

IVONE DA SILVA NEVES

**ATRIBUTOS DO SOLO SOB ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO BIOMA
AMAZÔNICO**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA-MT

2018

	IVONE DA SILVA NEVES	Diss. MESTRADO	PPGBioAgro 2018



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



IVONE DA SILVA NEVES

**ATRIBUTOS DO SOLO SOB ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO BIOMA
AMAZÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Getulio de Freitas Seben Junior
Co-orientadora: Profa. Dra. Muriel da Silva Folli Pereira

ALTA FLORESTA-MT

2018

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

NEVES, Ivone da Silva .

N511a Atributos do Solo Sob Áreas de Preservação Permanente no Bioma Amazônico / Ivone da Silva Neves – Alta Floresta, 2018.
48 f.; 30 cm.

(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

Orientador: Prof Dr. Getulio de Freitas Seben Junior

Coorientador: Profª Drª Muriel da Silva Folli Pereira

1. Áreas Degradadas. 2. Qualidade do Solo . 3. Atributos do Solo. I. Ivone da Silva Neves. II. Atributos do Solo Sob Áreas de Preservação Permanente no Bioma Amazônico.

CDU 504.2

ATRIBUTOS DO SOLO SOB ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO BIOMA AMAZÔNICO

IVONE DA SILVA NEVES

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em 06/07/2018

Prof. Dr. Getulio de Freitas Seben Junior
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro

Prof. Dr. Gustavo Caione
UNEMAT/ PPGBioAgro

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS

DEDICATÓRIA

À Deus e a minha amada família.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me proporcionar mais esta conquista, concedendo-me todo amparo necessário para que pudesse alcançar meus objetivos.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, pela oportunidade de ampliar minha formação e conhecimento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Getulio de Freitas Seben Junior e a minha co-orientadora Profa. Muriel da Silva Folli Pereira, pelo acompanhamento durante toda a execução da pesquisa, pelo profissionalismo, competência, dedicação, ensinamentos, paciência, amizade, conselhos e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, através da concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos pelos ensinamentos.

A professora Adriana Matheus da Costa Sorato pela dedicação neste trabalho.

A minha família pelo amor, compreensão e apoio nesta jornada.

Ao Sr. Luiz Caioni e a Sra Leonice Vialta Caioni, por cederem a propriedade para a realização do estudo.

Ao meu esposo Alex da Silva Mendonça pelo seu companheirismo, compreensão, carinho e apoio.

À minha filha Heloysa Neves Mendonça meu amor maior, minha razão de viver.

Aos meus amigos e colaboradores de pesquisa: Dilânia, Marta, Josielly, Luciano, Bruna, Márcia, Pâmela, Fabiana, Eduardo, Fabiano, Reginaldo, Willian e Felipe pela amizade, apoio e dedicação na execução deste trabalho.

A equipe do Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar da UNEMAT, em especial ao MSc. Guilherme Ferbonink, por todo auxílio e disposição em ajudar na realização deste trabalho.

“A verdadeira medida de um homem não se vê na forma como se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas em como se mantém em tempos de controvérsia e desafio.”

Martin Luther King

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS).....	vii
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Desmatamento da Amazônia	3
2.2 Áreas de preservação permanente degradadas - APPDs	3
2.3 Recuperação das áreas de preservação permanentes degradadas.....	4
2.4 Solos e sua importância na recuperação das áreas degradadas	5
2.5 Indicadores de qualidade do solo	6
2.5.1 Indicadores Físicos	6
2.5.2 Indicadores Químicos.....	8
2.5.3 Indicadores Biológicos	9
2.6 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) em áreas de preservação degradadas.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Área experimental	13
3.2 Caracterização química do solo	16
3.3 Caracterização física do solo	16
3.4 Caracterização Biológica do solo	17
3.4.1 Glomalina Total (GT).....	18
3.4.2 Glomalina Facilmente Extraível (GFE)	19
3.4.3 Multiplicação dos FMA's – Cultura Armadilha	19
3.4.4 Análise do potencial de inóculo micorrízico	20
3.4.5 Densidade de esporos de Fungos Micorrizos Arbusculares (FMA's).....	20
3.4.6 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)	21
3.4.7 Respiração Basal (CO ₂)	22
3.5 Análises estatísticas.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Atributos Químicos.....	24
4.2 Atributos Físicos.....	29
4.3 Atributos Biológicos.....	31
4.4 Análises de Componentes Principais (ACP).....	34
4.5 Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA	37
5. CONCLUSÕES	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE TABELAS

TABELAS

Página

Tabela 1: Composição granulométrica do solo sob área de preservação permanente de três anos (APP03), área de preservação permanente degradada (APPD) e, área de floresta nativa (FN) no município de Alta Floresta-MT, 2017.	14
Tabela 2: Descrição das áreas de estudo no Sítio Santa Rosa, município de Alta Floresta-MT, 2017.....	15
Tabela 3: Valores de pH, fósforo e potássio determinados em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.....	24
Tabela 4: Valores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e alumínio + hidrogênio) (Al+H) em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.	26
Tabela 5: Valores de capacidade catiônica - CTC, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), nitrogênio total - NT e carbono orgânico total – COT, em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.	27
Tabela 6: Valores de índice de estabilidade de agregados em água – IEA, diâmetro médio ponderado – DMP, Densidade aparente – DA e porosidade total – PT (%), em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.	29
Tabela 7: Valores de respiração basal – RB, Carbono da biomassa microbiana - CBM e quociente metabólico - (qCO_2) em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.....	31
Tabela 8: Valores de glomalina total – GT, glomalina facilmente extraível – GFE, potencial micorrízico – PM e densidade de esporos – DE, em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
Figura 1: Localização da área de estudo no município de Alta Floresta.	13
Figura 2: 1 – Sítio Santa Rosa, 2 - Área de Preservação Permanente Degradada – APPD, 3 - Área de Preservação Permanente em processo de recuperação por três anos - APP03, 4 - Área de Floresta Nativa – FN.	14
Figura 3: Croqui da área de estudo, dividida em 10 parcelas com dimensões de 10x10m cada. Alta Floresta-MT, 2017.....	15
Figura 4: Coleta para avaliação da densidade e porosidade total do solo. Alta Floresta-MT, 2017.....	16
Figura 5: Extração da Glomalina Total. Alta Floresta-MT, 2017.	18
Figura 6: Multiplicação dos FMA's – Cultura Armadilha. Alta Floresta-MT, 2017.	20
Figura 7: Gráfico de pesos e escores para as amostras de FN, APP03 e APPD.	35
Figura 8: Dendograma representando a dissimilaridade entre as áreas de FN, APP03 e APPD.	37

LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS)

- APPs** - Áreas de Preservação Permanentes
- APPD** - Área de Preservação Permanente Degradada
- APP03** - Área de Preservação Permanente em processo de regeneração por três anos
- FN** – Floresta Nativa
- LASAF** - Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar
- TFSA** - Terra Fina Seca ao Ar
- CBM** - Carbono da Biomassa Microbiana
- qCO₂** - Quociente Metabólico
- RB** - Respiração Basal
- COT** - Carbono Orgânico Total
- NT** - Nitrogênio Total
- DA** - Densidade Aparente
- DMP** - Diâmetro Médio Ponderado
- DMG** - Diâmetro Médio Geométrico
- IEA** - Índice de Estabilidade de Agregados
- K⁺** - Potássio
- Al⁺³** - Alumínio
- Ca⁺²** - Cálcio
- Mg⁺²** - Magnésio
- P** - Fósforo
- SB** - Soma de Bases
- V%** - Saturação por Bases
- m%** - Saturação por Alumínio
- GT** - Glomalina total
- GFE** - Glomalina facilmente extraível
- PM** – Potencial micorrízico
- DE** - Densidade de esporos
- ACP** - Análises de Componentes Principais
- HCA** - Análise de Agrupamentos Hierárquicos
- DA** - Densidade aparente

RESUMO

NEVES, Ivone da Silva. MSc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Junho de 2018. **Atributos do solo sob áreas de preservação permanente no bioma Amazônico.** Orientador: Prof. Dr. Getulio de Freitas Seben Junior. Co-orientadora: Profa. Dra. Muriel da Silva Folli Pereira.

A conversão das áreas de floresta nativa para sistemas de uso intensivo do solo ainda é uma realidade por todo o território brasileiro e tem como consequência a degradação da qualidade dos solos. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar, por meio dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, as alterações do solo a partir da restauração das áreas de preservação permanentes degradadas em comparação ao solo sob bioma nativo no município de Alta Floresta - MT. As áreas estudadas foram: área de preservação permanente degradada (APPD); área de preservação permanente em processo de recuperação por três anos (APP03), e uma área de floresta nativa (FN). Para a coleta das amostras, foram delimitadas parcelas de 0,1 há e a amostragem foi realizada na camada de 0-0,10 m de profundidade, em maio do ano de 2017. As variáveis analisadas foram: atributos físicos (porosidade total – PT, densidade aparente – DA, índice de estabilidade de agregados – IEA e diâmetro médio ponderado – DMP), atributos químicos (pH, Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , P, Al^{+3} , H^+ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ V%, m%, CTC, NT e COT) e atributos biológicos (carbono da biomassa microbiana – CBM, respiração basal – RB, quociente metabólico - qCO_2 , potencial micorrízico - PM densidade de esporos - DE, glomalina total - GT e glomalina facilmente extraível - GFE. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett) e, quando necessário, os dados foram corrigidos. A análise de variância foi realizada por meio do teste F e as médias comparadas por meio do teste Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa R-Studio. A técnica multivariada foi aplicada envolvendo as áreas amostradas e os atributos em estudo, a partir da qual foi reduzido o conjunto de dados em combinações lineares. A análises dos dados permitiu a separação das áreas amostrados em três grupos em função da similaridade das variáveis estudadas. Os melhores resultados das variáveis químicas como o pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} e V%, obtidos em solos de área de preservação permanente degradada foram influenciadas pela prática de manejo realizada na área adjacente, os maiores valores médios de DA e DMP deve – se a

compactação dos solos desta área influenciada pela atividade de pecuária. Em termos de similaridade a área de preservação apresentam propriedades mais próximas a área de Floresta Nativa. As áreas foram influenciadas diretamente pelo manejo do solo e os ambientes com maior teor de MO, maior diversidade florística aliada a ausência de revolvimento do solo apresentaram melhorias nos atributos de qualidade do solo.

Palavras-chave: Densidade do solo; porosidade do solo; glomalina; respiração basal; atributos do solo; qualidade do solo.

ABSTRACT

NEVES, Ivone da Silva. MSc. niversity of the State of Mato Grosso, June 2018. **Soil attributes under areas of permanent preservation in the Amazon biome.** Advisor: Prof. Dr. Getulio de Freitas Seben Junior. Co-advisor: Profa. Dra. Muriel da Silva Folli Pereira.

The conversion of native forest areas to intensive land use systems is still a reality throughout Brazil and has the consequence of soil quality degradation. The objective of this work was to evaluate the soil alterations through the physical, chemical and biological attributes of the soil from the restoration of degraded permanent preservation areas in comparison to the soil under a native biome in the municipality of Alta Floresta - MT. The areas studied were: degraded permanent preservation area (DPPA); a permanent preservation area undergoing a three-year recovery process (PPA03), and a native forest area (NF). To collect the samples, plots of 0.1 ha were delimited and the sampling was performed in the 0-0.10 m depth layer in May 2017. The following variables were analyzed: physical attributes (total porosity - TP, apparent density - AD, aggregate stability index - ASI and weighted mean diameter - WMD), chemical attributes (pH, Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , P, H^+ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ V%, m%, CTC, NT and TOC) and biological attributes (microbial biomass carbon - MBC, basal respiration - BR, metabolic quotient - $q\text{CO}_2$, mycorrhizal potential - MP density spores - DS, total glomalin - TG and easily extractable glomalin - EEG). The data were submitted to the normality test (Shapiro-Wilk) and homogeneity (Bartlett) and, when necessary, the data were corrected. The analysis of variance was performed using the F test and the means were compared using the Tukey test at 5% probability using the R-Studio program. The multivariate technique was applied involving the sampled areas and the attributes under study, from which the dataset was reduced in linear combinations. The analysis of the data allowed the separation of the sampled areas into three groups according to the similarity of the studied variables. The best results of the chemical variables such as pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} and V%, obtained in soils of degraded permanent preservation area were influenced by the management practice in the adjacent area, the highest mean values of DA and WMD - if the compaction of the soils of this area influenced by the livestock activity. In terms of similarity the preservation area presents properties closer to the native forest area. The areas were influenced directly by

the soil management and the environments with higher OM content, greater floristic diversity and the absence of soil disturbance showed improvements in soil quality attributes.

Key words: Density of soil; soil porosity; glomalin; basal respiration; soil attributes; quality of the soil.

1. INTRODUÇÃO

O processo histórico de ocupação do território brasileiro consistiu na substituição da cobertura florestal nativa por atividades agropecuárias baseadas na exploração excessiva dos recursos naturais e desconsiderando sua importância ambiental para a sustentabilidade (COUTINHO et al., 2013).

O alto índice de desmatamento tem despertado grande preocupação ambiental, pois esta ação tem atingido as áreas de preservação permanentes (Apps). As matas ciliares também fazem parte das APPs e devem ser mantidas, pois são consideradas agentes filtrantes dos resíduos de defensivos agrícolas e sedimentos que seriam transportados para os cursos de água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e, conseqüentemente, os seres vivos que dela dependem (MARTINS & DIAS, 2001).

A supressão da cobertura florestal das matas ciliares expõe os solos à degradação, resultando na perda de sua resiliência. Assim, o monitoramento do solo, por meio de seus indicadores de qualidade tem constituído uma ferramenta eficaz para o conhecimento do estado de conservação, fornecendo subsídios para a escolha de práticas de manejo que permitam a eficiência no processo de recuperação dos ecossistemas degradados.

Os indicadores de qualidade do solo são ferramentas que permitem o monitoramento de qualidade do solo a médio e longo prazo e devem ser de fácil replicação e mensuração em condições de campo, e devem ser sensíveis às variações de manejo além de serem confiáveis metodologicamente e de baixo custo. Os indicadores podem representar propriedades físicas, químicas ou biológicas associadas aos diferentes processos que ali ocorrem (PARRON et al., 2015).

A determinação dos indicadores físicos está associada a avaliação da densidade do solo, da resistência à penetração, da porosidade, da capacidade de retenção de água e da estabilidade dos agregados (ARAÚJO et al., 2012). Dos atributos químicos do solo, destacam-se o pH, a matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions, os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio, a saturação por alumínio, a soma de bases, entre outros

(SCHOENHOLTZ et al., 2000). Dentre os atributos biológicos estão o carbono da biomassa microbiana, a respiração basal do solo e a atividade enzimática (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

Os dados das características físicas, químicas e biológicas, coletados em solo de floresta natural não perturbada, podem ser utilizados como referência para montagem de um índice geral da qualidade do solo (ISLAM & WEIL, 2000). O solo de floresta quando em estado natural, encontra-se coberto pela vegetação, que o protege da erosão e contribui com a manutenção do equilíbrio entre os fatores de sua formação e aqueles que provocam sua degradação (COLODEL, 2014).

Neste contexto, a hipótese do presente trabalho foi que após a adoção de práticas de recuperação das matas ciliares o solo pode apresentar indicadores de qualidade semelhantes ao solo sob floresta nativa. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade do solo em uma área de mata ciliar em processo de recuperação inserida no bioma Amazônico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desmatamento da Amazônia

O desmatamento na Amazônia Legal reduziu mais de 70% desde 2004, quando alcançou o segundo pico mais alto da história do monitoramento do bioma - 27.772 km². No ano de 2016 a conversão das áreas de florestas primárias em áreas de uso consolidado, foi o mais alto desde 2008, atingindo praticamente 8.000 km² com aumento de 28,7% em relação a 2015 (AZEVEDO et al., 2016).

Os estados do Amazonas, Acre e Pará compreende juntos 75% de todo desmatamento registrado em 2016. Os polígonos de desmatamento que predominaram são de até 30 hectares, perfazendo uma área de 60% dos desmatamentos totais (AZEVEDO et al., 2016).

Em janeiro de 2016, a maior parte do desmatamento (76%) ocorreu em áreas privadas e o restante foi registrado em Assentamentos de Reforma Agrária e unidades de conservação. Em relação aos municípios que mais desmatarão foram, Careiro (6,3 Km²) e Novo Aripuanã (5,0 Km²) pertencentes ao estado do Amazonas, para o estado de Mato Grosso o município Gaúcho do Norte tem apresentado como destaque com uma área de (1,9 Km²) (FONSECA et al., 2016).

2.2 Áreas de preservação permanente degradadas - APPDs

De acordo com o Código Florestal brasileiro, Lei Nº 4.771/1965, alterada pela Lei nº 12.651/2012, define as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como áreas “cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. As faixas e parâmetros de conservação, para as diferentes tipologias são previstas no código florestal de acordo com a característica de cada área a ser protegida (MMA, 2011).

Uma área considerada degradada pode ser entendida por aquela que passou por vários transtornos, podendo ser uma má utilização da área ou que

foi muito explorada em um determinado tempo, sendo por plantio, desmatamento, entre outros fenômenos que podem ter ocorrido até mesmo grandes tempestades (RYN, 2014).

A degradação pode ser expressa como quebra de ciclos naturais em sua porção terrestre, ou qualquer mudança do meio natural. Dessa forma, entende-se como área degradada àquela que diminui sua produtividade, por causa de manejos agrícolas inadequados, aquela que teve a cobertura vegetal removida, que recebeu excesso de fertilizante e agrotóxico, e que teve seu solo poluído ou que perdeu seus horizontes superficiais do solo por causa da erosão ou da mineração (CORRÊA, 2006).

2.3 Recuperação das áreas de preservação permanentes degradadas

A reativação de uma área degradada pode ser feita com diferentes objetivos, iniciando sempre com uma avaliação das condições da área, para que se possa identificar as dificuldades e traçar estratégias. Neste momento levam-se em conta os fatores de degradação e o potencial auto regenerativo das áreas, obtido pelo histórico de uso e proximidade da fonte de propágulos (MELLO et al., 2007).

Segundo Moraes (2013) as técnicas utilizadas no processo de recuperação de um ambiente degradado podem ser:

a) Regeneração natural: adotada quando se busca a simples eliminação do agente perturbador ou de um elemento que esteja agindo como barreira para a regeneração, neste caso a presença de fragmentos florestais e o isolamento do ambiente serão suficientes.

b) Nucleação: quando a uma mínima interferência local, ações como o transplante de serapilheira e a implantação de poleiros artificiais para animais dispersores seriam adotadas em pontos estratégicos (núcleos) do sítio degradado, e a partir daí a restauração se irradiaria para ocupar as áreas sem vegetação.

c) Enriquecimento: visa ao aumento da diversidade vegetal em áreas onde já existem indícios de regeneração natural, como as capoeiras pode ser feito com o plantio (parcial) ou semeadura de espécies que atraiam animais, ou

que tenham potencial econômico. Dar preferência a espécies nativas locais, identificando especialmente seus produtos madeireiros e não madeireiros (frutos, sementes, mel).

d) Plantio total: técnica que implica o maior grau, e mais custo de intervenção. O plantio total só deve ser adotado quando a vegetação nativa estiver bem degradada e existir a necessidade da introdução de mudas de espécies arbóreas, neste modelo inúmeros é os modelos pré-existentes devendo ser analisados o que mais se adequa as condições real da propriedade.

2.4 Solos e sua importância na recuperação das áreas degradadas

Segundo Doran et al. (1996) o solo compreende um sistema natural vivo e dinâmico, regula a produção de alimentos e fibras e o balanço global do ecossistema, além de servir como suporte para o crescimento vegetal, disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio para as raízes. Pode atuar na regulação hídrica do ambiente, transformação e degradação de compostos poluentes.

O solo apresenta inúmeras funções no ecossistema, sendo que Larson e Pierce (1994) ressalta as principais funções do solo relacionadas às atividades da agricultura e meio ambiente como:

- a) prover um meio de crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos;
- b) regular o fluxo de água no ambiente e;
- c) servir como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente.

As principais ações para que as áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consiste no desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de manejo do solo seguido da revegetação do local de maneira inclusive, a propiciar o retorno da fauna, em especial polinizadores e dispersores (MOREIRA, 2004). Para tal ação há necessidade do monitoramento da qualidade deste solo. Em sistemas produtivos a avaliação da qualidade do solo por meio do monitoramento de seus indicadores é fundamental para a sustentabilidade dos ambientes, pois

fornece subsídios para a escolha de práticas de manejo que permitam a conservação dos ecossistemas (CAMARGO, 2016).

2.5 Indicadores de qualidade do solo

O uso de indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007). Estas propriedades ou atributos devem representam indicadores capazes de representar mudanças ocorridas na qualidade do solo, refletindo alterações da sua condição frente ao uso da terra e sistema de manejo, quando comparados com sistemas ainda não alterados (AGUIAR, 2008).

O termo qualidade do solo é um conceito amplamente discutido na literatura, apresentando diversas definições. Segundo Gregorich et al. (1994), a qualidade do solo pode ser brevemente definida como a capacidade contínua do solo de aceitar, estocar e reciclar água, nutrientes e energia, bem como, reter, dispersar e transformar materiais químicos e biológicos, funcionando como um tampão ou filtro ambiental. Sendo sua qualidade determinada por função dos fatores de formação e da interferência antrópica relacionada ao uso e manejo.

Segundo Doran e Parkin (1994), os indicadores selecionados devem cumprir os seguintes critérios: Abranger processos do ecossistema e relacionar-se às modelagens orientadas por processos, integrar processos e propriedades físicas, químicas e biológicas, ser acessíveis a diversos usuários e aplicáveis a condições de campo, ser sensíveis a variações de manejo e clima, mas resistentes a flutuações em curto prazo, se possível, devem fazer parte de bases de dados de solo já existentes e sua determinação deve ser simples, acurada e de baixo custo. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos químicos e biológicos (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

2.5.1 Indicadores Físicos

Os indicadores físicos são de suma importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também

função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (GOMES & FILIZOLA, 2006).

Os principais indicadores físicos, que têm sido utilizados para avaliação do solo são: textura; espessura; densidade do solo; resistência à penetração; porosidade e estabilidade de agregados (ARAÚJO et al., 2012).

A textura do solo refere-se à proporção relativa em que se encontram, em determinada massa seca de solo, os diferentes tamanhos de partículas. É definida, portanto, em função da percentagem das partículas de areia, silte e argila. Sendo considerada a propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo (LEAL, 2011).

A densidade do solo expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume total do solo. Os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g cm³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g cm³. Solos com alta probabilidade de oferecer restrições ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g cm³ para solos arenosos e 1,45 g cm³ para solos argilosos (REINERT & REICHERT, 2006).

A estabilidade dos agregados representa o quanto da massa de agregados do solo por classe se modifica pela lavagem em água a partir da distribuição inicial a seco. Este indicador varia com as características inerentes ao solo e com os sistemas de manejo (CARNEIRO, 2010).

Os espaços do solo ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso, é considerado de grande importância para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo. A classificação mais usual para a porosidade considera duas classes sendo a micro e macroporosidade. Os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo (REINERT & REICHERT, 2006).

No trabalho de Colodel (2004) foram verificados que os menores valores de microporos foram detectados para a vegetação nativa, quando em comparação com as áreas de café, pastagens e lavoura convencional e consequentemente os maiores valores de macroporosidade foram detectados no uso com vegetação nativa, atribuindo a situação pela maior quantidade de

raízes e serapilheira presentes nessa camada de solo e maior quantidade de areia, principalmente nos solos da vegetação nativa. Camargo (2016) ressalta que as propriedades físicas do solo são interdependentes e que, conseqüentemente, a modificação de uma delas normalmente leva à modificação de todas as demais.

2.5.2 Indicadores Químicos

Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com a acidez do solo, teor de matéria orgânica do solo, conteúdo de nutrientes, capacidade catiônica, e determinadas relações como a saturação de bases e de alumínio (ARAÚJO et al., 2012).

O pH mede o índice de concentração de íons de hidrogênio no solo usado para determinar se um solo é ácido (pH menor que 7), neutro (pH igual a 7) ou básico (pH maior que 7); também controla a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência sobre a absorção dos mesmos pela planta (GOMES & FILIZOLA, 2006).

A matéria orgânica atua como agente cimentante entre as partículas aumenta a capacidade de troca de cátions, e serve como fonte de alimento para a biota do solo, fatores que favorecem a agregação do solo. A matéria orgânica no solo tem sido uma das alternativas utilizadas para mitigar os efeitos da degradação do solo (ALENCAR et al., 2015).

A saturação por bases é a soma das bases trocáveis (Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+}) expressa em porcentagem da capacidade de troca de cátions. Valores baixos de índice de saturação por bases indicam que há pouca quantidade de cátions trocáveis saturando as cargas negativas (CARNEIRO, 2010).

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo representa a quantidade total de cátions retidos à superfície coloidal em condição permutável. A CTC representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período. Valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável, nesse caso, adubações e as calagens devem ser parceladas para que se evitem maiores perdas por lixiviação (RONQUIM, 2010).

Os nutrientes disponíveis para as plantas favorecem o aumento da produtividade, são representados por P, K, Ca e Mg, também ditos macroelementos (CARNEIRO, 2010). A fertilidade é a capacidade que o solo tem de ceder elementos essenciais às plantas. Este é um conceito que apresenta restrições devido às diferentes capacidades de absorção de nutrientes entre as diferentes espécies de plantas. Considerando que o solo é a base para produção sustentável, é necessário adotar práticas de manejo que conservem e ou restaurem sua fertilidade (CAMARGO, 2016).

2.5.3 Indicadores Biológicos

Para avaliação da microbiota os métodos mais comumente usados são a biomassa microbiana, respiração do solo, quociente metabólico e atividade enzimática (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

O entendimento dos processos biológicos do solo permite a racionalização do manejo agrícola e a conservação do solo. Os organismos têm papel importante na identificação da qualidade do solo, por atuarem nos processos de transformação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e interações de troca com a maioria das espécies de plantas (ZATORRE, 2008).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a parte viva da matéria orgânica do solo, constituída pelos organismos com volume inferior a 5×10^3 (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Estudos mostraram que em média, 2,5% do carbono orgânico total e 5% do N total estão presentes na BMS (PEIXOTO, 2010).

A matéria orgânica do solo está estreitamente ligada à fertilidade natural do solo, sendo estimada pela BMS. Desta forma, a diminuição da atividade microbiana terá alto impacto na fertilidade natural do solo, com grandes efeitos nos ecossistemas naturais (BROOKES, 1995). A BMS apresenta-se alta em solos com vegetação, com teores elevados de argila ou sob cultivo mínimo e baixa nos solos cultivados, arenosos ou degradados pela erosão ou contaminação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A respiração basal do solo (RBS) é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO_2 é produzido (MOURA, 2013). Este

método reflete a produção de CO₂ no solo resultante da atividade respiratória dos micro-organismos, dentre eles tem-se os fungos, bactérias, protozoários, nematoides dentre outros (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Fatores como temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes do solo exerce influência na taxa de respiração. A respiração microbiana diminui com a profundidade do solo e correlaciona-se significativamente com o conteúdo de matéria orgânica e os outros indicadores biológicos (BROOKES, 1995; ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

Com os dados do CBM e RBS, é possível calcular o quociente metabólico, índice muito utilizado na ecologia microbiana (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O quociente metabólico (qCO₂) é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo, sendo usado para estimar a eficiência do uso de substrato pelos microrganismos do solo (ANDERSON & DOMSCH 1993).

Segundo Peixoto (2010) o qCO₂ baseia-se na teoria descrita por Odum (1985), a qual descreve que o aumento da respiração da comunidade pode ser o primeiro sinal de estresse, ocorrendo mais gasto de energia para manutenção celular do que no crescimento e reprodução, de forma que uma proporção de carbono da biomassa será perdida como CO₂.

2.6 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) em áreas de preservação degradadas

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) são organismos simbiotróficos obrigatórios pertencentes ao Filo Glomeromycota, que se associam com as raízes da maioria das plantas vasculares terrestres e epífitas, formando uma relação simbiótica mutualista denominada micorriza arbuscular (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os FMAs ocorrem naturalmente nos solos e são componentes naturais dos sistemas de produção agrícola. A maioria das plantas tem suas raízes colonizadas por esses fungos e, uma vez estabelecida, a micorriza arbuscular contribui no crescimento dessas culturas (FERNANDES, 2011). Embora os FMAs ocorram de maneira generalizada na natureza, a distribuição

das espécies e das populações bem como a eficiência dos mesmos são desuniformes e bastante variáveis (SIQUEIRA, 1994).

Na simbiose mutualística entre os FMAs e as plantas, os fungos são os responsáveis pela maior capacidade de absorção e de transferir nutrientes minerais para a planta, do solo, o que aumenta a sua capacidade de sobrevivência em condições adversas de fertilidade do solo, agregação do solo, e competição entre plantas (SIQUEIRA, 1996).

Os FMAs têm sido estudados visando à sua aplicação para incrementar o desenvolvimento e a produção das culturas, bem como na reabilitação de áreas degradadas. A condição de baixa fertilidade do solo favorece o estabelecimento das micorrizas arbusculares (MAs), onde a esporulação e a colonização são máximas, enquanto que essas são inibidas em condição de elevada fertilidade (FERNANDES, 2011). Estudos relacionados ao número de propágulos infectivos, densidade de esporos, diversidades dos (FMAs) devem ser realizados, pois estes dados permitem o conhecimento das condições biológicas do solo (ARAÚJO, 2008).

Dentre as técnicas empregadas para a quantificação da ocorrência de FMAs, as mais utilizadas são: extração e contagem de esporos (GERDERMANN & NICOLSON, 1963); avaliação do grau de colonização radicular (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980), além da estimativa da densidade de propágulos infectivos. Os níveis de colonização das raízes, representam uma estimativa da biomassa fúngica dentro da raiz, sendo variável de acordo com a espécie de planta, das condições do solo e das espécies de FMAs presentes no local (SIEVERDING, 1991). A contagem de esporos serve para enumerar a densidade de propágulos no solo sob certas circunstâncias, tais como: após longo período sem vegetação, ou depois de longa estação seca, só pode ser relacionada com o potencial de infectividade se forem conhecidas as condições de viabilidade dos esporos, se estão vivos, mortos ou dormentes (LIU & LUO, 1994).

Outro aspecto relevante dos FMAs está vinculado na conservação e agregação do solo (FERNANDES, 2011). A melhoria na estabilidade dos agregados é devido ao efeito físico da rede de hifas desses fungos envolvendo

as partículas de solo, juntamente com a produção, por essas mesmas hifas, de quantidades significativas de uma glicoproteína insolúvel, chamada genericamente “glomalina” (WRIGH & UPADHYAYA, 1996).

A glomalina é produzida pelas hifas de todos os FMAs, que atua efetivamente na cimentação das partículas do solo incrementando a estabilidade dos agregados, já promovida pelo efeito físico das redes de hifas fúngicas extraradiculares que envolvem e interligam as partículas do solo (WRIGHT et al., 1996; WRIGHT & UPADHYAYA, 1998). Solos mais agregados são mais resistentes aos processos erosivos, possuem melhor aeração e infiltração de água mais eficiente (FERNANDES, 2011). A determinação da glomalina se dá mais frequentemente pela extração em citrato de sódio e análise pelo reagente de Bradford ou por ELISA (JANOS et al., 2008; ROSIER et al., 2006; WRIGHT & UPADHYAYA, 1998).

O comportamento dos FMAs nos solo é bastante dinâmico, sendo influenciado pelas condições ambientais, principalmente pelos fatores físicos como temperatura, umidade, aeração e luz, em relação aos fatores químicos destaca se o pH, a disponibilidade de nutrientes, a salinidade, os metais pesados e para os fatores biológicos tem-se a competição, a associação, o antagonismo e o parasitismo. O conhecimento da ecologia e biologia dos FMA relacionando com os demais atributos do solo, são requisitos básicos para uma melhor exploração do potencial desta associação e assim proporcionar um melhor desenvolvimento das plantas bem como aumentar a sobrevivência e persistência de espécies fúngicas importantes em determinado ambiente (BONFIM, 2011).

Inúmeros são os benefícios proporcionados pelos FMAs às plantas usadas no processo de recuperação de áreas degradadas, dentre eles podemos destacar: o vigor, a capacidade de tolerar estresses climáticos, a maior competitividade devido ao aumento na taxa de crescimento inicial, a resistência às doenças e a sobrevivência em solos pobres, já que a maior parte das áreas destinadas à revegetação é constituída de solos de baixa fertilidade, além disso os FMAs participam da agregação do solo (ZANGARO et al., 2002; MOREIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O estudo foi realizado em uma propriedade rural, localizada na comunidade Monte Alegre (09°51'32,922"S e 56°11'37,016"W), distante 13 km do perímetro urbano de Alta Floresta-Mato Grosso (Figura 1).

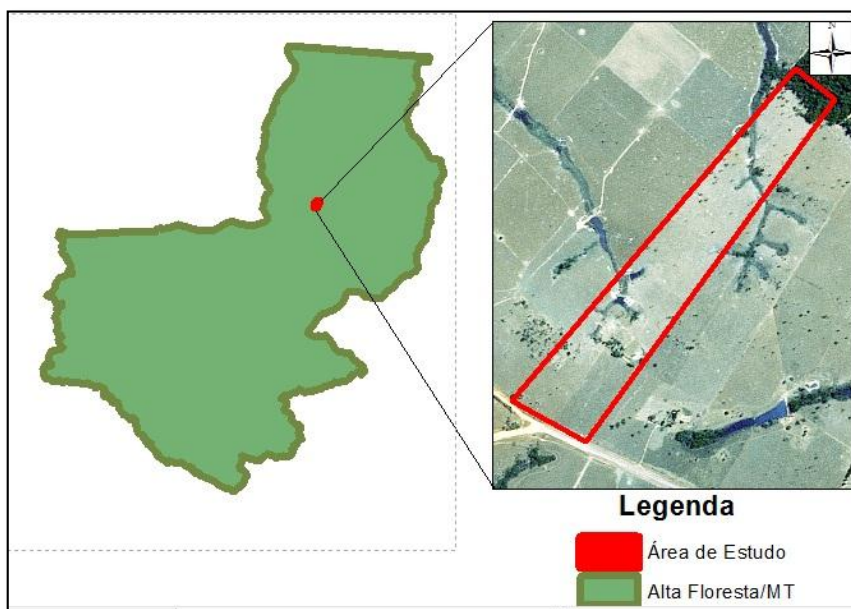


Figura 1: Localização da área de estudo no município de Alta Floresta.

A região apresenta precipitação média anual de 1.770 mm, com período de seca prolongado e com temperatura média anual oscilando em torno de 25°C (NEILL et al., 2013). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

A composição granulométrica do solo foi determinada pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997), a amostragem foi realizada a partir de 10 amostras simples cada ambiente. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-0,10 m, em maio do ano de 2017, os resultados estão expressos na tabela 1.

Tabela 1: Composição granulométrica do solo sob área de preservação permanente de três anos (APP03), área de preservação permanente degradada (APPD) e, área de floresta nativa (FN) no município de Alta Floresta-MT, 2017.

Fração	Área		
	APP03	APPD	FN
	g kg ⁻¹		
Areia	758	698	673
Silte	75	77	33
Argila	167	225	294

Para o estudo foram selecionadas os seguintes ambientes, área de floresta nativa (FN), como padrão de qualidade do solo; área de preservação permanente degradada (APPD) e uma área de preservação permanente em processo de recuperação por três (APP03), representadas na figura 2.

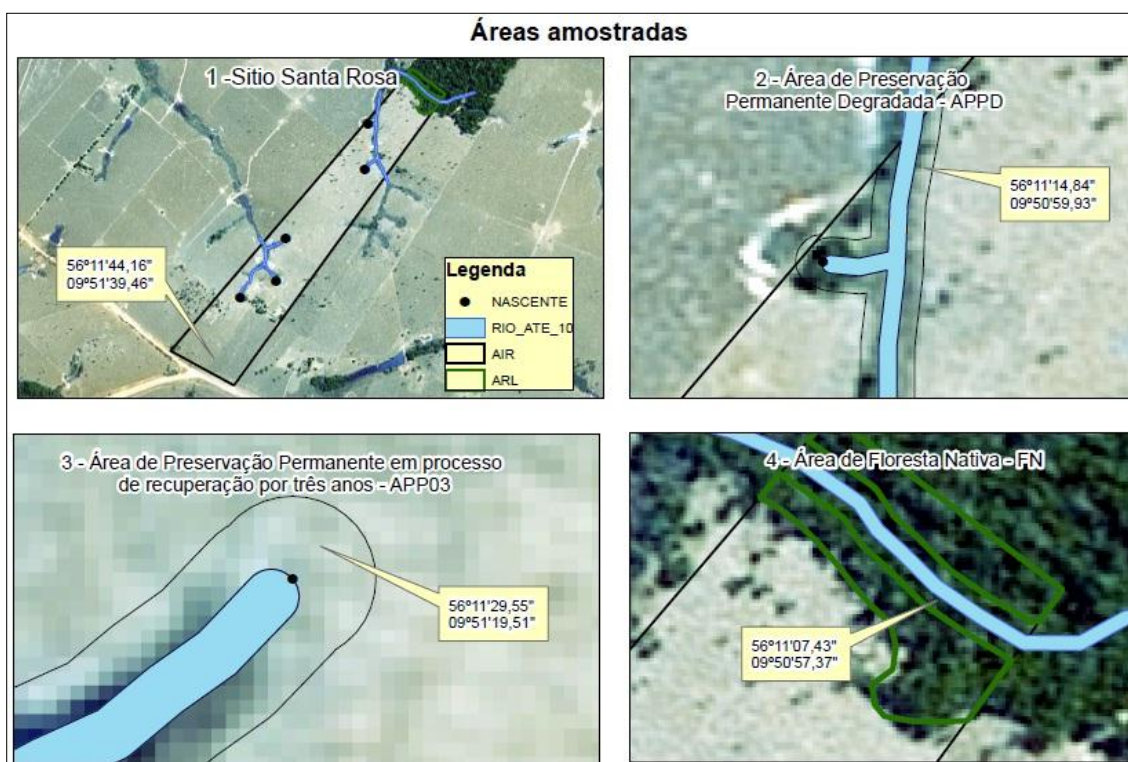


Figura 2: 1 – Sítio Santa Rosa, 2 - Área de Preservação Permanente Degradada – APPD, 3 - Área de Preservação Permanente em processo de recuperação por três anos - APP03, 4 - Área de Floresta Nativa – FN.

A descrição das práticas de manejo realizadas em cada ambiente segue na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição das áreas de estudo no Sítio Santa Rosa, município de Alta Floresta-MT, 2017.

Ambiente	Área (ha ⁻¹)	Situação Atual
Floresta Nativa (FN)	3,30	A área de vegetação nativa compreende um único fragmento que protege cursos d'água na propriedade. Vegetação de floresta estacional semidecidual característica da região, sem histórico de interferência antrópica.
Área Preservada de 03 anos (APP03)	0,86	Inicialmente cultivada com pastagens, o processo de recuperação foi através do incentivo Municipal no ano de 2013. O preparo do solo foi manual, com dessecamento da pastagem. O plantio consistiu no consórcio de sementes e utilização de mudas, plantadas em nível e as sementes nas entrelinhas.
Área de Preservação Permanente Degradada (APPD)	2,0	Área cultivada com pastagens em estágio de degradação do solo, é uma área íngreme. A área adjacente é cultivada com pastagem, a qual passou por processo de reforma no ano de 2013, recebendo calcário no preparo do solo.

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente (SECMA).

Em cada área estudada foram instaladas 10 parcelas com dimensões de 10x10 m, totalizando uma área de 1000 m² (Figura 3). A coleta foi realizada em maio de 2017. A amostragem procedeu na camada de 0-0,10 m de profundidade.

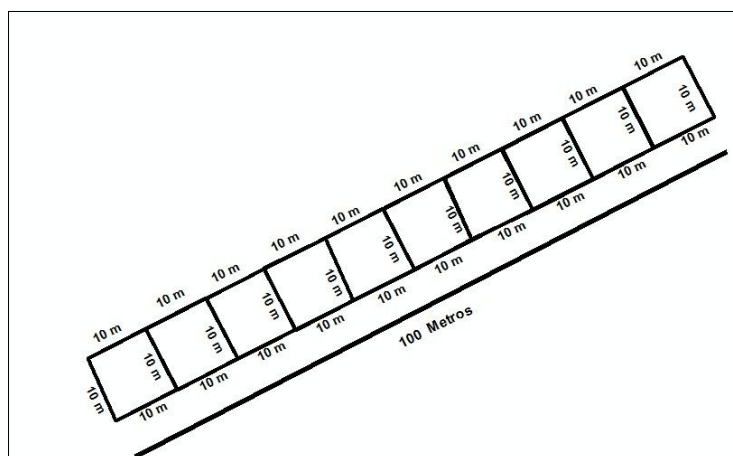


Figura 3: Croqui da área de estudo, dividida em 10 parcelas com dimensões de 10x10m cada. Alta Floresta-MT, 2017.

3.2 Caracterização química do solo

Para a análise química do solo, três amostras simples foram coletadas de cada parcela, formando uma amostra composta. A coleta foi realizada em maio de 2017. As análises químicas do solo foram realizadas seguindo as metodologias descritas pela Embrapa (2009). O pH do solo foi determinado em H₂O, utilizando pHmetro. O fósforo (P) e o potássio (K⁺) foram extraídos do solo pelo método de Mehlich (HCl 0,05 M). O P foi medido por espectrofotometria e o K⁺ quantificado por fotometria de chama. O cálcio (Ca²⁺), o magnésio (Mg²⁺) e o alumínio (Al³⁺) foram extraídos com KCl 1M e quantificados por titulometria. O H+Al foram extraídos com acetato de Ca e determinados por titulometria.

Para a avaliação dos teores de carbono orgânico e nitrogênio total do solo utilizou-se a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

3.3 Caracterização física do solo

Para a avaliação da densidade e da porosidade total do solo, foram coletadas três amostras indeformadas em cada parcela. A coleta foi realizada em maio de 2017, na camada de 0-0,10 m de profundidade, utilizando-se de um amostrador do tipo capela, anéis volumétricos, marreta e enxadão (Figura 4) e as determinações foram realizadas conforme a metodologia descrita pela Embrapa (1997).



Figura 4: Coleta para avaliação da densidade e porosidade total do solo. Alta Floresta-MT, 2017.

Para a avaliação do diâmetro médio ponderado (DMP) uma porção de solo foi passada em peneira para obter agregados com diâmetro entre 6,3 e 4,00 mm. Destes agregados foram utilizadas 20 gramas, os quais foram colocados sobre um conjunto de peneiras com abertura de malhas de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm. O conjunto de peneiras foi colocado para agitação vertical em água durante 15 minutos com 31 ciclos por minuto e com amplitude de 5,0 cm. Após foram retirados os agregados retidos em cada peneira e colocados para secar em estufa a 105°C.

Os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) foram obtidos através da fórmula:

$$DMP = \sum_{i=1}^N (X_i \cdot W_i)$$

Em que:

X_i - diâmetro médio das classes (mm).

W_i - proporção de cada classe em relação ao total.

Para avaliação do índice de estabilidade de agregados em água (IEA) foram utilizadas 5 gramas de agregados com diâmetro entre 2 e 1 mm, os quais foram colocados sobre uma peneira com abertura de malha de 0,25 mm, para agitação vertical em água durante 3 minutos. Após o término do peneiramento úmido o conteúdo retido na peneira foi transferido para latas de alumínio e seco em estufa a 105°C, durante 24 horas, e em seguida foram pesados para a determinação da porcentagem de agregados estáveis em água.

3.4 Caracterização Biológica do solo

A amostragem da microbiota foi realizada de forma sistemática a partir da instalação de uma parcela de 300 m² com bordadura de 25 m².

Foram coletadas amostras de solo rizosférico com auxílio de um trado holandês de seis plantas dentro de cada parcela, totalizando 18 amostras. A coleta se deu na profundidade de 0-0,10 m. As amostras foram individualmente embaladas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria, para viabilidade

dos microorganismos presente no solo. O período de armazenagem do solo foi determinado de acordo com cada análise realizada.

3.4.1 Glomalina Total (GT)

A extração da glomalina total e facilmente extraível seguiu o método de Bradford (1976), modificada por Wrigth & Uphadhyiaia (1998), a qual foi pesado dois gramas de solo de cada uma das amostras coletadas e depositado em tubos falcon de 50 mL e adicionado 10 mL de solução de citrato de sódio 50 mM a pH 8,0. Os tubos passaram por processo de autoclavagem durante 60 minutos a 121° C e, posteriormente por centrifugação durante 15 minutos. Os ciclos de autoclavagem se repetiram até que a solução nos tubos apresentasse cor amarelo-claro, totalizando cinco ciclos (Figura 5).



Figura 5: Extração da Glomalina Total. Alta Floresta-MT, 2017.

Após o término do último ciclo, o sobrenadante foi quantificado e reservado uma alíquota para leitura em espectrofotômetro calibrado com padrão albumina de soro de bovino (BSA). As concentrações da glomalina, foram corrigidas para mg g^{-1} de solo, considerando-se o volume total de sobrenadante e o peso do solo seco.

3.4.2 Glomalina Facilmente Extraível (GFE)

Para a extração da glomalina facilmente extraível foi pesado 2 gramas de solo de cada uma das amostras coletadas e depositado em tubos falcon de 50 mL, sendo adicionado 10 mL de solução de citrato de sódio 20 mM a pH 7,4. Os tubos passaram por processo de autoclavagem durante 60 minutos a 121° C.

Após este período os tubos foram acondicionados em centrífuga ajustada para 5000 rpm e centrifugados durante 15 minutos. O líquido sobrenadante foi reservado, quantificado em proveta, armazenados em tubo eppendorf de 1,5 mL e acondicionados sob refrigeração.

Conforme método proposto por Bradford (1976) modificada por Wright et al. (1996) a quantificação da proteína de solo se deu através da leitura do sobrenadante em espectrofotômetro calibrado com padrão albumina de soro bovino (BSA). As concentrações da glomalina, foram corrigidas para mg g⁻¹ de solo, considerando-se o volume do sobrenadante e o peso do solo seco.

3.4.3 Multiplicação dos FMA's – Cultura Armadilha

A multiplicação dos esporos se deu através da técnica de cultura armadilha. Foram montados 72 vasos plásticos com capacidade para 2 litros preenchidos com aproximadamente 400 g de substrato estéril (areia), inoculado com 100 g de solo de interesse e semeadura (1 g) de *Brachiaria decumbens*. As sementes foram anteriormente desinfestadas superficialmente através de imersão em álcool 70% durante 10 minutos, hipoclorito de sódio durante 10 minutos e três vezes em água destilada durante 5 minutos. As sementes germinaram quatro dias após a semeadura.

Os vasos foram aleatorizados na bancada da casa de vegetação, onde a cultura armadilha permaneceu 120 dias sob iluminação natural, irrigação diária e aplicações quinzenais da solução nutritiva de Hoagland. Após este período suspendeu-se a irrigação por sete dias, procedeu-se com o corte da parte aérea e retirou-se uma amostra de 100 g de solo seco para extração dos esporos (Figura 6).



Figura 6: Multiplicação dos FMA's – Cultura Armadilha. Alta Floresta-MT, 2017.

3.4.4 Análise do potencial de inóculo micorrízico

Para avaliação do potencial micorrízico, as raízes obtidas da cultura armadilha foram separadas da parte aérea e lavadas para retirar o excesso de solo. As raízes foram descoloridas como descrito por Koske e Gemma (1989), e a porcentagem de colonização micorrízica mensurada por meio da intercepção radicular, em placa de Petri quadriculada utilizando o método proposto por Giovannetti e Mosse (1980).

3.4.5 Densidade de esporos de Fungos Micorrizos Arbusculares (FMA's)

Os esporos de FMA foram extraídos de 50 g das amostras de solo através da técnica do peneiramento úmido (GERDEMAM & NICOLSON, 1963), seguido por centrifugação em água e solução de sacarose 50% (JENKINS, 1964).

Os 50 gramas de solo foram transferidos para um erlenmeyer com água, sendo agitando até a dissolução total do solo, em seguida este foi vertida sobre um conjunto de peneiras de abertura 0,42 a 0,053 mm, o material da peneira de abertura 0,42 mm foi descartado e o que reteve nas peneiras de 0,053 mm foi transferido para um tubo de centrifuga, estas foram centrifugadas a 3000 RPM por 3 minutos com água e descartado o sobrenadante, posteriormente foi centrifugado com sacarose a 2000 RPM por 2 minutos. O sobrenadante foi

recolhido e lavado para a retirada da sacarose, posteriormente, realizada a quantificação sob lupa binocular estereoscópica.

3.4.6 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

Para avaliação do carbono da biomassa microbiana (CBM) seguiu-se o método proposto por Jenkinson e Powlson (1976) com algumas modificações sugeridas por Islam e Weil (1998) descrita a seguir.

Foram utilizadas de cada área estudada, dez alíquotas de 100 g cada, cujo teor de umidade foi ajustado a 50% da capacidade de retenção de água, o procedimento experimental foi complementado por prova em branco. Sendo colocados 10 g em recipiente com capacidade de 1,8 L, e as outras 90 g foram irradiadas através de aparelho de micro-ondas. Os solos irradiados foram inoculados com 10 g de solo da amostra original, posteriormente, foi realizada a homogeneização do solo.

Após homogeneização, em cada recipiente (vasos 1,8 L) foram colocados dois copos plásticos, um contendo 10 mL de NaOH 0,5 M e outro com água destilada para manter a umidade. Após, foram vedados com filme plástico e em seguida, fechados. As amostras foram mantidas no escuro por dez dias a 26°C. A quantidade de CO₂ liberada do solo foi determinada após adição de 2,0 mL de BaCl₂ 25%, 2 gotas de fenolftaleína a 1% indicador, sob agitação constante da solução, titulou-se adicionando aos poucos HCl 0,5 M, até o ponto de viragem passando da cor rósea para o branco. Anotou-se o volume de HCl gasto para titular a amostra. Este processo foi repetido com todas as amostras, fumigadas, não fumigadas e controles.

Utilizou-se como controle, dez recipientes sem solo, contendo a mesma solução de NaOH. Para o cálculo da quantidade de CO₂ liberado, tanto das amostras irradiadas, quanto das amostras não irradiadas foi utilizado a seguinte fórmula:

$$C-CO_2 \text{ mg Kg}^{-1} = (C-A).M.E$$

Onde:

C= volume (ml) do ácido usado para titular o branco (controle);

A= volume (ml) do ácido usado para titular as amostras irradiadas ou não irradiadas

M= molaridade do ácido;

E= equivalente grama do carbono (6)

3.4.7 Respiração Basal (CO₂)

Para a determinação da respiração basal, seguiu a metodologia proposta por Öhlinger (1993), descrita a seguir.

Foram utilizadas de cada área estudada, dez alíquotas de 100 g cada, cujo teor de umidade foi ajustado a 50% da capacidade de retenção de água.

As amostras com 100 g foram colocadas em recipiente com capacidade de 1,8 L, foram colocados dois copos plásticos, um contendo 10 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ e outro com água destilada para manter a umidade. Após, foram vedados com filme plástico e em seguida, fechados. As amostras foram mantidas no escuro por dez dias a 26°C, o procedimento experimental foi complementado por prova em branco. A quantidade de CO₂ liberada do solo foi determinada após adição de 2,0 mL de BaCl₂ 25%, 2 gotas de fenolftaleína a 1% indicador, sob agitação constante da solução, titulou-se adicionando aos poucos HCl 0,5 mol L⁻¹, até o ponto de viragem passando da cor rósea para o branco. Anotou-se o volume de HCl gasto para titular a amostra. Após procedeu-se os cálculos da quantidade de CO₂ liberado por grama de solo seco.

Para o cálculo da respiração edáfica microbiana foi utilizada a fórmula proposta por Severino et al., (2005).

$$\text{CO}_2 \text{ mg Kg}^{-1} = [(V1 - V0) \times 44]/0,1$$

Onde,

CO₂ - quantidade de carbono mineralizado, mg de CO₂ kg de solo⁻¹.

V1 - volume de HCl necessário para neutralizar o NaOH no tratamento, mL.

V0 - volume de HCl necessário para neutralizar a testemunha, mL.

44 - equivalente ao peso molar do CO₂

0,1 - massa do solo, kg.

O quociente metabólico (qCO₂) foi determinado pela razão da atividade microbiana do solo (C-CO₂ liberado) em relação ao carbono da biomassa microbiana (CBM), seguindo a metodologia proposta por Anderson & Domsch (1993), seguindo a fórmula:

$$\text{mg Kg}^{-1} \text{ qCO}_2 = \text{RB/CBM}$$

Onde,

qCO₂ = quociente metabólico do solo

RB = Respiração Basal do Solo

CBM = Carbono da Biomassa Microbiana do solo

3.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (bartlett) e, quando necessário, os dados foram corrigidos. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância por meio do teste F e as médias comparadas por meio do teste Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa R-Studio.

Para a análise de componentes principais - PCA foi utilizado o algoritmo *prcomp* juntamente com os pacotes *ggfortify*² e *ggplot2*³ para visualização dos dados, estes foram autoescalados e centrados na média. A Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA foi realizada utilizando o algoritmo *hclust* juntamente com os pacotes *colorspace*⁴, *dendextend*⁵ e *cluster*⁶, usando o método do vizinho mais distante (completo). Os cálculos de análise multivariada foram realizados utilizando o Software R¹.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos Químicos

Os menores valores de pH foram verificados no solo sob FN seguido da APP03 (Tabela 3). Tal situação pode ter sido influenciada pela decomposição do material orgânico, pois o processo de transformação resulta na liberação de ácidos que interagem com as propriedades do solo. A mineralização da matéria orgânica e os exsudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas são fatores que contribuem para aumentar a acidez do solo (SILVA et al., 2015). Oliveira et al. (2017) ao avaliarem os atributos químicos de um solo sob diferentes sistemas de uso e manejo, observaram baixos valores de pH do solo (4,8 e 4,5) sob floresta secundária e floresta nativa, em relação a pastagem (5,1), resultados esses que corroboram com o presente trabalho.

Tabela 3: Valores de pH, fósforo e potássio determinados em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

Área	pH (H ₂ O)	Fósforo (mg dm ⁻³)	Potássio (cmol _c dm ⁻³)
FN	4,41 c	5,81 a	0,20 a
APP03	4,79 b	2,73 b	0,10 b
APPD	5,49 a	2,19 b	0,12 b
CV (%)	3,32	36,09	9,38

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

A área de FN apresentou concentração superior de fósforo em relação às demais áreas, o que foi influenciada pelo maior aporte de matéria orgânica presente no solo desta área. Segundo Rodrigues et al. (2010) a disponibilidade de fósforo pode ser aumentada pela matéria orgânica decomposta, devido esta formarem complexos com o ferro e o alumínio, evitando a formação de compostos insolúveis com o fósforo. O aumento da disponibilidade do fósforo para as plantas pelos microrganismos deve-se a mecanismos que afetam a

estrutura, a química, a bioquímica e a fisiologia do ambiente radicular (MARRA, 2012).

De acordo com Sousa e Lobato (2004) o teor de fósforo nas áreas de APPD e APP03 estão em classe de disponibilidade consideradas muito baixa e para a área de FN o teor é baixo. A baixa disponibilidade deste elemento para as plantas é devida á grande reatividade e a altas taxas de retenção de seus íons, relacionado a inúmeros constituintes do solo (MENDES & JUNIOR, 2003).

O solo sob a área FN apresentou o maior teor de potássio (Tabela 3), o que pode ser atribuído ao processo de mineralização da serapilheira depositada sobre o solo. Outro fator relevante para a maior concentração de K^+ na área de FN pode estar vinculado a maior capacidade de troca catiônica (CTC) obtida neste ambiente, devida a maior possibilidade de retenção deste nutriente, estes resultados corroboram com Rodrigues et al. (2010). Os teores de K^+ sob FN e APPD foram considerados como alto, enquanto que sob as áreas de APP03 os níveis são adequados segundo Sousa e Lobato (2004).

Para os teores de Ca e Mg, a APPD obteve o maior valor (Tabela 4). Este comportamento deve-se a reforma das pastagens da área adjacente, a qual houve a disponibilidade do calcário no preparo do solo, e com as fortes chuvas estes nutrientes foram levados para área de APPD, influenciando o resultado obtidos nas análises. Em relação aos menores valores destes nutrientes em áreas de floresta nativa, deve-se a estrutura mais complexa e composição florística mais diversa destes ambientes, o que resulta na imobilização destes elementos nas estruturas dos vegetais. Menores valores Ca e Mg, em área de FN foram encontrados por Portugal et al. (2010), que também atribuiu o fato na alocação destes nutrientes na vegetação.

Tabela 4: Valores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e alumínio + hidrogênio (Al+H) em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

Área	Cálcio	Magnésio	Alumínio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	Alumínio + Hidrogênio
FN	0,73 b	0,13 b	0,65 a	3,81 a
APP03	0,61 b	0,30 a	0,33 b	2,60 b
APPD	1,09 a	0,38 a	0,09 c	2,21 b
CV(%)	35,99	35,41	45,48	18,23

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Em relação à acidez potencial e os teores de alumínio (Tabela 4), os maiores valores foram obtidos em solos de FN, situação esta, vinculada ao processo de decomposição da serapilheira acumulada, sobre solos deste ambiente. O maior valor de alumínio sobre solos de FN pode ser explicado pelo baixo valor de pH obtido nesta área, pois segundo Epstein e Bloom (2006) relatam que pH baixos aumentam a solubilidade deste elemento no solo.

Ramos et al. (2009) em avaliação da fertilidade de solos em áreas preservadas e degradadas, obteve maior teor de Al^{+3} ($0,60 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em área de floresta nativa quando comparada com a área degradada ($0,30 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), dados estes semelhantes ao do presente trabalho. A presença de Al^{+3} no solo, não são desejáveis uma vez que este reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes diminuindo a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento (MIGUEL et al., 2010).

Os maiores valores da capacidade de troca catiônica – CTC (Tabela 5) foram observados na área de FN, diferindo estatisticamente das demais áreas amostradas. Este comportamento deve-se provavelmente a estabilidade e aporte do material orgânico como cobertura presente nesta área. A importância da matéria orgânica do solo está no fato de ser determinante na capacidade de troca de cátions, bem como, constituir a principal fonte de nutrientes minerais às plantas (FONTONA et al., 2011).

Menores valores de CTC foram presenciados na área de APPD, inferindo que as intervenções antrópicas atuam negativamente sobre este atributo.

Tabela 5: Valores de capacidade catiônica - CTC, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), nitrogênio total - NT e carbono orgânico total - COT, em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

Área	CTC ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	V (%)	m (%)	COT (g kg^{-1})	NT (g kg^{-1})
FN	4,89 a	21,50 b	39,54 a	23,64 a	1,87 a
APP03	3,62 b	28,29 b	24,44 a	18,44 b	1,32 b
APPD	3,82 b	41,57 a	6,18 b	19,16 b	1,54 b
CV (%)	16,98	21,09	34,13	13,72	14,23

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Cardoso et al. (2011), em avaliação dos atributos do solo, observou comportamento semelhante ao presente trabalho, a qual a CTC apresentou tendência de redução mais acentuada nas áreas de pastagens. Segundo Ronquim (2010), a CTC dos solos representa a capacidade gradual de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes.

Para os valores de saturação por bases – V% a maior média foi verificada na APPD, influenciada pelos maiores valores de bases obtidas neste ambiente (Tabela 5). A conversão da floresta nativa em áreas de uso consolidado ocasionou o aumento dos índices desta variável no solo, o que deve-se as práticas de manejo realizada na área adjacente, pois o calcário disponibilizado no preparo do solo desta área deve ter sido levado pela água da chuvas para APPD, influenciando este comportamento. De acordo com Sousa e Lobato (2004) todas as áreas estão em nível considerado baixo de saturação.

Em relação à saturação por alumínio – m% (Tabela 5) a área de FN e APP03 apresentou os maiores valores. Os baixos valores obtidos de pH e maior

teor de alumínio obtido nestas áreas influenciaram tal situação. Neste caso pode-se dizer que maiores são as cargas negativas dos coloides do solo ocupadas pelos íons de H e Al^{3+} e pequena quantidade de cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Segundo Osaki (1991) quando os valores de m% encontram-se entre o intervalo de 20,1 a 45% é classificado como altamente prejudicial ao desenvolvimento das plantas, neste argumento observa que a área de FN e APP03 apresentam alta saturação e a área de APPD baixa.

Os maiores teores de carbono orgânico total – COT, foi verificado no solo sob FN (Tabela 5). Este comportamento deve-se ao menor grau de antropização e ao maior aporte de resíduos orgânicos produzidos pela vegetação nativa. Os menores valores de COT no solo sob a área APPD também foi verificado por Cardoso et al. (2010). O comportamento do COT do presente trabalho está de acordo com estudos realizados por Rudnick et al., (2015); Ramos et al., (2009) e Cardoso et al., (2010).

O nitrogênio total - NT (Tabela 5) apresentou maiores valores na FN, o que era esperado uma vez que o NT é regulado pelo teor de matéria orgânica evidenciado pelo COT, desta forma os maiores teores de NT, foram constatados nas áreas de maior concentração de COT, o que comprova esta relação. Segundo Bortolon et al. (2009), a matéria orgânica do solo faz parte de um equilíbrio dos ciclos do carbono e do nitrogênio e seu conteúdo encontra-se estável em solos sob vegetação natural, situação verificada no presente trabalho.

Dados semelhantes foram encontrados por Rangel (2006), na avaliação dos estoques e frações da MO e suas relações com o histórico de uso e manejo, onde este observou que o estoque de N foi superior na área da mata em relação aos demais tratamentos, atribuindo ao efeito positivo dos resíduos presentes no local.

4.2 Atributos Físicos

Verificou-se que os maiores valores de estabilidade de agregados em água - IEA foram encontrados nos solos sob FN em comparação a APPD, porém não diferiu da APP03 (Tabela 6).

Tabela 6: Valores de índice de estabilidade de agregados em água – IEA, diâmetro médio ponderado – DMP, Densidade aparente – DA e porosidade total – PT (%), em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

Área	IEA (%)	DMP (mm)	DA (g cm ⁻³)	PT (%)
FN	96,99 a	4,06 b	1,45 b	40,57 a
APP03	96,75 ab	4,28 b	1,55 a	36,19 b
APPD	95,77 b	4,60 a	1,53 a	40,00 a
CV (%)	0,99	8,44	3,95	5,19

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

O maior IEA na área de FN é devido ao maior aporte da matéria orgânica, pois esta é um importante agente cimentante das partículas do solo. A atividade microbiana também pode ser importante para a estabilização dos agregados no solo, por exerce uma ação física de adesão entre as partículas, atuando como ligantes físicos, além de liberarem compostos químicos que também contribuem para a agregação (MOREIRA & SIQUEIRA., 2006).

O maior valor de diâmetro médio ponderado - DMP, foi verificado em solos de APPD (Tabela 6). Esta situação pode ter sido influenciada pela maior compactação do solo, devido ao pisoteio animal aliado ao umedecimento das partículas resultando na união destas. Outro fator a ser considerado e a atividade das raízes das gramíneas, que atuam nas camadas superficiais aliado ao não revolvimento do solo. Salton et al. (2008) obteve resultado semelhante ao presente trabalho, atribuindo os maiores valores de DMP obtidos em áreas de APPD a atividade das raízes das gramíneas. Segundo Mello et al. (2017) as

gramíneas sobressaem na agregação do solo, por possuírem um sistema radicular robusto e rapidamente renovado.

Os maiores valores de DMP em áreas de APPD evidencia a capacidade das pastagens de manter a agregação do solo, por meio do efeito do crescimento das raízes no processo de agregação, que estimula a atividade microbiana e, conseqüentemente, aumenta a quantidade de exsudatos que atuam como agentes de agregação do solo, além de forças mecânicas que estabilizam agregados com maior intensidade (JUNIOR et al., 2012; SALTON et al., 2008).

A APPD e APP03 apresentaram a maior densidade aparente - DA (Tabela 6) evidenciando solos mais compactados. Este comportamento deve-se ao pisoteio animal, pois a pressão exercida sobre o solo resulta no adensamento das partículas. A não diferença da área de APP03 e APPD pode ser atribuído a atividade de pecuária desenvolvida nesta área, antes do processo de restauro.

O menor valor de DA observado na área de FN evidencia que a eliminação dos fatores que ocasiona a compactação, assim como adoção de práticas que favorecem o acúmulo de material orgânico sobre o solo são alguns dos fatores, que contribui para melhoria da densidade do solo. Os menores valores de DA, foram detectados na área com maior valor de COT (Tabela 5), situação está também constatado por Coutinho et al. (2017).

Mesmo havendo aumento significativo da densidade do solo na APPD e APP03, constata-se que os valores observados se encontram abaixo do valor considerado como restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular, que é de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ (REINERT & REICHERT., 2006). Silva et al. (2015) e Cardoso (2011), encontraram maior densidade em áreas de pastagens em relação a mata nativa associando esses resultados ao pisoteio dos animais e à redução no teor de MO.

Para a porosidade total - PT (Tabela 6), a área de FN e APPD apresentou as maiores médias não diferindo entre si. A decomposição das raízes das plantas, que formam bioporos, atividade de animais ou insetos do solo, como minhocas, térmitas dentre outros, podem ser os principais fatores que contribuíram para os maiores valores de PT destas áreas (REINERT & REICHERT., 2006).

4.3 Atributos Biológicos

Para os valores de Respiração Basal - RB (Tabela 7), a APPD e FN obtiveram as maiores médias, não diferindo entre si.

Tabela 7: Valores de respiração basal – RB, Carbono da biomassa microbiana - CBM e quociente metabólico - (qCO_2) em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

Área	RB mg CO ₂ kg solo ⁻¹	CBM mg Cmic kg solo ⁻¹	qCO ₂ mg CO ₂ kg solo ⁻¹
FN	23,19 ab	23,51 a	0,98 a
APP03	20,22 b	9,12 b	2,22 a
APPD	28,76 a	16,94 ab	1,69 a
CV (%)	28,61	26,71	30,2

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

A maior respiração em áreas de APPD pode estar relacionada a distúrbio, comumente ocorrido em áreas antropizadas, assim como pode estar associada ao sistema radicular das gramíneas que são fasciculados e profundos, explorando grande proporção de solo e melhorando a aeração, tornando um ambiente estável a comunidade microbiana. O maior valor de RB para área de FN está associada a grande disponibilidade da matéria orgânica como cobertura do solo.

Segundo Islam e Weil (2000), a interpretação dos valores de RB, deve ser cautelosa, pois as altas taxas de respiração podem indicar tanto um distúrbio ecológico, como um alto nível de produtividade do ecossistema, por esse motivo, a análise da respiração basal não deve ser feita isoladamente e, sim, em conjunto, com outras variáveis biológicas. Alta atividade microbiana nem sempre indica condições desejáveis, pois em curto prazo pode significar liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (ARAÚJO et al., 2007).

Resultados de maior atividade microbiana em ambientes de pastagem cultivada (APPD) têm sido relatados na literatura. Cardoso et al. (2009) atribuiu

a maior RB de áreas de pastagens ao intenso desenvolvimento e ciclagem do sistema radicular das gramíneas forrageiras na camada superior do solo. De acordo com Mendes e Junior (2015) valores de RB ≤ 40 mg de C kg⁻¹ de solos é classificada como baixa, neste aparato podemos dizer que os valores de RB obtidas em ambas as áreas amostradas estão em nível baixo.

Para o carbono da biomassa microbiana - CBM a área de FN apresentou a maior média não diferindo da área de APPD (Tabela 7). Este resultado tem relação com a eficiência microbiana, com os valores de respiração basal e matéria orgânica presente nestes ambientes. Este dado demonstra que maior será o carbono acumulado no solo destas áreas por meio do processo de sucessão microbiana, estando disponibilizadas as plantas, ou fazendo parte da reserva do solo.

Segundo Araújo et al. (2007) a biomassa microbiana representa uma reserva considerável de nutrientes, os quais são continuamente assimilados durante os ciclos de crescimento dos diferentes organismos que compõem o ecossistema. Resultados semelhantes foram verificados no trabalho de Colodel (2014) que em análise dos atributos biológicos de um Argissolo Vermelho Amarelo do bioma Amazônico, sob diferentes usos, as áreas de pastagens e vegetação nativa não diferiram quanto ao teor CBM.

Quanto ao quociente metabólico (qCO₂), não houve diferença significativa para as áreas amostradas. Quanto mais baixos são os valores de qCO₂ maior será a eficiência da biomassa microbiana na utilização dos recursos. Uma biomassa mais eficiente seria aquela que perderia menos C na forma de CO₂ com a respiração e incorporasse mais C aos tecidos microbianos.

Segundo Anderson e Domsch (1993), qCO₂ elevados são indicativos de comunidades microbianas em estágios iniciais de desenvolvimento, com maior proporção de microrganismos ativos, podendo também estar associada a populações microbianas sob algum tipo de estresse metabólico.

Em relação à glomalina total - GT observou que a APPD obteve a maior média, em relação a APP03 e APPD que não diferiram entre si (Tabela 8). Para os valores de glomalina facilmente extraível - GFE a APPD e APP03 deteve os maiores valores, não diferindo entre si.

Tabela 8: Valores de glomalina total – GT, glomalina facilmente extraível – GFE, potencial micorrízico – PM e densidade de esporos – DE, em solos sob área de floresta nativa (FN), sob área de preservação permanente de três anos (APP03) e sob área de preservação permanente degradada (APPD). Alta Floresta-MT, 2017.

	GT mg Ptn g ⁻¹	GFE mg Ptn g ⁻¹	PM (%)	DE Esporo cm ³ solo
Área				
FN	0,90 b	2,69 b	17,2 b	10,00 b
APP03	0,90 b	3,39 a	44,4 a	30,80 a
APPD	1,04 a	3,22 a	49,3 a	11,80 ab
CV (%)	7,42	13,6	29,56	15,1

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Os maiores teores desta proteínas em solos destas áreas pode estar vinculado a maior atividade dos FMAs em áreas antropizadas e que estão em processo de construção. A glomalina é uma glicoproteína, produzida pelos fungos micorrizos arbusculares (FMAs) que tem sido associada à formação e estabilização de agregados do solo e à dinâmica no estoque de carbono, contribuindo para melhoria da qualidade edáfica (WRIGHT & UPADHYAYA., 1998; VIANA & SANTOS., 2010).

Os maiores tores desta proteína resultante em solos sob APPD deve-se, provavelmente à maior eficiência fotossintética das gramíneas, que investi fotossintatos na simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares, mantendo altos níveis de colonização, para obter retorno com a maior absorção de P (CORDEIRO et al., 2005).

Maiores tores de GFE em APP03 pode ser atribuído ao processo inicial de recuperação. Diniz (2011), avaliando os tores de glomalina e substâncias húmicas em diferentes estágios sucessionais de floresta, obteve maiores concentração nas áreas de sucessão inicial e associou está ocorrência a maior atividade dos FMAs a fim de contribuir no desenvolvimento da vegetação em rápido crescimento e absorção de nutrientes

A APPD e APP03 apresentaram os maiores valores de potencial micorrizico – PM (Tabela 8), inferindo os maiores valores de densidade de

esporos – DE (Tabela 8) sobre solos destas áreas. Os menores valores de PM e DE, foram detectados em solos de FN. O menor número de esporos em área de vegetação nativa, em relação ao agrossistema com maior influência antrópica, confirma a maior atuação dos FMAs em solos que ainda estão sendo submetidos a um processo de construção e que ainda não atingiram sua estabilidade (PIOTROWSKI et al., 2008; BONFIM, 2011). Segundo Fernandes (2011) atribui a menor população de fungos micorrízicos em ambientes de mata nativa se justifique pelo maior equilíbrio e menor perturbação dessa em relação aos sistemas cultivados.

Maiores valores de PM em áreas de recuperação e em área com início de degradação, também foi resultado do trabalho de Caproni et al. (2017) e Carneiro et al. (2012). A menor DE e PM em ecossistemas naturais é comumente observada na literatura, o que indica a estabilidade desse ecossistema (CORDEIRO et al., 2005).

4.4 Análises de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais – ACP separou os diferentes ambientes em três grupos de forma satisfatória em função da similaridade das variáveis estudadas. O primeiro grupo compreende a floresta nativa - FN o segundo a área de preservação permanente degradada - APPD e o terceiro a área de preservação em processo de recuperação por três anos - APP03 (Figura 7).

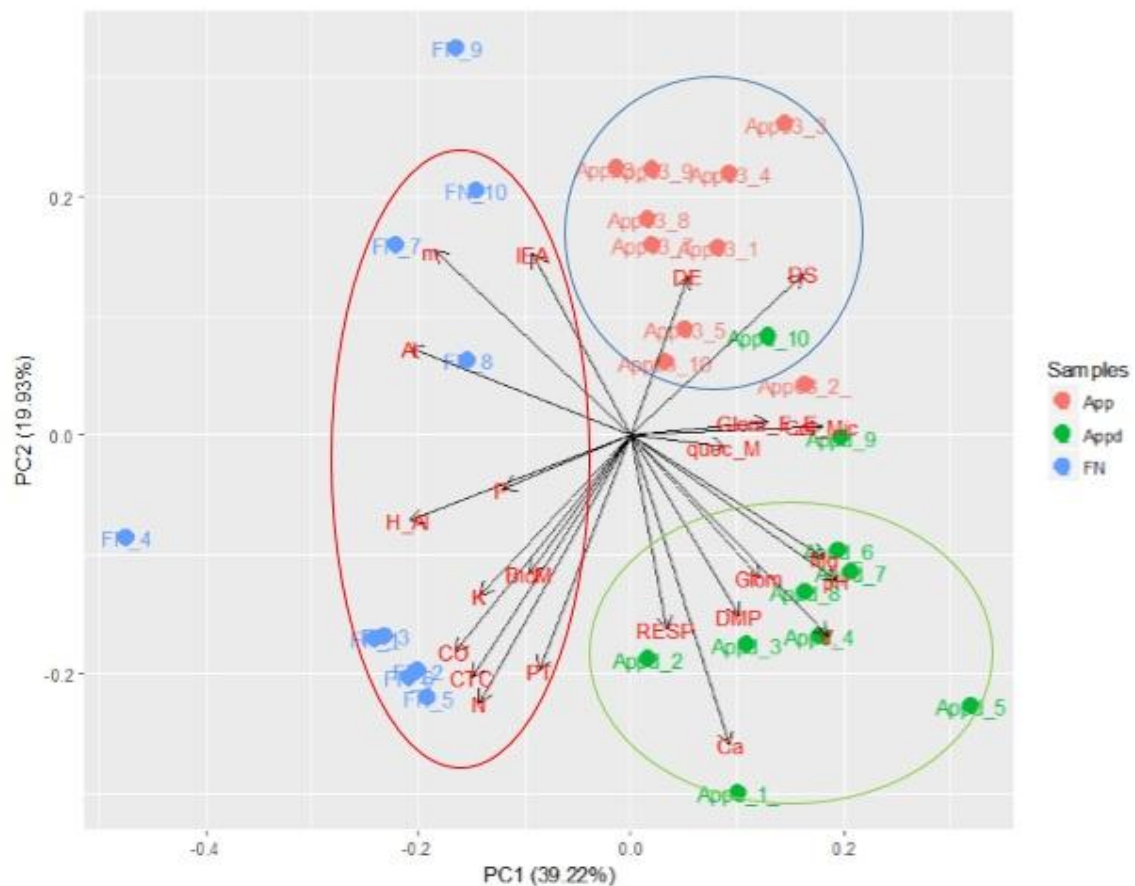


Figura 7: Gráfico de pesos e escores para as amostras de FN, APP03 e APPD.

As amostras de FN estão distribuídas no quadrante onde os pesos apresentam valores negativos em PC1, e distribuídas onde os pesos apresentam valores positivos e negativos em PC2.

As principais variáveis que influenciaram a área de FN, foram as seguintes: Al^{+3} , m%, IEA, P, H^{+} , Al^{+3} , K^{+} , CO, CTC, NT PT e CBM, discriminando-as das áreas de APPD e da APP03. O comportamento destas variáveis nesta classe deve-se ao acúmulo e decomposição dos resíduos orgânicos sobre o solo desta área pois a matéria orgânica está diretamente relacionada com às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e consequentemente na fertilidade do solo (VIEIRA et al., 2015).

Os pesos com valores positivos em PC1 são os que apresentaram os menores valores para a área de FN, compreendendo as seguintes variáveis: PM, DE, GFE, DS, pH, Ca, Mg, V%, DMP, GT e qCO₂.

O menor valor para DS nesta classe explica - se pela ausência dos fatores que contribui para compactação do solo, dados concordando com os resultados de Godoy et al. (2013). Os menores valores para PM, qCO₂, DE, GFE, e GT, em solos de FN está associado à maior estabilidade do ecossistema, com horizontes superficiais mais protegidos contra perturbações aliada a menor competição por nichos, garantindo a sobrevivência das espécies com baixa esporulação (CAPRONI et al., 2017; SILVA et al., 2012).

As amostras de APPD se distribuem no quadrante com pesos positivos em PC1 e positivos em PC2, compreendendo as seguintes variáveis: pH, Ca, Mg, V%, DMP, DS, RB, qCO₂, GT, GFE, DE e CBM.

O maior valor de DS, obtido neste ambiente caracteriza a maior compactação deste solo, fato este atribuído ao pisoteio animal que aliado a umedecimento do solo resulta no adensamento das partículas.

Os maiores valores para os atributos biológicos (GT, GFE, RB, CBM e DE) resultante nesta área, deve-se a atividade das raízes das gramíneas bem como à condição mais estressante dos ambientes antropizado (SILVA et al., 2012). Os maiores valores de pH, Ca, Mg, V%, em área de APPD foram influenciada pelas práticas de manejo realizada na área adjacentes, ou seja o calcário aplicados para a reforma da pastagens foram levados para área de APPD por meio da água da chuvas, o que resultou no aumento dos índices destas variáveis.

As amostras de APP03 estão distribuídas onde o peso tem valores positivos tanto em PC1 quanto em PC2, compreendendo as seguintes variáveis, CM, DE, GFE e DS. Este comportamento está associado a maior atividade da microbiota em áreas em processo inicial de recuperação.

As variáveis com pesos mais baixos nesta classe são os que apresentam valores negativos tanto em PC1 quanto em PC2, compreendendo os seguintes atributos P, H⁺, Al³⁺, K⁺, CO, CTC, NT, PT e CBM. Os menores valores destas variáveis podem estar aliados ao pouco tempo de recuperação que esta área

encontra-se, não permitindo visualizar melhoras significativas para estes atributos.

4.5 Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA

A Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA, aplicada aos atributos físicos químicos e biológicos do solo (Figura 8) confirmou a separação entre as áreas amostradas, formado três grupos distintos: FN, APPD e a APP03.

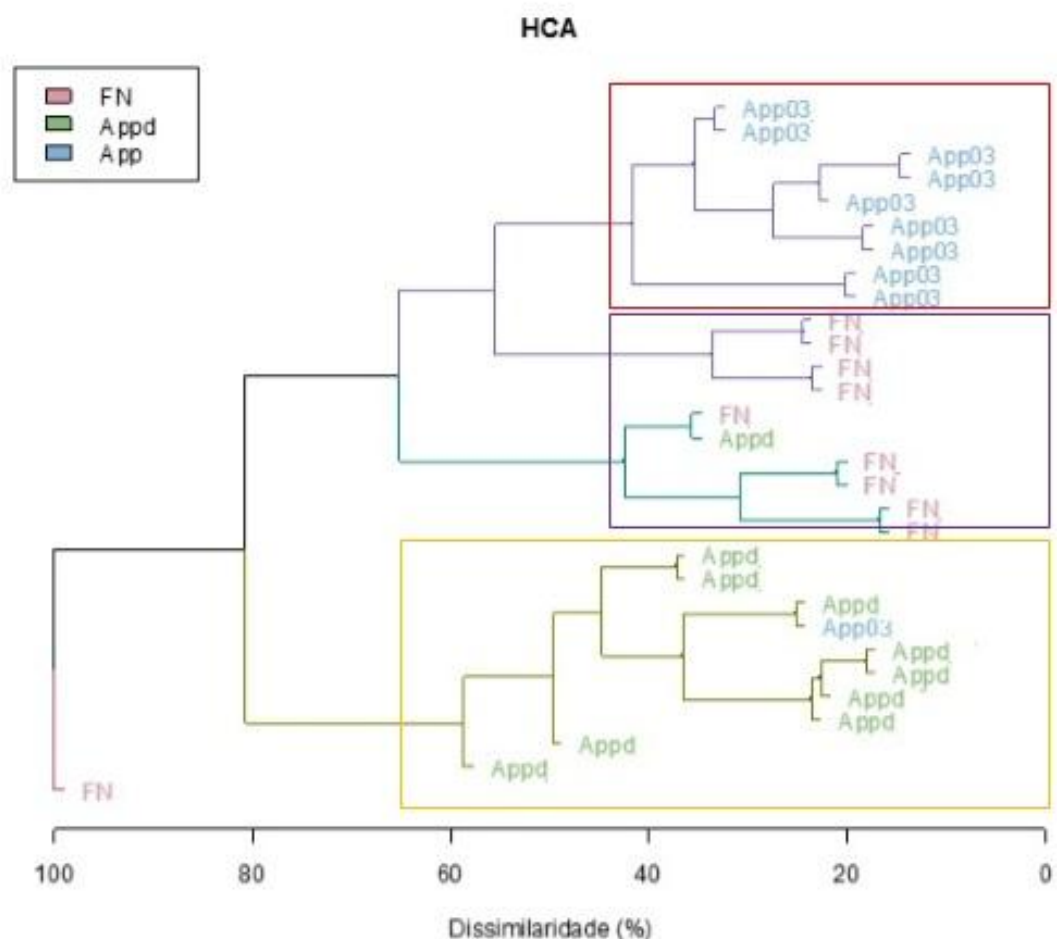


Figura 8: Dendrograma representando a dissimilaridade entre as áreas de FN, APP03 e APPD.

Podemos observar mediante dendrograma que existem com dissimilaridade de aproximadamente 60% entre as áreas amostradas. A análise dos dados formou três grandes grupamentos de amostras considerando que FN_4 seja uma amostra anômala. Um dos grupos formados por 9 amostras de

APP03 e 4 amostras de FN, um segundo grupo formado por, majoritariamente, amostras de FN e um terceiro grupo formado por amostras de APPD.

Com dissimilaridade de 8%, existe a formação do primeiro grupo, indicando que existe uma maior similaridade nas propriedades físicas, químicas e biológicas de APP03 e FN. Com 65% de dissimilaridade, temos a junção de 90% das amostras de FN com 90% das amostras de APP03. Somente com 80% de dissimilaridade, temos a junção do grupo formado por FN + APP03 com o grupo formado pelas amostras de APPD. Esta análise dos dados de HCA, corrobora para definirmos que as amostras de APP03 estão analiticamente com propriedades que se ajustam melhor com as amostras de FN do que com as amostras de APPD.

Mediante tal situação entende-se que, sistemas cujo aporte de matéria orgânica é maior, aliado ao não revolvimento do solo, a qualidade do solo tende a ser melhorada, situação esta, observada na área de FN. Neste sentido a APP03, foi o ambiente que mais se aproximou das características ideais, considerando a FN como referencial comparativo para uma condição de equilíbrio e estabilidade. Este comportamento permite dizer que a diversificação das espécies presentes na APP03, bem como a presença do material orgânico depositado, promoveram resultados mais satisfatórios quanto à melhoria da qualidade do solo (PEZARICO et al., 2013), o que pode explicar a maior proximidade desta área com a área de FN.

A maior dissimilaridade entre a classe de FN+APP03 e APPD pode ser reportada ao uso intensivo do solo, ou seja, o manejo tende a exercer influências direta nas propriedades do solo, e quando as práticas de manejo não visam a manutenção destas, a qualidade do solo pode diminuir drasticamente, fazendo com que este solo seja improdutivo.

5. CONCLUSÕES

Os indicadores de qualidade do solo utilizados no presente trabalho apresentaram potencial para detectar alterações ambientais em função do uso do solo.

As análises dos dados permitirão a separação das áreas amostradas em três grandes grupos em função da similaridade das variáveis estudadas.

Os melhores resultados das variáveis químicas como o pH, cálcio, magnésio e saturação por bases, obtidos em solos de área de preservação permanente degradada foram influenciadas pela prática de manejo realizada na área adjacente, os maiores valores médios de densidade aparente e diâmetro médio ponderado deve-se a compactação dos solos desta área influenciada pela atividade de pecuária.

Em termos de similaridade a área de preservação apresentam propriedades mais próximas a área de Floresta Nativa. Mediante análises dos dados, pode se dizer que as áreas foram influenciadas diretamente pelo manejo do solo, ambientes com maior acúmulo de MO, diversificação da composição florística aliada ao não revolvimento do solo, tende a apresentar melhorias nos atributos de qualidade do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. Minas Gerais. 2008. p. 91. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa.

ALENCAR, T. L.; CHAVES, A. F.; SANTOS, C. L. A.; JÚNIOR, R. N. A.; MOTA, J. C. A. Atributos Físicos de um Cambissolo Cultivado e Tratado com Biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 39, n. 3, p.737-749, 2015.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental condition, such as pH on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**. Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO, E. A.; KER, C. J.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75. 2007.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1099-1108, 2007.

ARAÚJO, F. S. **Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em seis sistemas de uso do solo na região semi-árido do Nordeste Brasileiro**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Sistemas agrossilvopastoris no Semi-Árido) - Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

AZEVEDO, A.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P.; RIBEIRO, V.; REIS, T.; STABILE, M.; GUIMARÃES, A. **Panorama sobre o desmatamento na Amazônia em 2016**. IPAM, Brasília, DF. 2016.

BONFIN, J. A. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de Mata Atlântica, São Paulo, Brasil**. Dissertação. Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011. 92p.

BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. Simulação da Dinâmica do Carbono e Nitrogênio em um argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo century. **Revista ciência do solo**, v. 33 p. 1635 – 1646, 2009.

BROOKES, D. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**. Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

BRADFORD, M. M. A Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye Binding. **Analytical Biochemistry**. New York, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

CAPRONI, A. L.; GRANHA, J. R. D. O.; BERBARA, R. L. L.; SANTOS, T. P.; MORAIS, W. P. **Fungos micorrizicos arbusculares em floresta Nativa, cerrado e pastagem no município de Guajará-mirim/RO como bioindicador de Estabilidade**. 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de Caldas, 2017.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Minas Gerais. v. 35 p. 613-622, 2011.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S. CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 44. n.6. p. 631-637, 2009.

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental serra da mantiqueira, MG**. Minas Gerais. 2016. p. 242. Tese - Universidade Federal de Lavras.

CARNEIRO, S. P. **Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do cerrado**. Belo Horizonte. 2010. p. 125. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; JUNIOR, O. J. S. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiás, v. 35 n. 3 p. 147-153, 2005.

COUTINHO, F. S.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; GUARESCHI, R. F.; ASSUNÇÃO, S. A. Atributos Edáficos em Áreas de Agricultura, Pastagem e Três Estágios Sucessionais de Floresta. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; DE OLIVEIRA GARCIA, G.; & XAVIER, A. C. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata. **Revista Floresta e Ambiente**, Castelo-ES, v. 20 n. 4 p. 425-434, 2013.

COLODEL, J. R. **Atributos físicos e biológicos de um argissolo em diferentes sistemas de uso agrícola na região amazônica.** Alta Floresta-MT, 2014. p. 44. Dissertação (Mestrado em biodiversidade e agroecossistemas amazônicos). Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração no Cerrado.** Editora Universa, Brasília 2006. p. 186.

DINIZ, J. S. **Teores de Glomalina e substâncias Húmicas em diferentes estágios sucessionais de Floresta Seca.** 2011. Rio de Janeiro. Dissertação.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D.L. (Org.) **Advances in Agronomy.** San Diego: Academic Press, 1996. p. 1-54.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America.** Madison, v. 35, p. 3-21, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Centro nacional de pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Informática Tecnológica. 2ª. ed., 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, DF – Embrapa. 3ª ed. 353p. 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FERNANDES, S. G. **Fertilidade do solo e atividade micorrízica em áreas de agricultores familiares no norte de Minas Gerais.** Montes Claros, MG:, 2011. 74 f: il. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais.

FONSECA, A.; JUSTINO, J.; SOUZA, C. J.R.; VERISSIMO, A. **Transparência Florestal - Amazônia Legal.** IMAZON, Brasília, DF. 2016.

FONTANA, A.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R.J.; BENITES, V.M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy.** Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

GANEM, R. S.; ARAUJO, S. M. V. G. **As Áreas de Preservação Permanente e a Constituição Federal, art. 225, § 4º.** Nota Técnica. 2010. p.10.

GERDERMANN, J. N.; NICOLSON, T. H. Spores of mcaryorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**. Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489-500, 1980.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H.F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. EMBRAPA – Meio Ambiente. Jaguariúna, 2006. p.8.

GODOY, S. G.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M. C. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo impactado por cultivos sucessivos de arroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 17, n. 12, p.1278–1285, 2013.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal Soil Science**, v. 74 n. 4, p.367-385, 1994.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal Soil Water Conservation**, v. 55, p. 69-79, 2000.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility Soils**, v. 27 p. 408-416, 1998.

JANOS, D. P.; GARAMSZEGI, S.; BELTRAN, B. Glomalin extraction and measurement. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 3, p. 728- 739, Mar. 2008.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Diseases Report**. v. 48, p. 691-692, 1964.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal on metabolism in soil. V. Method for measuring soil biomass. **Soil Biology & Biochemistry**. Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

JUNIOR, C. C.; PÍCCOLO, M. C.; NETO, M. S.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 36 p. 1311-1321, 2012.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**. Cambridge, v.92, n.4, p.486-488, 1989.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, v. 35, p. 37-51. 1994.

LEAL, I. F. **Classificação e Mapeamento Físico-Hídrico de Solos do Assentamento Agrícola Sebastião Lan II, Silva Jardim – RJ**. Rio de Janeiro, 2011. p126. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LIU, R. J.; LUO, X. S. A. A new method to quantify the inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 128, n. 1, p. 89-92, 1994.

MARTINS, S. V.; DIAS, H. C. T. Importância das Florestas para a quantidade e qualidade da água. **Revista Ação Ambiental**, Viçosa, MG, v. 4, n. 20, p.14-16, 2001.

MARRA, L. M. **Solubilização de fosfatos por bactérias e sua contribuição no crescimento de leguminosas e gramíneas**. Lavras. Minas Gerais – Lavras 2012. P 141. Tese (Doutorado em Microbiologia e Bioquímica do solo) Universidade Federal de Lavras.

MELLO, M. L. A.; BATISTA, A. M.; ARAÚJO, G. S. S.; SILVA, B. M.; VIANA, M. C. M. Estabilidade de agregados em solo cultivado com capim-tifton85 sob irrigação e formas de suprimento de nitrogênio. **Revista enciclopédia biosfera**. Goiânia, v.14 n. 25; 2017.

MELLO, A. R.; JUNIOR, E. M.; GOMES, J. E.; PANZIERI, M. A. Recuperação de área de preservação permanente do município de Garça, SP. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**. São Paulo, n.09, p. 1-37. 2007.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; JUNIOR, F. B. R. **Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 185-203. 2015.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; JUNIOR, F. B. R. **Microorganismo e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: Uma análise crítica**. Planaltina – DF, Documentos/Embrapa Cerrados, p. 26, 2003.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F.T.; ROCHA, W. S.D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A. OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 2. p. 13 – 29. 2010.

MINISTERIO DE MEIO AMBIENTE. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver**

com a outra? **Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Brasília: MMA, 2011. 96 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2º. ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 84 p.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, poços de caldas, MG**. Rio Claro.SP. 2004. p 155. Tese (doutorando em Biologia vegetal). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.Campus de Rio Claro.

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; TSAI, S.M.; GOMES-DA-COSTA, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Biodiversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in *Araucariaangustifolia* forest.**Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, p. 393-399, 2007.

MOURA, J. A. **Dinâmica da matéria orgânica em solo tratado com resíduos orgânicos nos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe**. Sergipe - São Cristóvão, 2013. p.104. Dissertação (mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe.

NEILL, C.; COE, M. T.; RISKIN, S. H.; KRUSCHE, A. V.; ELSENBEER, H.; MACEDO, M. N.; McHORNEY, R.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. A.;SCHEFFLER, R.; FIGUEIRA, A. M. S.; PORDER, S.; DEEGAN, L. A. Watershed responses to Amazon soya bean cropland expansion and intensification. **Philosophical Transactions of The Royal Society B**. Londres, v. 368, n.1619, p.1 – 7, 2013.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, K. R.; SILVA, L. J. A.; MELLO, A. H. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no projeto de assentamento veneza - são domingos do araguaia, PA. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 170 – 179, 2017.

OLIVEIRA, J.R.G. de; SOUZA, R.G. de; SILVA, F.S.B. da; MENDES, A.S.M.; YANO-MELO, A.M. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, p. 663-670, 2009.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 1º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434p.

ÖHLINGER, R. **Bestimmung der bodenatmung im laborversuch.** In: SCHINNER, F.; ÖHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. (ed.). *Bodenbiologische Arbeitsmethoden.* Berlin: Springer-Verlag, 1993, p.86-90.

OSAKI, F. **Calagem e adubação.** Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.

PARRON, L.M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G.G.; PRADO, R. B. *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica.* **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Florestas - EMBRAPA.** Brasília, DF370 p. 2015.

PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos do Estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados .** Jaboticabal, 2010 p. 69. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciências Agrárias.** Dourados - MS, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

PIOTROWSKI, J. S.; LEKBERG, Y.; HARNER, M. J.; RAMSEY PW, RILLIG, M. C. Dynamics of mycorrhizae during development of riparian forests along an unregulated river. **Ecography.** v. 31, p. 245–253. 2008.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira Ciência do Solo,** v. 34 p. 575-585, 2010.

RAMOS, F. O.; SOUSA, I. C.; BARROS, L. C.; SOUSA, V. F. **Avaliação da fertilidade dos solos em áreas Preservadas e degradadas as margens do córrego achado no município de palmas-TO.** Graduandos do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade Católica do Tocantins. 2009.

RANGEL, O. J .P. **Estoques e Frações de Matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo de latossolos.** Tese. Minas Gerais. p.186. 2006.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo.** Santa Maria, 2006. p.18. Universidade federal de santa maria centro de ciências rurais.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia.** Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2006.

ROGERS, B. F. & TATE III. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in: Pineland soils. **Soil Biology and Biochemistry.** v. 33, n. 10, p. 1389-1401 2001.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, 2010. p. 26. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

RODRIGUES, A. B. C.; SCARAMUZZA, W. L. M.; SCARAMUZZA, J. F.; ROCHA, F. Atributos Químicos em Solo sob Floresta Nativa e Capoeira. **UNICIÊNCIAS**, v.14, n.1, 2010.

ROSIER, C. L.; HOYE, A. T.; RILLIG, M. C. Glomalin-related soil protein: assessment of current detection and quantification tools. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, n. 8, p. 2205-2211, Aug. 2006.

RUDNICK, V. A. S.; SCHLINDWEIN, J. A.; MARCOLAN, A. L.; CAVALCANTE, N. C.; MILITÃO, S. T. L.; MACHADO, A. P. **Efeito do uso e manejo da pastagem na fertilidade do solo**. XXXV Congresso Brasileiro de ciência do solo. p. 6. 2015.

RYN, E. V. **Área de preservação permanente: e as formas de restaurar os danos causados ao ambiente**. Curitiba, 2014. Dissertação (Mestrando em Gestão Florestal). Universidade Federal do Paraná.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M. BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32 p. 11-21, 2008.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n. 1, p.54-59, 2005.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidde do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n.3, p.25 - 35, 2015.

SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. 290p.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p. 151-194. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 44).

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorriza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, 1991. 371 p.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju, SE.2015.

SOUSA, M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa informações tecnológicas. Brasília, DF. 416 p. 2004.

SCHOENHOLTZ, S. H.; MIEGROET, H. V.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, USA v. 138 p. 335 – 356, 2000.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; JARDINI, D.C. Distribuição do carbono orgânico e do nitrogênio total nas frações granulométricas de um latossolo sob diferentes tipos de vegetações. **Revista de estudos ambientais**, Cuiabá, v.17, n. 1, p. 43-53, 2015.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 198, p. 97-107, 1998.

WRIGHT, S. F.; FRANKEE-SNYDER, M.; MORTON, J. B. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during tactive colonization of roots. **Plant and Soil**, v. 181, p. 193-203,1996.

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, v. 161, n. 9, p. 1-12, 1996.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza Arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v. 8, p. 077-087, 2002.

ZATORRE, N. P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. **Gaia Scientia**. v 2, n. 1, p. 9 – 13. 2008.