. **Challenges in the development and use of ecological indicators.** *Ecological Indicators*, v.1, p. 3-10, 2001.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto.** 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo-Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **C, N e P na biomassa microbiana do solo.** In: SANTOS, G.de A.; CAMARGO, F.A.de O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânicado solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p.389-412.

DONNELLY, A.; JONES, M.; O'MAHONY, T.; BYRNE, G. **Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment.** *Environmental Impact Assessment Review*, v. 27, p. 167-175, 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. **Defining soil quality for**

sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America Proceedings, 1994. p.3-21.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. In: DORAN, J.W., JONES, A.J. (Eds). **Methods for assessing soil quality.**Madison, Soil Science Society of American, 1996, cap 39. p 25-37.

DOORAN, J. W.; JONES, A.J. **Methods for Assessing Soil Quality.** SSSA Special Publication n. 49.Madison: Soil Science Society of America, 1996.Dale, V.H. and Beyeler, S.C. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.

EMBRAPA. Serviço Nacional Brasileiro de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de Análise de Solo.** 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p

ESPINDOLA, C.R. & SANCHES, H.C. **Distribuição das partículas primárias e secundárias em latossolos submetidos a distintos usos e manejos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 27., 1999. *Anais* .Brasília: SBCS, 1999.

FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia ,dez. 2001. 21 (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 140).

FERNANDES, F.R.C. & PORTELA, I.C.H.M.**Recursos minerais da Amazônia:Alguns dados sobre a situação e perspectivas.**Rio de Janeiro,CETEM,1991,1p.

FISH, G., Marengo , J. Nobre, C.A, 1996. **Clima da Amazônia,** MCT/INPE/CPTEC-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cach. Paulista SP, 24-41.2008

FRANÇA, J.T. **Estudos da sucessão secundária em áreas contíguas a mineração de cassiterita na Floresta Nacional do Jamari-RO.** Dissertação de mestrado apresentada a ESALQ/USP. Piracicaba, 1991, 169p.

FRIGHETTO, R.T.S. **Análise da biomassa microbiana em carbono: método de fumigação-extração.**In:FRIGHETTO, R.T.S. & VALARINI, P.J., coords.Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo.Jaguariúna, EMBRAPA, 2000. p.157-166.

GAMA-RODRIGUES, da E.F., GAMA-RODRIGUES, da A.C., BARROS de N.F.
Biomassa microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, 1995.

GRISI, M.B. **Temperature increase and its effect on microbial biomass and activity of tropical and temperate soils.**Revista de Microbiologia, São Paulo, n.28, p 5-10, 1997.

HANSEN, J. W. **Is agricultural sustainability a useful concept** Agricultural Systems, v. 35, p. 265-285, 1996.

HOFMAN, J., DUSEK, L.: **Biochemical analysis of soil organic matter and microbial biomass composition** - a pilot study, *European Journal of Soil Biology*, 2003.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. **Cerrado.** Disponível em:<<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/cerrado.htm>>. Acesso em: dez. 2013

Mapa de biomas e vegetação. IBGE, 2004 Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169>.

Acesso em: dez. 2013.

JEKINSON, D.S., LASS, J.N. **Microbial biomass in soil: measurement and turnover.** In:

JENKINSON, D.S.; LADD, J.M. Microbial biomass in soil: movement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. (eds). **Soil Biochemistry.** New York: Marcel Dekker, 1981. p.368-386.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. **Applied multivariate statistical analysis**. 3 ed.; New jersey: Prentice Hall, 1992.

KOPEZINSKI, I. **Mineração meio ambiente considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000. 103 p.

KOHONEN, T. **Self-organized formation of topologically correct feature maps**. *Biological Cybernetics*, Germany, v. 43, p. 59-69, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. “**Geoestatísticas**” Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8 maio 2013.

MAGNUSSON, W.E.; LIMA, A.P.; LUIZÃO, R.; LUIZÃO, F.; Costa, F.R.C.; CASTILHO, C.V.; KINUPP, V.F. **RAPELD: uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração**. *Biota Neotrop*. Jul/Dez 2005, vol. 5, no. 2. ISSN 1676-0603. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005>>.

Acesso em: jan./2014.

MARGALEF R.. **Ecologia**. 2 ed. Barcelona: Ômega, 1991

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R.; BERBARA, R. L. L. **Biodiversidade e índices**.
MAGDOFF, F. **Building Soils for Better Crops: Organic Matter Management**. Lincoln: Univ. of Nebraska Press, 1992. 433p.

MAZURAK, A.P. **Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates**. *Soil Sci*. 69:135-148, 1950.

MELVILLE, M.D.; ATKINSON, G. **Soil color: its measurement and its designation in models of uniform color space**. *Journal of Soil Science*, Ottawa, v.36, p.495-512, 1985..;

MILLER, R.M. & JASTROW, J.D. **The role of mycorrhizal fungi in soil conservation.** In: BETHLENFALVAY, G.J. & LINDERMAN, R.G., eds. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1992. p.29-44.

MIRANDA, C. C. et al. **Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 5, p.905-916, out. 2007.

MOLDENKE, A. R. **Arthropods.** In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, NIEMEIJER, D. **Developing indicators for environmental policy: data-driven and theory-driven approaches examined by example.** *Environmental Science & Policy*, v. 5, p. 91-103, 2002.

OADES, J.M. **An Introduction to Organic Matter in mineral Soils.** In: *Mineral Environments*. 2a ed. SSSA Book Series n. 1. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 89-159.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento.** In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, MG: UFV, SOBRADE, 1998. p.203-215.

RICKLEFS, R. E. **Ecology.** New York: W.H. Freeman, 1990 **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Trad. Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

SRIVASTAVA, S.C.; SINGH, J.S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-user and nutrient flux. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.23, n.2, p.117-124, Feb. 1991.

PFENNING, L.; EDUARDO, B.P. & CERRI, C.C. **Os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana dos solos da Amazônia.** R. Bras. Ci. Solo, 16:31-37, 1992.

PIRES, J.S.R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento e gerenciamento do ambiente rural: Abordam metodológica aplicada ao município de Luis Antônio** – SP. Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recurso Naturais) Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

RADAMBRASIL. **Folha SC-20.** Porto Velho. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1978. 661p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16).

RAIJ. B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Ceres. Potafos. Piracicaba. 1991. 343p.

RODRIGUEZ, J.; EDESKAR, T. & KNUTSSON, S. 2013. **Particle shape quantities and mesurement techniques: a review.** Eletronic Journal of Geotechnical Enginnering, 18(A): 169-198.

RIBEIRO,A. **Mecanização no preparo de solo em áreas degradadas por mineração na floresta nacional do Jamari- Rondônia** –BR. 2005.Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas SP, 2005.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo – 2010: dados de 2005-2010.** Brasília, SFB, 2010.

SILVA, D. P. L., J. P. Bonatti, and V. E. Kousky (1987), **Diurnally forced tropical tropospheric circulation over South America**, Mon. Wea. Rev., 115, 1465-1478.

SOUZA, J.A. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela Mineração de bauxita em Poços de Caldas (MG)**, Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. 104p. (Tese de Doutorado).

SPARLING, G.P. **Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter.** Aust. J. Soil Res., 30:195-207, 1992.

TATE, K.R.; ROSS, D.J. & FELTHAM, C.W. **A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures.** Soil Biol. Biochem., 20:329-335, 1988.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. **Organic matter and water-stable aggregates in soil.** J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.

TOLEDO, P. M. **Biodiversidade: a megaciência em foco** Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC - Florianópolis, SC - Julho/2006. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/atividades/TEXTOS/texto_1490.html>. Acesso em: junho de 2014.

VANCE E. D., Brookes P. C. and Jenkinson D. S. (1987b) **Microbial biomass measurements in forest soils: the use of the chloroform fumigation-incubation method in strongly acid soils.** Soil Biology and Biochemistry 19, 691-702.

VANDERWALLE, M.; BELLO, F.; BERG, M.; BOLGER, T.; DOLÉDEC, S.; DUBS, F.; FELD, C.K.; HARRINGTON, R.; HARRISON, P.A.; LAVOREL, S.; SILVA, P.M.; MORETTI, M.; NIEMELA, J.; SANTOS, P.; SATTTLER, T.; SOUSA, J. P.; SYKES, M. T.; VANBERGEN, A. J.; WOODCOCK, B. A. **Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms.** Biodivers. Conserv., n. 19, p. 2921-2947, 2010.

VARELLA, M. D. **Biodiversidade: o Brasil e o quadro internacional.** Rev. bras. polít.int. vol.40 no.1 Brasília Jan./Jun. 1997.

WADELL, H. 1932. **Volume shape, and roundness of rock particles.** The journal of geology, 40-443-451.1986.

ZALAMENA, J. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto – RS, 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 200

