

JEAN CARLO CORRÊA FIGUEIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO
SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, EM ÁREAS
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO
MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA - MT

2015



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



JEAN CARLO CORRÊA FIGUEIRA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO
SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, EM ÁREAS
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO
MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT**

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. Marco Antônio Camillo de Carvalho

ALTA FLORESTA-MT

2015

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.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Roberta Maria Miranda Caetano - CRB 1 / 2914

F475a Figueira, Jean Carlo Corrêa

Atributos químicos e físicos dos solos sob sistemas agroflorestais, em áreas de preservação permanente no município de Alta Floresta / Jean Carlo Corrêa Figueira.
Alta Floresta-MT, 2015.
60 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) – Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias da Universidade do Estado de Mato Grosso.
Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho.

1. Agrossistemas. 2. Fertilidade do solo. 3. Áreas degradadas. 4. Agroflorestas. 5. Recuperação de APP. Título.

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT

JEAN CARLO CORRÊA FIGUEIRA

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: ___/___/_____

**Prof. Dr Marco Antônio Camillo de Carvalho
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro**

**Prof. Dr Roney Berti de Oliveira
UNEMAT/ PPGBioAgro**

**Dra. Marilene de Moura Alves
EMPAER-MT**

Aos Meus Pais, Jacinto Figueira Alves e Terezinha Corrêa de Paula Alves, a minha Avo Zilda Alves de Oliveira (Vó Preta) pela sublime missão da paternidade e da maternidade, que cumpriram e que vem cumprindo até hoje com amor, carinho e dedicação;

À minha querida Irmã Janayna Corrêa Figueira (*in memoriam*)
Engenheira Agrônoma, uma defensora fiel dos animais e do Meio Ambiente.

A minha família querida: Adriana, Yam, Joaquim e Davi.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Mestre;

A minha companheira Adriana Villela pelo apoio e paciência e aos meus filhos Yam, Joaquim e Davi, minha fonte constante de força e motivação.

A Jocelita Giordani, chefe do escritório do IBAMA em Alta Floresta pelo apoio incondicional desde o início do mestrado e aos demais colegas do escritório;

Ao Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho, pela orientação e paciência, pessoa de fundamental importância para a realização deste trabalho,

Aos professores do Programa PPBioAgro em especial ao professor Roney Berti de Oliveira e Gustavo Caione que aceitaram convite para participarem da banca de qualificação da dissertação prestando importante contribuição na melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas do mestrado que contribuíram de forma participativa e direta no processo de aprendizagem e ampliação dos conhecimentos proporcionados pelo programa do mestrado, em especial a Ana Paula Ramos Ariano por sua amizade e contribuição;

Aos alunos do curso de Engenharia Florestal da UNEMAT, David e Pedro pela colaboração nas coletas de campo.

À Comunidade Guadalupe e aos Agricultores proprietários das áreas de estudo, em especial o Sr. Gabriel e família pela dedicação ao trabalho proposto e amizade.

Ao INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA que me propiciou a realização desta formação.

“Um dia o homem pode se tornar um ser querido neste planeta, ou seja estar em harmonia com ele mesmo e com a natureza.”

Ernst Göet

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	4
3. CAPÍTULOS	6
3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE RESTAURADAS COM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT ¹	6
Resumo	7
Abstract	8
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	18
Referências Bibliográficas	25
3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT ²	29
Resumo	30
Abstract	31
Introdução	32
Material e Métodos	35
Resultados e discussão	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
4. CONCLUSÕES GERAIS	47
ANEXO	48

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e teores médios de carbono orgânico, matéria orgânica, pH, fósforo e potássio de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015)..... 18

Tabela 2. Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e teores médios de cálcio, hidrogênio + alumínio, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015)..... 21

Tabela 3. Desdobramento da interação área x profundidade para os teores de magnésio (Mg). Alta Floresta – MT (2015)..... 23

Tabela 4. Desdobramento da interação entre área x profundidade para os teores de saturação por alumínio (m%). Alta Floresta – MT (2015)..... 23

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Características dos sistemas de uso e ocupação das áreas escolhidas na Bacia Mariana/Alta Floresta-MT 36

Tabela 2. Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e valores médios de densidade (DS), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015)..... 38

Tabela 3. Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e valores médios de Resistência a Penetração de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015). 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Bacia Mariana no Município de Alta Floresta. Coordenadas geográficas de 55° 30' a 57° 00' W e 9°00'e 11°00' S.....	11
Figura 2. Croqui de Localização das áreas de estudo. SAF com Sementes e Mudanças (SSM), Área de Florestal (FL), Área de Pastagem (AP) e SAF somente com Sementes (SS)	12
Figura 3 Desenho do Sistema Agroflorestal Biodiverso com semeadura direta.	13
Figura 4. Disposição das mudas e sementes na aleia e cobertura morta sobre linha de sementes.....	15
Figura 5. Implantação do Sistema Agroflorestal com sementes Jul/2009	48
Figura 6. Sistema agroflorestal com sementes com 5 anos de implantação Mar/2015	48
Figura 7. Implantação Sistema Agroflorestal com Sementes e mudas out/2009	49
Figura 8. Área recuperada com sistema agroflorestal com sementes e mudas. Out/2014.....	49

RESUMO

FIGUEIRA, Jean Carlo Corrêa. M.sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Maio de 2014. **Atributos químicos e físicos do solo sob sistemas agroflorestais em áreas de preservação permanente no município de alta floresta – MT.** Orientador Marco Antônio Camillo de Carvalho.

Sistemas Agroflorestais (SAF's) Sucessionais ou dirigidos pela sucessão natural são análogos em estrutura e função às florestas tropicais, sua implantação em solos degradados pode promover o restabelecimento da fertilidade e de suas funções ecossistêmicas em níveis próximos das condições naturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da implantação de Sistemas Agroflorestais sobre os atributos químicos e físicos do solo e comparar com área de floresta e de pastagem em áreas de Preservação Permanentes localizadas na Bacia Mariana que apresentam a mesma classe de solo. Foram comparados, SAFs com 5 anos, implantados *utilizando apenas sementes (SS)*, e *SAF implantados a partir de Sementes e Mudas (SSM)*. Os resultados foram submetidos a análise de variância, e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5 %. Foram comparados os seguintes atributos químicos: Matéria Orgânica, pH, Ca, Mg, P, K, CTC, Soma de Bases, V%, Al e H. Também foram comparados os atributos físicos: densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Observou-se, na profundidade de 0.0-0.05m valores da MOS superiores às demais profundidades, indicando menor acidez e conseqüentemente melhor fertilidade. Valores de fósforo (P), cálcio (Ca) e da Saturação por bases (V%), maiores na área de floresta (F) que não diferiu do sistema com sementes e mudas (SSM). Em todas as profundidades o maior teor de Mg foi verificado na área de floresta, a qual não diferiu somente da área com recuperação pelo sistema com sementes e mudas. A porosidade total foi maior na área do sistema com sementes e mudas (SSM), não diferindo da Floresta nativa (FL). Nota-se a semelhança entre os atributos do SAF SSM e a floresta indicando os efeitos positivos do SAF na melhoria do solo e sua viabilidade na recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Agroecossistemas, agrofloresta, recuperação de APP, fertilidade do solo.

ABSTRACT

FIGUEIRA, Jean Carlo Corrêa. M.sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Abril de 2014. Atributos químicos e físicos do solo sob sistemas agroflorestais, em áreas de preservação permanente no município de alta floresta – MT. Orientador Marco Antonio Camillo de Carvalho.

Agroforestry Systems (SAF's) Successional or run by nature are analogous in structure and function to tropical forests, its implementation in degraded soils may promote the restoration of fertility and its ecosystem functions to levels close to the natural. The objective of this study was to evaluate conditions the effect of the implementation of agroforestry systems on chemical and physical soil properties and compare with an area of forest and pasture in areas of permanent preservation, which have the same soil type, located in the Mariana Basin in the municipality of Alta Floresta - MT. SAF were compared to five years, deployed using only seeds (SS), and SAF deployed from seeds and seedlings (SSM). The results were subjected to analysis of variance and the averages were compared by the Tukey's test at 5 %. The following chemical attributes were compared: organic matter, pH, Ca, Mg, P, K, CTC, Bases Sum, V%, Al and H. Also the physical attributes were compared: density, macro and micro and total porosity. In depth 0.0-0.05m observed higher values of MOS to other depths, indicating lower acidity and consequently better fertility. Values of phosphorus (P), calcium (Ca) and bases saturation (V%), the largest forest area (F) did not differ from system with seeds and seedlings (SSM). At all depths, the highest Mg content was found in the area of forest, which differ not only in the area to recover the system with seeds and seedlings. The total porosity was greater in the system area with seeds and seedlings (SSM), no difference from native forest (FL). Note the similarity between the attributes of the SAF SSM and the forest indicating the positive effects of SAF in soil improvement and its viability in the recovery of degraded areas.

Keywords: Agroecosystems, Agroforestry, APP recovery, soil fertility.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia brasileira abriga cerca de um terço das florestas tropicais apresentando 5.035.772,54 km², o que corresponde a 64% da Floresta Amazônica, com pelo menos um quinto da biodiversidade do planeta. Sua população atual ultrapassa os 23 milhões de habitantes. O bem estar de toda a humanidade depende da conservação e do uso sustentável de ecossistemas como a Amazônia. (SANTOS et al.,2014)

Nas últimas duas décadas, a área ocupada com plantações na Amazônia Legal aumentou de 6,2 para 14,6 milhões de hectares, chegando a um percentual de 21% da área nacional plantada no ano de 2011, onde o estado de Mato Grosso tem a maior área agrícola com cerca de 9,9 milhões de hectares. (SANTOS et al., 2013).

Em toda a Amazônia brasileira, o grande desafio tem sido desenvolver sistemas capazes de conciliar de forma harmoniosa interesses de conservação e preservação ambiental com as atividades produtivas e econômicas. O modelo atual de desenvolvimento baseia-se em práticas exploratórias, na utilização dos recursos naturais, seja pelo setor produtivo agropecuário, madeireiro ou mineral. (PEREIRA, 1997; LOUREIRO 2002; CARVALHO, 2009 e LIRA et al., 2009)

Metodologias vêm sendo empregadas na restauração de áreas degradadas, porém, encontrar métodos de restauração que efetivamente resultem no restabelecimento das condições naturais ou mais próxima ao ecossistemas do original, proporcionando o restabelecimento de todas as suas funções ecossistêmicas ainda é um desafio, principalmente no que diz respeito à melhoria dos atributos físico-químicos e biológicos dos solos (CARVALHO, 2009).

O entendimento, é de que a fertilidade dos solos amazônicos está diretamente ligada à ciclagem dos nutrientes, principalmente da matéria orgânica humificada produzida a partir da serapilheira presente na camada superficial do solo. Métodos convencionais usualmente adotados em processos de recuperação estabelecem apenas bosques com limitada capacidade de produzir liteira, comparado às florestas primárias impondo assim, limitações ao

desenvolvimento das funções ecossistêmicas em sua plenitude e consequentemente limitando a melhoria da qualidade dos solos.

Agroecossistemas que podem favorecer a melhoria da qualidade dos solos, são aqueles que cultivam plantas intensamente, com o menor revolvimento do solo, favorecendo assim a manutenção das estruturas físicas formadas, evitando a perda de elementos químicos e matéria orgânica do solo (VEZZANI E MIELNICZUK, 2009)

Em razão disso, sistemas agrícolas ou florestais que possuem cultivo de espécies mais diversificadas distribuídas no espaço e no tempo, potencializam o sistema solo a se organizar em estruturas físicas e químicas mais complexas e diversas, sendo sempre alta a biota edáfica e a quantidade de energia e matéria retida na forma de compostos orgânicos, o que habilita o sistema solo a exercer suas funções na natureza, sendo determinante na melhoria das suas qualidades, de sua sustentabilidade e qualidade ambiental ao longo do tempo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009)

Neste sentido, diversos estudos têm sido realizados com o intuito de identificar sistemas de manejo que promovam a melhoria da qualidade do solo (SALMI et al., 2009). Entre eles estão os SAF's, caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias (LIMA et al., 2010).

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's), por se aproximarem mais dos sistemas naturais, sofrem menos estresse causado por diferenças climáticas, pois a resiliência do sistema permite o restabelecimento da capacidade de suporte de nutrientes em níveis mais aceitáveis, semelhantes às áreas de floresta nativa, (DIAS, 2002).

Sistemas agroflorestais, conduzidos segundo princípios agroecológicos, estão promovendo recuperação de áreas degradadas por pastagem no Vale do Rio Doce MG, em razão da maior dinâmica do carbono orgânico e disponibilização de nutrientes no solo, (FAVERO, 2008).

A ausência de revolvimento do solo nos SAF's, proporciona melhores condições para os organismos responsáveis pela fragmentação do material vegetal e ciclagem dos nutrientes (CUNHA et al., 2012).

Vários trabalhos têm evidenciado o potencial dos SAF's, sobretudo daqueles que utilizam o cultivo em aleias na ciclagem de nutrientes, atuando no aumento dos teores de MOS e seus componentes, como C, P e N. Desta forma, estes sistemas induzem o aumento dos níveis de C do solo em virtude do maior aporte de resíduos que o agroecossistema recebe ao longo dos anos, com baixa interferência antrópica (IWATA, 2012).

Em estudo desenvolvido por Iwata (2012), os sistemas agroflorestais promoveram a melhoria dos indicadores químicos do solo com aumento do pH, redução da saturação por alumínio, aumento dos teores de nutrientes e maior estabilidade da qualidade química do solo sob efeito da sazonalidade. O aporte de material orgânico e a grande biodiversidade desses sistemas aumentaram os teores de carbono e nitrogênio, garantindo maior permanência deste material e maiores efeitos benéficos promovidos pela matéria orgânica do solo.

A estrutura e a composição dos Sistemas Agroflorestais proporcionam maior distribuição dos nutrientes do solo ao longo do perfil devido à estratificação das espécies e enraizamentos diferenciados. De acordo com Götsch (1997), os sistemas agroflorestais, conduzidos sob uma lógica agroecológica, transcendem qualquer modelo pronto e sugerem sustentabilidade por partir de conceitos básicos fundamentais, aproveitando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados para o potencial natural do lugar.

A hipótese deste trabalho é que a implantação de sistemas agroflorestais sucessionais, acelera o processo de recuperação das áreas degradadas, e isso pode ser averiguado através da análise dos atributos químicos e físicos do solo. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da implantação de Sistemas Agroflorestais sucessionais, sobre os atributos químicos e físicos do solo e comparar com área de floresta e de pastagem, em áreas de preservação permanentes localizadas na Bacia Mariana, no Município de Alta Floresta – MT.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C. J. R. **Alternativas para recuperação de áreas degradadas na Amazônia – RECUPERAMAZ** - Anais da Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7, realizado em Belém, Pará, Brasil -. 579p. p. 429-439, Brasília: CNPq, 2009

CUNHA, E. Q.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos desolo sob produção orgânica impactados por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56-63, 2012.

DIAS, H. C. T.; et al. **Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG.** Cerne, v.2, p.1-17, 2002

FÁVERO, C. et al. **Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio doce, minas gerais** R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.861-868, 2008

GÖTSCH, Ernst. **Homem e Natureza: Cultura na Agricultura.** Recife: Recife Gráfica Editora, 1997

IWATA, B. F. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

LIMA, S. S.; Leite, et al. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, p.75-84, 2010

LIRA, S. R. B.; SILVA, M. L. M., PINTO, R. S., Desigualdade e heterogeneidade no desenvolvimento da Amazônia no século XXI. **Nova econ. [online]**. vol.19, n.1, pp. 153-184. 2009

LOUREIRO, V.R., **Amazonia: uma história de perdas e danos, um futuro a (re) construir.** Estud. Av. vol. 16 n. 45 São Paulo. 2002.

PEREIRA, J. M., O processo de ocupação e de desenvolvimento da Amazônia. A implementação de políticas públicas e seus efeitos sobre o meio ambiente. **Revista de Informação Legislativa - Brasília.** 34 n. 134 abr./jun. 1997

SALMI, A. P.; et al. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.1013-1017, 2009

SANTOS, D. et al. **O estado da Amazônia: uso da terra** - Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON)" – 2013

SANTOS D. et al. **Índice de Progresso Social na Amazônia brasileira: IPS Amazônia 2014** - Belém, PA: Imazon; Social Progress Imperative - 2014.

VEZZANI, F.M; MIELNICSULK, J. Uma visão sobre a qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p. 743-755, 2009

3. CAPITULOS

3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE RESTAURADAS COM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT ¹

¹ Artigo será Submetido ao periódico ACTA Amazônica em 2015

Resumo - Atributos químicos de solos em áreas de preservação permanente restauradas com sistemas agroflorestais, no município de Alta Floresta – MT. Sistemas agroflorestais (SAF) sucessionais ou dirigidos pela sucessão natural são análogos em estrutura e função às florestas tropicais. Sua implantação em solos degradados pode restabelecer sua fertilidade e funções ecossistêmicas. Objetivou-se então avaliar os efeitos da implantação de Sistemas Agroflorestais sobre os atributos químicos do solo e comparar com área de floresta e de pastagem, em áreas de preservação permanentes localizadas na Bacia Mariana, que apresentam a mesma classe de solo. Foram comparados SAF com 5 anos, implantados utilizando apenas sementes (SS), e SAF implantados a partir de Sementes e Mudas (SSM). O delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 3), sendo quatro usos e três profundidades (0,0-0,05m, 0,05-0,10m e 0,10-0,20m). Foram estudados os seguintes atributos: M. O., pH, Ca, Mg, P, K, CTC, SB, V%, Al e H. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5 %. Observou-se, na profundidade de 0.0-0.05m valores da MOS superiores às demais profundidades, indicando menor acidez e conseqüentemente melhor fertilidade. Valores de fósforo (P), cálcio (Ca) e da Saturação por bases (V%), maiores na área de floresta (F) que não diferiu do sistema com sementes e mudas (SSM). Nota-se a semelhança entre os atributos do SAF SSM e a floresta indicando os efeitos positivos do SAF na melhoria do solo e sua viabilidade na recuperação de áreas de APP degradadas.

Palavras-chave: agrofloresta, áreas degradadas, recuperação de app, fertilidade do solo.

Abstract - Abstract - Chemical properties of soils in permanent preservation areas restored with agroforestry systems in the municipality of Alta Floresta - MT. Agroforestry (SAF) successional or run by nature are analogous in structure and function to tropical forests. Its implementation in degraded soils can restore their fertility and ecosystem functions. The objective then is evaluate the effects of the implementation of agroforestry systems on soil chemical properties and compare with an area of forest and pasture in permanent preservation areas located in the Mariana Basin, which have the same soil class. Compared with SAF five years, deployed using only seeds (SS), and SAF deployed from seeds and seedlings (SSM). The design was completely randomized in a factorial arrangement (4 x 3), four uses and three depths (0,0-0,05m, 0,05-0,10m and 0,10-0,20m). The following parameters were studied: MO, pH, Ca, Mg, P, K, CTC, SB, V%, Al and H. The results were submitted to analysis of variance and mean test using the 5% Tukey test. It was observed at a depth of 0.0-0.05m values of MOS higher than other depths, indicating lower acidity and consequently better fertility. Values of phosphorus (P), calcium (Ca) and bases saturation (V%), the largest forest area (F) did not differ from system with seeds and seedlings (SSM). There was a similarity between the attributes of the SAF SSM and the forest indicating the positive effects of SAF in soil improvement and its viability in the recovery of degraded areas APP.

Keywords: agroforestry, degraded areas, app recovery, soil fertility.

Introdução

Os Sistemas Agroflorestais devido sua elevada capacidade de produção de biomassa vegetal, tem sido utilizados na recuperação de áreas degradadas contribuindo significativamente no restabelecimento das atividades bioquímicas do solo e na melhoria de suas propriedades físico-químicas. (PEZARICO, 2013).

Sistemas Agroflorestais Sucessionais, são “Sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com alta diversidade de espécies e interações entre estes componentes” (ICMBIO, 2019). Estes sistemas, tem como princípio o estabelecimento das espécies florestais considerando: suas funções no sistema, o tempo de vida de cada espécie na sucessão, o estrato horizontal que ocupa, e ainda, que promova grande ciclagem de nutrientes.

Nas vistorias de projetos de recuperação de áreas degradadas recentemente realizadas na jurisdição do escritório regional do IBAMA é possível observar que áreas recuperadas a partir da utilização deste método tem apresentado resultados comparativamente superiores aos métodos convencionais de recuperação, restabelecendo a saúde do solo em um período de tempo menor.

Atributos químicos, que podem de alguma forma expressar a melhoria da qualidade química e biológica do solo, estão diretamente ligados à capacidade de fornecimento de nutrientes e compostos, bem como na retenção de elementos químicos nocivos ao crescimento das plantas. O pH do solo, a capacidade de troca catiônica (CTC), carbono orgânico e níveis de nutrientes são os principais atributos químicos utilizados na avaliação melhoria da qualidade do solo e podem expressar a capacidade ou condição do solo em sustentar a produção agropecuária e ou florestal. São parâmetros que estão relacionados diretamente com a manutenção e ciclagem de nutrientes, biomassa vegetal e matéria orgânica no solo, CARDOSO (2013).

Considerando as características pedológicas e ambientais originais do solo, a análise destes parâmetros químicos permite prever o potencial e a

disponibilidade de nutrientes num dado sistema, podendo indicar o grau de degradação ou fertilidade do solo, pois interagem também com suas propriedades, e devem ser consideradas na avaliação da melhoria química e biológica do solo especialmente em condições tropicais onde esta interação é mais intensa e dinâmica (CARDOSO, et al., 2013; PEZARICO, et al., 2013; VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Os SAF's, por se aproximarem mais dos sistemas naturais, sofrem menos estresse causado por diferenças climáticas, pois a resiliência do sistema permite o restabelecimento da capacidade de suporte de nutrientes em níveis mais aceitáveis, semelhantes às áreas de floresta nativa (DIAS et. al., 2002).

Estudos realizados no estado de Rondônia indicam que em solos sob SAFs, os valores obtidos de pH, Ca^{+2} e Mg^{+2} diferem-se significativamente de solos sob florestas remanescentes. Nos solos dos SAF's, os valores foram sempre maiores que os valores obtidos dos solos das florestas remanescentes adjacentes (MENEZES, 2008).

Neste sentido, destaca-se a importância de estudos com o intuito de identificar sistemas de manejo que promovam a melhoria das qualidades dos solos (SALMI et al., 2009), como os SAF's, caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionando ou não às atividades pecuárias (LIMA et al., 2010).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da implantação de Sistemas Agroflorestais sucessionais, sobre os atributos químicos do solo e comparar com área de floresta e de pastagem, em áreas de preservação permanentes localizadas na Bacia Mariana, no Município de Alta Floresta – MT.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado no município Alta Floresta, localizado no extremo Norte do estado de Mato Grosso, sob as coordenadas geográficas 56° 10' 10" de longitude W e 9° 53' 55" de latitude S.

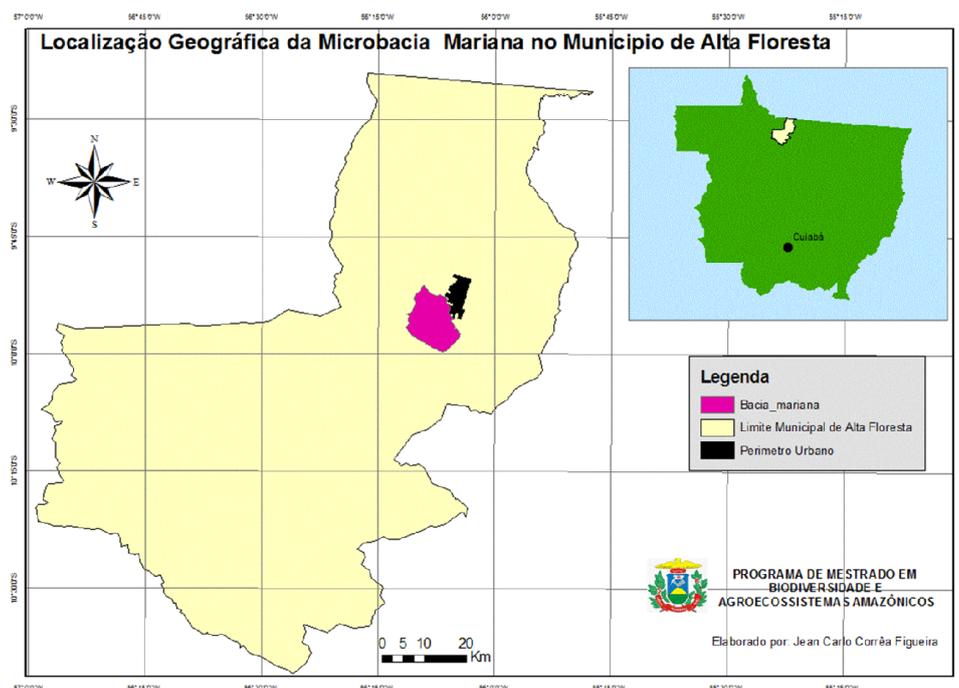


Figura 1. Localização da Bacia Mariana no Município de Alta Floresta. Coordenadas geográficas de 55° 30' a 57° 00' W e 9°00'e 11°00' S.

O solo da área de estudo é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2013). A média anual de precipitação pluviométrica da área é de aproximadamente 2.100 mm. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Am, com nítida estação seca e outra chuvosa. A temperatura média anual varia entre 20°C e 38°C, com média de 26°C (FERREIRA 2001).

Descrição das Áreas De Estudo

As áreas objeto deste estudo estão localizadas na Micro Bacia Mariana, na Comunidade Guadalupe, aproximadamente 10 km da sede do Município. Estão inseridas em áreas de preservação permanente (APP), em propriedades da agricultura familiar. São áreas que possuem as características

pedológicas semelhantes, onde cada uma delas apresenta condições de uso e ocupação diferenciadas (Figura 2)



Figura 2. Croqui de Localização das áreas de estudo. SAF com Sementes e Mudas (SSM), Área de Florestal (FL), Área de Pastagem (AP) e SAF somente com Sementes (SS)

a) Área recuperada com sementes; (SS)

A área de APP, recuperada com sistemas agroflorestais sucessionais através do método de semeadura direta, que consiste de uma área anteriormente utilizada com pastagem, ocupada com gramíneas do gênero *Brachiaria*, destinada a atividade pecuária em sistema de pastejo contínuo com manejo convencional de plantas espontâneas com roçadas e capinas químicas eventuais. Durante um período de mais de 20 anos de ocupação foram realizadas gradagens para melhoria da pastagem. Não há registros de aplicação de calcário ou adubos. A área de pastagem foi utilizada principalmente com pastejo de animais de grande porte (bovinos) de forma contínua durante todo o período de ocupação, até mesmo após a implantação do sistema agroflorestal, a partir do terceiro ano de implantação houve a introdução de bovinos na área.

O plantio do SAF ocorreu em 4 de julho de 2009, sendo realizado em linhas, intercalando linhas de árvores com culturas agrícolas. O espaçamento utilizado foi de 1,5 metros entre linhas. No preparo do solo para o plantio foi realizada apenas uma gradagem leve sobre a pastagem, com o objetivo principal de cortar o capim, de maneira que não promovesse maior revolvimento do solo.

As touceiras de capim foram destorroadas de forma manual e retiradas para fora da área de plantio, e posteriormente foram reservadas e sobrepostas após o plantio das sementes servindo como cobertura morta (Figura 3).

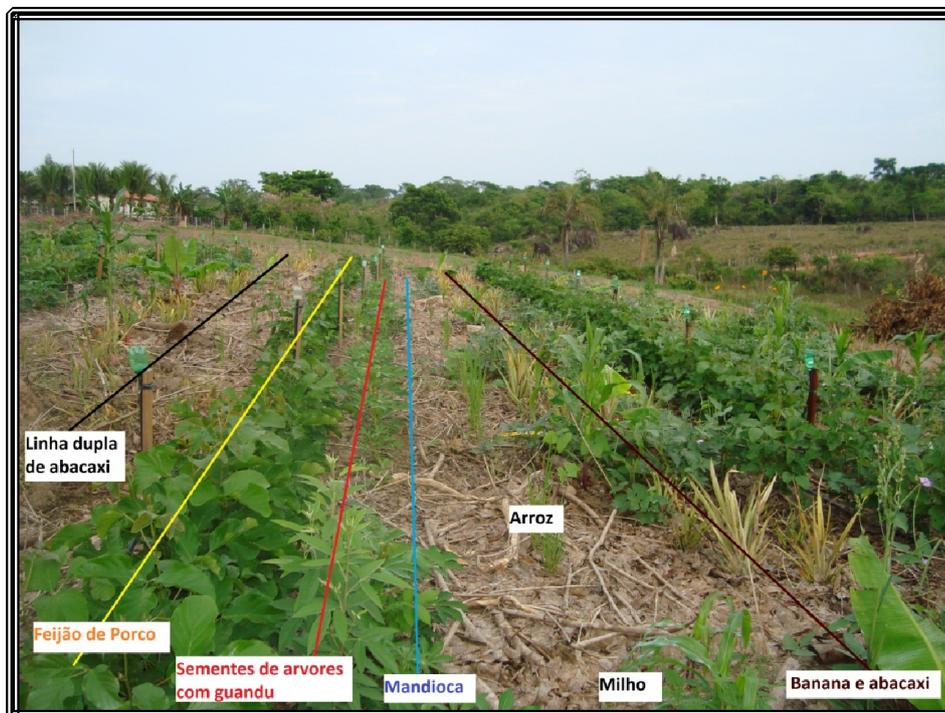


Figura 3 Desenho do Sistema Agroflorestal Biodiverso com semeadura direta.

No plantio foram utilizadas espécies cultivadas pelos agricultores da região e que possuíam interesse sócio econômico, sendo cultivadas as seguintes espécies agrícolas: abacaxi, banana, milho, mandioca, feijão catador, feijão de porco, feijão guandu, abóbora, melancia, arroz e espécies arbóreas principais: *Acacia* sp. (Acacia), *Aegiphila sellowiana* (Tamanqueira) *Bauhinia angulata* (Pata-de-Vaca), *Cariniana rubra* (Jequitibá), *Cedrela odorata* L. (Cedro), *Chloroleucum* sp. (Amarelinho), *Diospyros* sp. (Caqui-do-Mato), *Enterolobium* sp. (Timburi). *Genipa americana* (Jenipapo) *Hymenaea courbaril* (Jatobá), *Ormozia arborea* (olho-de-cabra), *Pouteria* sp. (abiu), *Samanea tubulosa* (Ingá-mel), *Schefflera morototoni* (Morototó), *Senegalia macrofila*, (monjoleiro), *Trema micranta* (grandiuva), *Spondias mombin* (Taperebá), *Zanthoxylum* sp. (Mamica-de-Porca), *inga edulis* (Ingá), *Bixa orellana*, (Urucum), *schizolobium amazonicum* (Paricá), *Astronium* sp. (Maracatiara), *Dipteryx odorata* (Cumaru Ferro), *Pera coccinea* (Cafezinho).

Ao final do terceiro e no quarto ano de implantação do sistema foi permitido pelo proprietário a ocupação da área por bovinos, que passaram a pastejar na área, sendo os mesmos retirados no quinto ano, adequando se a legislação ambiental, por se tratar de área de preservação permanente, onde a área permaneceu em pousio. Porém, esta ocupação promoveu perda de diversidade, com a eliminação de alguns espécimes, bem como compactação do solo, fazendo com que o sistema evoluísse mais lentamente neste período de ocupação.

b) Área Recuperada com Semente e Mudas; (SSM)

A área de APP, recuperada com sistemas agroflorestais sucessionais através do método de semeadura direta e plantio de mudas, consiste em uma área anteriormente utilizadas com pastagem, conforme descrição do item “a”, ocupadas com gramíneas do gênero *Brachiaria*, destinada a atividade pecuária, com sistema de pastejo contínuo e manejo convencional de plantas espontâneas com roçadas e capinas químicas eventuais. Nesta área, assim como nas demais não foi utilizado calcário ou adubos químicos no solo.

O sistema foi implantado na mesma data do anterior, através do plantio de mudas e de semeadura direta em aléias de aproximadamente 3 metros, intercaladas com faixas de áreas de capim com uma largura de 6 a 8 metros. Para o preparo da área de plantio (faixa de 3 metros), o capim foi inicialmente roçado com roçadeira costal e posteriormente capinado manualmente. O material foi reservado e posteriormente usado como cobertura morta na linha de plantio das sementes.

Neste sistema foram plantadas mudas produzidas pelo próprio agricultor, juntamente com o consórcio de sementes, também coletadas pelo agricultor. O espaçamento entre as linhas das mudas foi de 2 metros e o consórcio de sementes foi plantado entre as linhas das mudas. Utilizou se juntamente com o consórcio de sementes nativas o feijão guandu (*Cajanus cajan*) e nas bordas externas das aleias foi plantado o feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) com 10 plantas por m² com o objetivo de reter o avanço do capim para a área de plantio. A cada 4 meses as faixas de capim intercaladas às linhas de plantio foram roçadas com roçadeira costal e o material depositado nas linhas de plantio de sementes (Figura 4).

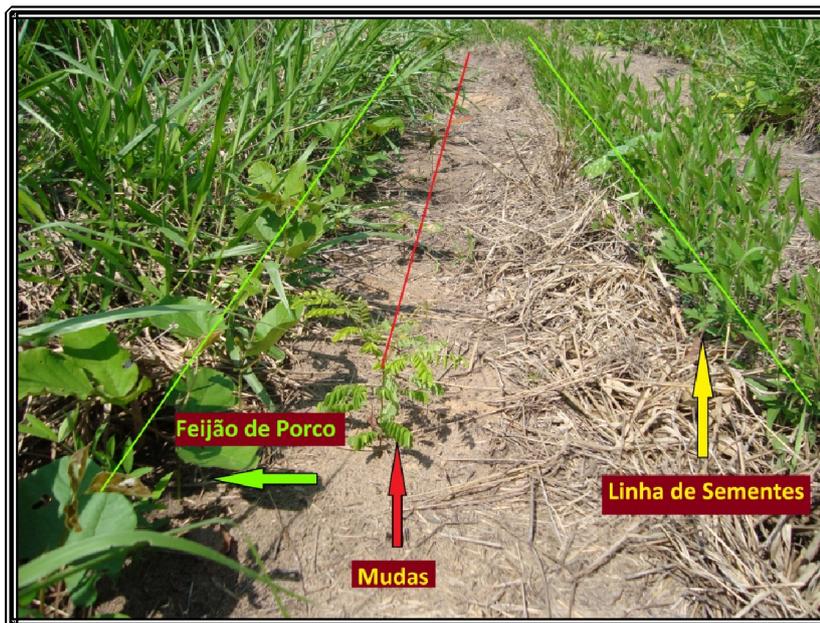


Figura 4. Disposição das mudas e sementes na aleia e cobertura morta sobre linha de sementes.

As espécies utilizadas no consórcio de sementes foram: *Acacia sp.* (Acacia), *Aegiphila sellowiana*, (Tamanqueira), *Bauhinia angulata* (Pata-de-Vaca), *Cariniana rubra* (Jequitibá), *Cedrela odorata L.* (Cedro), *Chloroleucum sp.* (amarelinho), *Diospyros sp.* (Caqui-do-Mato), *Enterolobium sp.* (Timburi) *Genipa americana* (Jenipapo), *Hymenaea courbaril* (Jatobá), *Ormosia arborea* (olho-de-cabra), *Pouteria sp.* (abiu), *Samanea tubulosa* (Inga-mel), *Schefflera morototoni* (Morototó), *Senegalia macrofila* (Monjoleiro), *Trema micranta* (Grandiuva), *Spondias mombin* (Taperebá), *Zanthoxylum sp.* (Mamica-de-Porca), *Inga edulis* (Ingá) *Bixa orellana* (Urucum), *schizolobium amazonicum* (Paricá), *astronium sp.* (Maracatiara), *Dipteryx odorata* (Cumaru Ferro).

As espécies implantadas como mudas foram: *Ceiba Pentandra* (Samauma), *Trattinnickia burserifolia* (Morcegueira), *Bertholletia excelsa* (castanheira), *Dipteryx odorata* (Cumaru Ferro), *Hevea brasiliensis* (seringueira) *Pera coccínea* (Cafezinho).

c) Pastagem (AP)

A parcela com a Área de Pastagem (AP) apresentava as mesmas condições iniciais das áreas recuperadas com os Sistemas Agroflorestais. A área foi desmatada ano de 1992. A gramínea presente era a *Brachiaria brizantha* cv.

Marandu, destinada à atividade pecuária. O sistema de pastejo predominante é o contínuo com animais de grande porte, no entanto sempre com baixa lotação, com o manejo convencional de plantas espontâneas através de roçadas mecânicas em sua maior parte, e capinas químicas eventuais. A área foi mecanizada, com gradagens eventuais, durante o período de 22 anos de ocupação, não sendo utilizado calcário ou adubos nesta área.

a) Remanescente Florestal (FL)

A área de remanescente florestal (**FL**) é caracterizada de forma generalizada como floresta ombrófila aberta submontana com cipó, conforme manual técnico da vegetação brasileira (IBGE, 2012).

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4x3), sendo os tratamentos constituídos pela combinação de quatro usos (sistema agroflorestal com sementes, sistema agroflorestal com sementes e mudas, pastagem e floresta remanescente) em três profundidades (0,0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) com cinco repetições (amostras compostas) em cada área.

Coleta e Caracterização química do solo

A amostragem do solo ocorreu em novembro de 2014. Foram coletadas aleatoriamente cinco amostras simples para cada composta. O procedimento da coleta foi realizado mediante a eliminação da serrapilheira da superfície, sendo em seguida abertas mini trincheiras com o auxílio de enxadão e sendo em seguida retiradas as amostras deformadas. As amostras compostas foram secas, destorroadas e submetidas à análise no Laboratório de Solos e Plantas da Unemat, Campus de Alta Floresta, efetuando-se as seguintes determinações: pH em água, P e K (determinação de P por colorimetria por meio do espectrofotômetro UV-Vis e K por espectrofotometria de chama); Ca, Mg e Al trocáveis (extração com KCl a 1 mol L⁻¹). A obtenção do Magnésio trocável (Mg), foi através da diferença entre os valores de Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ e Ca⁺⁺. O carbono Orgânico Total foi obtido a partir da oxidação da matéria orgânica via úmida com

dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento (método de Walkley-Black). A matéria orgânica foi calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator foi utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

As análises foram realizadas, de acordo com as determinações analíticas estabelecidas pelo Manual de Métodos de Análise de Solos, (EMBRAPA, 1997).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %, com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Indicadores ou atributos químicos que expressem a saúde do solo estão correlacionadas com a capacidade de fornecimento e retenção nutrientes e compostos às plantas, bem como na retenção de elementos químicos que são nocivos ao crescimento das plantas (CARDOSO et al., 2013). Na Tabela 1, estão apresentados os valores dos atributos químicos do solo das áreas com os sistemas agroflorestais implantados SS, SSM e para as áreas de Pastagem (PA) e Floresta nativa (FL).

Tabela 1. Efeito do sistema de uso do solo em APP, sobre atributos químicos do solo. Alta Floresta – MT (2015)

	Matéria Orgânica	pH	P	K
Áreas (A)	g kg ⁻¹	H ² O	mg dm ³	Cmol dm ³
SS	11,78 b	5,29 c	1,52 b	0,12 a
SSM	12,87 b	5,56 b	1,58 ab	0,12 a
PA	13,39 ab	5,75 a	1,31 b	0,13 a
FL	16,91 a	5,78 a	1,83 a	0,14 a
Valor de F	4,77**	22,31**	7,07**	1.97ns
DMS Tukey (5%)	3,83	0,18	0,30	
Profundidades (P)				
0-0,05 m	19,12 a	5,77 a	1,96 a	0,19 a
0,05-0,10 m	12,65 b	5,57 b	1,49 b	0,11 b
0,10-0,20 m	9,44 c	5,44 b	1,22 c	0,08 b
Valor de F	31,35**	16.27**	28,27**	41.75**
DMS Tukey (5%)	3,01	0,14	0,23	0,03
Interação AxP				
Valor de F	1,11 ns	0,25 ns	1,26 ns	1,15 ns
CV(%)	28,66	3,35	35,99	31,66

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. SS – sistema com sementes, SSM – sistema com sementes e mudas, PA – pastagem e FL – floresta nativa.

A floresta nativa apresentou o maior teor de matéria orgânica, não diferindo apenas da área sob pastagem. No entanto, a área sob pastagem não diferiu das áreas com sistemas agroflorestais implantados CERRI et al (1992). Argissolos, geralmente apresentam um conteúdo em C menor que os outros solos, é mais sensível a qualquer incremento de C no solo, principalmente se este incremento for oriundo da renovação do sistema radicular das pastagens, que ocorre anualmente. O teor de matéria orgânica semelhantes para a floresta nativa e a área sob pastagem pode ter ocorrido devido a cobertura do solo

existente na área de pastagem, e a deposição de material orgânico ocasionada pela baixa lotação animal da área que faz com que parte da pastagem seja perdida e depositada no solo. A deposição de esterco pelos animais também pode ter contribuído para o valor de carbono orgânico e matéria orgânica verificados. Nas áreas com sistemas agroflorestais implantados ocorreu o preparo do solo mecanizado e/ou manual o que conseqüentemente contribui para a queima do carbono orgânico. Com relação às profundidades, nota-se diminuição da matéria orgânica com o aumento da profundidade, o que acontece em virtude da deposição da material orgânico nas camadas mais superficiais do solo.

NOGUEIRA et al. (2009) verificaram que SAF's proporcionaram maior estoque de matéria orgânica quando comparado aos sistemas convencionais, o que contribui para a melhoria das condições químicas do solo. Resultados semelhantes foram observados por SOUZA et al. (2004) e ALBUQUERQUE (2005) os quais atribuíram os maiores teores de matéria orgânica em floresta, provavelmente devido o maior aporte de resíduos orgânicos.

Observa-se (Tabela 1) que para a área de Floresta (F), os índices de pH foram significativamente mais elevados que os observados para as outras áreas. Com relação à profundidade, verifica-se que o pH de 0-0,05m foi superior às demais áreas, indicando menor acidez e conseqüentemente melhor fertilidade, o que está relacionado ao teor de matéria orgânica mais elevado também nesta profundidade. O pH do solo nos diferentes ambientes estudados são classificados como de acidez média RIBEIRO et al., (1999), estando dentro da faixa observada em áreas de solos tropicais sob florestas.

Segundo SCHOENHOLTZ et al. (2000), pH do solo, capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica e níveis de nutrientes são os principais atributos químicos utilizados na avaliação da saúde do solo, expressam a capacidade ou condição do solo em sustentar a produção agropecuária e florestal, são parâmetros que estão relacionados diretamente a manutenção de ciclagem de nutrientes, biomassa vegetal e matéria orgânica no solo (CARDOSO et al 2013). Assim, o conhecimento dos valores de pH permite prever o potencial e a disponibilidade de nutrientes num dado sistema, (SOUSA et al., 2007). Desta forma estes indicadores podem demonstrar a evolução ou o grau de degradação

da fertilidade dos solos, levando em consideração suas características pedológicas e ambientais originais.

Observações de FEITOSA, (2004), verificou baixos valores de pH, elevada acidez potencial e elevados teores de alumínio trocável em um fragmento florestal de Mata Atlântica, assim a acidez do solo em áreas de floresta pode estar relacionada à liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição da serapilheira (MAFRA et al., 2008).

Trabalho desenvolvido por SILVA (2010) confirmam valores elevados de pH nas camadas mais superficiais em sistemas agroflorestais no município de Marabá-PA, sendo que estes autores comentam que isso está ligado à presença de cátions básicos provenientes da decomposição da matéria orgânica.

VASCONCELOS (2010) obteve resultados próximos aos observados no presente estudo, trabalhando com solo de SAFs no município de Igarapé-açu no estado do Pará, com o pH variando de 4,8 a 5,28.

Os Valores de P foram estatisticamente maiores na área de floresta (FL) a qual não diferiu somente do sistema com sementes e mudas (SSM). Também foi possível observar uma diminuição dos teores de P em função do aumento da profundidade.

Os valores de (P) no solo encontrados nos diferentes ambientes estudados são classificados como muito baixos (RIBEIRO et al., 1999).

Estudos realizados por SILVA, (2001) também demonstraram uma diminuição nos teores de P com a profundidade do solo. Os teores de fósforo mais elevados na camada superficial está relacionado à baixa mobilidade deste nutriente e a pela absorção de nutrientes pelas raízes nas camadas mais profundas (LIMA et al., 2011) e também aos teores mais elevados de matéria orgânica nesta camada.

Não foi observada diferença significativa entre o teor de potássio para as áreas estudadas (Tabela 1). Este fato pode ter ocorrido devido os solos da região se caracterizarem por apresentar teores entre médios a altos para este nutriente. Com relação à profundidade, o teor mais elevado de potássio foi verificado na camada 0-0,05m, provavelmente em virtude o maior teor de matéria orgânica presente nesta camada.

O maior teor de Ca foi verificado na área com floresta nativa, a qual não diferiu do sistema com sementes e mudas (SSM). A área com o sistema de recuperação com sementes (SS), apresentou os menores teores de Ca (Tabela 2). Com relação à profundidade, os maiores teores de Ca foram verificados na primeira camada, novamente isto se deve provavelmente ao maior teor de matéria orgânica verificado nesta camada.

Os valores de Ca no solo encontrados nos diferentes ambientes estudados neste trabalho são classificados por RIBEIRO et al (1999) como médios e baixo.

O cálcio é um elemento químico que possui pouca mobilidade no solo, portanto observaram-se diferenças nos teores deste elemento em profundidade. SILVA JUNIRO, (2012) encontrou em trabalho semelhante a este realizado em solos do Pará, teores Ca e Mg, considerado por RIBEIRO et al. (1999) de amplitude baixo a bom, sendo que na profundidade de 0–0,10 m, o teor de Ca se apresentou baixo no tratamento SAF.

Tabela 2. Efeito do sistema de uso do solo em APP, sobre os teores Ca, H + Al, CTC e (V%) em diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015).

Áreas (A)	Cálcio	H + Al	CTC	V(%)
	-----cmol _c dm ⁻³ -----			
SS	0,7 c	4,6	5,7	18,3 c
SSM	2,0 ab	4,3	7,2	37,4 a
PA	1,4 b	4,6	6,5	27,5 b
FL	2,1 a	4,1	7,1	39,3 a
Valor de F	15,1**	0,8 ns	2,7ns	50,7**
DMS Tukey (5%)	0,6			5,1
Profundidades (P)				
0-0,05 m	2,3 a	4,9 a	8,2 a	38,3 a
0,05-0,10 m	1,3 b	4,5 ab	6,5 b	29,1 b
0,10-0,20 m	0,9 b	3,9 b	5,1 c	24,4 c
Valor de F	27,4**	5,3**	18,6**	36,0**
DMS Tukey (5%)	0,45	0,2	1,2	4,0
Interação AxP				
Valor de F	2,2ns	0,2ns	1,2ns	1,1ns
CV(%)	41,8	23,1	24,2	17,2

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. SS – sistema com sementes, SSM – sistema com sementes e mudas, PA – pastagem e FL – floresta nativa.

Não foi observada diferença entre as áreas para os teores de H + Al (Tabela 2), onde segundo RIBEIRO et al. (1999), estes são classificados como

médios. Para profundidades, o maior teor de H + Al foi verificado na profundidade de 0-0,05m, a qual diferiu somente da profundidade 0,10-0,20m.

Para CTC (Tabela 2) não foi observada diferença entre as áreas estudadas, onde conforme RIBEIRO et al. (1999), os teores são considerados como médios. Nota-se uma diminuição na CTC com o aumento da profundidade. De acordo com FURTINI NETO et al. (2001), a matéria orgânica constitui-se em um componente do solo que mais contribui para a CTC do solo, além de reduzir perdas por lixiviação, o que confirma os resultados observados no presente trabalho.

Sistemas agroflorestais Sucessionais biodiversos, são os sistemas que mais se aproximam dos sistemas naturais, onde o ciclo de nutrientes é praticamente fechado, havendo uma contínua deposição e decomposição de material orgânico, que é fundamental na manutenção da fertilidade e consecutivamente do aumento da CTC, associada ainda a uma pequena perda por lixiviação, que é promovida pelo tipo de cobertura e do manejo sem revolvimento do solo e também pela absorção de elementos do solo. A CTC representa o poder de retenção (adsorção) dos nutrientes, que favorece a manutenção da fertilidade por um período prolongado de tempo (SILVA, et al 2007).

A maior saturação por bases foi observada na floresta nativa a qual não diferiu somente da área restaurada com o sistema de sementes e mudas (SSM), indicando que este sistema é o a que mais se aproxima das condições naturais. No sistema SSM, onde foram introduzidas sementes e mudas, houve maior ciclagem de nutrientes e maior deposição de serapilheira na área, o material proveniente das espécies plantadas juntamente bem com material resultante da poda do capim, possibilitaram o maior desenvolvimento do sistema.

Em todas as profundidades o maior teor de Mg (Tabela 3), foi verificado na área de floresta nativa, a qual não diferiu da área com recuperação pelo sistema com sementes e mudas. Novamente nota-se a semelhança da área SSM com a floresta nativa (FL). Em todas as áreas percebe-se a diminuição do teor de magnésio com o aumento da profundidade, que está relacionado com o teor de matéria orgânica no solo.

Tabela 3. Desdobramento da interação área x profundidade para os terrores de magnésio (Mg). Alta Floresta – MT (2015)

Profundidade (P)	Áreas (A)			
	SS	SSM	Pastagem	Floresta
-----Mg (Cmol _c dm ⁻³)-----				
0-0,05 m	0,4 b A	1,1 a A	0,4 b A	1.1 a A
0,05-0,10 m	0,3 b AB	0,7 a B	0,3 b AB	0,6 a B
0,10-0,20 m	0,1 b B	0,3 ab C	0,2 ab B	0,5 a B
DMS A(P)	0,3			
DMS P(A)	0,3			

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. SS – sistema com sementes, SSM – sistema com sementes e mudas, PA – pastagem e FL – floresta nativa.

Seguindo a mesma tendência aos outros indicativos de fertilidade do solo, na área de floresta natural foi verificada a menor saturação por alumínio (Tabela 4), sendo que esta não diferiu das áreas de pastagem e da área com a recuperação com o uso de sementes e mudas. Os maiores valores de saturação por alumínio observados para a área com a recuperação com o uso de sementes é um indicativo do histórico de ocupação mais intensiva e de solo mais exaurido devido ao manejo utilizado. Para todas as áreas notam-se maiores valores de saturação por alumínio com o aumento da profundidade, o que coincide com o comportamento da matéria orgânica no presente estudo.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre área x profundidade para os terrores de saturação por alumínio (m%). Alta Floresta – MT (2015)

Profundidade (P)	Áreas (A)			
	SS	SSM	Pastagem	Floresta
-----m(%)-----				
0-0,05 m	22,0 a C	2,7 b B	8,3 ab A	0,5 b A
0,05-0,10 m	42,6 a B	8,0 b AB	14,9 b A	5,8 b A
0,10-0,20 m	59,8 a A	20,5 b A	17,1 b A	10,8 b A
DMS A(P)	14,3			
DMS P(A)	13,0			

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. SS – sistema com sementes, SSM – sistema com sementes e mudas, PA – pastagem e FL – floresta nativa.

Fávero et al. (2008) verificaram maiores valores de pH, de potássio, de magnésio, de soma de bases e de saturação por bases e menores valores de

alumínio e menor saturação por alumínio em sistemas agroflorestais comparados com outros sistemas convencionais, sendo que estes efeitos foram mais acentuados na profundidade de 0 a 5 cm. Essas alterações nos indicadores químicos são resultado do desenvolvimento dos sistemas e ocorrem em função do tempo de condução dos sistemas agroflorestais sucessionais multiestratos que neste trabalho estão com cinco anos de implantação.

Segundo SCHWIDERKE (2012) os sistemas agroflorestais multiestratificados sucessionais impactam de forma positiva os atributos químicos e a qualidade do solo quando comparados com áreas de regeneração natural, ainda contribuindo para a produção de alimentos e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Neste estudo os resultados obtidos no sistema agroflorestal com o uso de sementes e mudas SSM, foi o que mais se assemelhou a área de floresta FL, apresentou maior estocagem de P, Mg e Ca no horizonte superficial e maior CTC, indicando melhor fertilidade, e sua viabilidade na recuperação de áreas degradadas.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A., ARGENTON, J., BAYER, C. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas**, v.29, n.3, p.415-424. 2005.

CARDOSO, E. J. B., Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? Received June 29, 2012 Accepted February 18, 2013 - **Sci. Agric.** v.70, n.4, p.274-289, July/August 2013

CERRI, C.C.; MORAES, J.F.L. & VOLKOFF, B. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados à pastagens da Amazônia brasileira. **Rev. INIA Inv. Agr.**, N.1:95-102, 1992.

DIAS, H. C. T.; Figueira, M. D.; Silveira, V; Fontes, M. A. L.; Oliveira-Filho, A. T. & Scolforo, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.2, p.1-17, 2002

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004

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

FERREIRA, J.C.V. (2001). **Mato Grosso e seus Municípios**. Cuiabá - MT: Secretaria de Estado da Educação, 365p.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p

IBGE, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira – Manuais Técnicos em Geociências** - número 1, 2ª edição – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro – 2012

ICMBIO. **Instrução normativa 05/2009**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-somos/in052009.pdf> (acesso em 3 de maio de 2009)

LIMA, S. S.; Leite, et al. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, p.75-84, 2010

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011.

MAFRA, A. L.; GUEDES, S. F. F.; FILHO, O. K.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; DALLA ROSA, J. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore, Viçosa**, v. 32, p. 217- 224, 2008

NOGUEIRA, R. S.; OLIVEIRA, T. S.; TEIXEIRA, A. S.; CAMPANHA, M. M. Distribuição Espacial do Estoque de Carbono Orgânico Total em Luvisolos sob Sistemas Agrícolas Convencionais e Agroflorestais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.2118-2122, 2009

MENEZES, J. M. T et al. - Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:893-898, 2008

PEZARICO, C.R. et Al, Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais - **Rev. Cienc. Agrar**, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./mar. 2013

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.; V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p

SALMI, A. P.; DUERRA, J. G. M.; RISSO, J. A. M. Teores de nutrientes na biomassa aérea da leguminosa *Flemingia macropylla*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.1013-1017, 2009

SCHWIDERKE, D. K.CEZAR, R. M. VEZZANI, F. M. FROUFE, L. C. M. SEOANE, C. E. S. **Atributos químicos do solo em sistemas agroflorestais multiestratos sucessional e em áreas de regeneração natural**. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4, 2012, Curitiba. Anais. [Curitiba]: Malinovski Florestal, 2012. CD-ROM.

SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil, **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 566-572, July/Aug. 2012

SILVA, R. C.; PEREIRA, J. M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A. J. V.; DEL REI, A. J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um Chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 101-107, 2007.

SILVA, R.R. **Qualidade do solo em função de diferentes sistemas de manejo na região Campos das Vertentes, Bacia Alto Rio Grande-MG.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 97p. (Tese de Mestrado)

SILVA, S.A.S. Avaliação da matéria orgânica e ph do solo em sistemas agroflorestais localizados na região de Altamira-PA. **AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.1, n.02; p. 2014 -

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

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**, p. 205-274. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. SBCS, Viçosa, Minas Gerais. 2007

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. C. Variabilidade espacial de atributos físicos de um latossolo vermelho sobre cultivo de cana de açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.8, n.1, p.51-58, 2004

VEZZANI, F.M; MIELNICSULK, J. **Uma visão sobre a qualidade do Solo.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p. 743-755, 2009

3.2 ATRIBUTOS FISICOS DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT ²

² Artigo será Submetido ao periódico ACTA Amazônica em Junho de 2015

Resumo - Atributos físicos do solo sob sistemas agroflorestais, em áreas de preservação permanente no município de Alta Floresta – MT. O restabelecimento de atributos físicos de solos degradados a níveis próximos das condições naturais, bem como o restabelecimento das funções ecossistêmicas, podem ser promovidos com a implantação de Sistemas Agroflorestais Sucessionais Biodiversos, que se caracterizam como sistemas de cultivo diversificado que se aproximam dos sistemas naturais. Objetivou-se avaliar os efeitos da implantação de Sistemas Agroflorestais sobre os atributos físicos do solo e comparar com área de floresta e de pastagem, em áreas de preservação permanentes localizadas na Bacia Mariana. Espera-se subsidiar informações para ações de recuperação de áreas degradadas na Amazônia Matogrossense. As áreas de estudo constam de Sistema Agroflorestal utilizando sementes e mudas (SSM), Sistema Agroflorestal utilizando apenas sementes (SS), área sob vegetação de floresta (FL) e pastagens (PA). Foram analisados os seguintes atributos físicos: densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total onde utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 3), sendo quatro usos e quatro profundidades (0,0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,30m). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %. Observou-se nos resultados das análises físicas que os valores para Porosidade Total, foram maiores na área do sistema com sementes e mudas (SSM), não diferindo da Floresta nativa (FL), a Densidade dos solos na área do sistema com sementes e mudas (SSM) apresentou os menores valores, que não diferiu da Floresta nativa (FL).

Palavras-chave: agrofloresta, áreas degradadas, recuperação de APP, fertilidade do solo.

Abstract

Soil physical properties under agroforestry systems in areas of permanent preservation in the city of Alta Floresta - MT. The restoration of physical attributes of degraded soils to levels close to natural conditions as well as the restoration of ecosystem functions, can be promoted with the implementation of Agroforestry Systems Successional biodiverse, which are characterized as diversified cropping systems that are close to natural systems. This study aimed to evaluate the effects of the implementation of agroforestry systems on soil physical properties, compare with an area of forest, and pasture in permanent preservation areas located in the Mariana Basin. Expected to subsidize information for recovery actions of degraded areas in Mato Grosso Amazon. The study areas consist of Agroforestry System using seeds and seedlings (SSM), Agroforestry System using only seeds (SS), area under forest vegetation (FL) and pastures (PA). The following physical attributes were analyzed: density, macro and micro and total porosity where it was used completely randomized design in a factorial arrangement (4 x 3), four uses and four depths (0,0-0,05m, 0,05- 0,10 m, 0,10-0,20m and 0,20-0,30m). The results were submitted to analysis of variance and mean test using the 5% Tukey test. He noted the results of physical tests that the values for Total porosity were higher in the system area with seeds and seedlings (SSM), no difference from native forest (FL), the density of the soil in the system area with seeds and seedlings (SSM) had the lowest values, which did not differ from native forest (FL)

Keywords: Agroecosystems, Agroforestry, APP recovery, soil fertility.

Introdução

O desenvolvimento de um ecossistema natural ou manejado depende fundamentalmente que o ambiente em especial o solo, exerça suas funcionalidades de forma plena, dentre elas sua capacidade em sustentar o sistema, ou seja promover o crescimento e desenvolvimento das plantas e animais. O uso intensivo do solo principalmente quando há o revolvimento do mesmo que implique em alterações na cobertura natural, pode promover uma perda da qualidade do mesmo, assim, há necessidade na adoção de sistemas de manejo conservacionistas, que promovam a preservação da qualidade do solo, AGUIAR (2008).

Metodologias vêm sendo empregadas na restauração de áreas degradadas, porém, encontrar métodos de restauração que efetivamente resultem no restabelecimento das condições mais aproximadas das condições naturais do ecossistema original, proporcionando o restabelecimento de todas as suas funções ecossistêmicas ainda é um desafio, principalmente no que diz respeito à melhoria dos atributos físico-químicos e biológicos dos solos (CARVALHO, 2009).

Agroecossistemas que podem favorecer a melhoria da qualidade dos solos, são aqueles que cultivam plantas intensamente, com o menor revolvimento do solo, favorecendo assim a manutenção das estruturas físicas, e evitando a perda de elementos químicos e matéria orgânica do solo (VEZZANI E MIELNICZUK, 2009)

Na obtenção de indicadores físicos de qualidade do solo geralmente são usadas metodologias mais simplificadas e de baixo custo. Indicadores como textura, densidade e porosidade também estão correlacionados com os processos hidrológicos, como a erosão, aeração, escoamento superficial, a taxa de infiltração e de capacidade de retenção de água (SCHOENHOLTZ et al., 2000).

A estrutura de um solo pode ser avaliada através de atributos como a densidade do solo, macro e microporosidade, resistência à penetração e velocidade de infiltração da água no solo. Estes parâmetros indicam o efeito do

manejo no solo, sendo de fácil mensuração, com respostas rápidas e de razoável precisão (CAMPOS et al., 1995)

Os SAFs (Sistemas Agroflorestais), podem ser uma alternativa, na busca do equilíbrio e recuperação do agroecossistema, onde a consorciação e a diversificação com culturas tradicionais e componentes arbóreos, favorece um melhor desenvolvimento e fornece constante aporte de matéria orgânica favoravelmente o meio físico (AGUIAR 2008).

SAF's, implantados através do consórcio de espécies arbóreas e agrícolas, apresentam-se como uma forma alternativa de manejo do solo (ALTIERI, 1989), evitando a sua compactação através da não retirada da cobertura vegetal. Os SAFs possuem sistemas radiculares diversos que propiciam uma recarga de matéria orgânica, promovendo a estabilidade dos agregados. É necessário estudar a estrutura física dos solos submetidos a este tipo de manejo no intuito de demonstrar a sua importância para a conservação dessa estrutura.

Os resultados apresentados por GOMES, (2004) indicam que o SAF vem contribuindo para manter a qualidade física do solo. Solos antes expostos ao sol, vento e chuvas, com a estrutura comprometida devido a destruição de seus agregados, foram restabelecidos com a implantação de cobertura vegetal que não só protegeu o solo como forneceu matéria orgânica diversa para a formação de agregados mais estáveis, conservando assim os macroporos tão importantes para a infiltração, aeração e crescimento das raízes.

Indicadores físicos do solo como a densidade e a porosidade, também exercem importante função no desenvolvimento e crescimento das plantas, bem como no favorecimento de todas as atividades biológicas. No estudo de atributos físicos de saúde do solo geralmente utiliza-se metodologias mais simples, onde se obtém indicadores como, densidade, macro e micro porosidade, resistência a penetração, que também estão correlacionados com os processos hidrológicos, erosão, aeração, escoamento superficial, e capacidade de retenção de água (SCHOENHOLTZ, et al. 2000).

Menores densidades foram geralmente observadas em solos sob menos interferências antrópicas, tais como florestas nativas, onde os maiores níveis de matéria orgânica do solo permitem uma melhor agregação das

partículas, melhorando a estrutura do solo. Como resultado, um aumento na macroporosidade melhora a permeabilidade do solo, não só para a água, mas também para o ar e raízes (CARDOSO et al., 2013).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar as características física de solos em áreas de preservação permanente, em recuperação com o uso de sistemas agroflorestais e comparar com as condições naturais da floresta e com áreas de pastagens, localizadas na Bacia Mariana, bacia de captação de água do município de Alta Floresta - MT.

Material e Métodos

As áreas objeto de estudo estão localizadas na Micro Bacia Mariana, na Comunidade Guadalupe, aproximadamente 10 km da sede do município de Alta Floresta-MT. As áreas em estudo estão inseridas em Áreas de Preservação Permanente (APP), em pequenas propriedades rurais, são áreas que possuem a mesma classe de solo, e condições de uso e ocupação diferenciadas.

O município de Alta Floresta, está localizado no extremo Norte do estado de Mato Grosso, sob as coordenadas geográficas de 55° 30' a 57° 00' longitude W e 9°00'e 11°00' latitude S.

O solo da área de estudo é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2013). A média anual de precipitação pluviométrica da área é de aproximadamente 2.100 mm. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Am, com nítida estação seca e outra chuvosa. A temperatura média anual varia entre 20°C e 38°C, com média de 26°C (FERREIRA, 2001).

Para este estudo, foram utilizadas quatro áreas: (i) sob cobertura vegetal de floresta nativa remanescente (F); (ii) sistema agroflorestal implantado a partir de sementes (SS), (iii) sistema agroflorestal implantado a partir de sementes e Mudas, (SM) ambos com 5 anos de implantação, e (iv) área com pastagem (PA), com capim (*Brachiaria brizantha*). A descrição resumida das áreas pode ser observada na **Tabela 1**.

Para a análise dos atributos físicos, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, as amostras foram coletadas em novembro de 2014, utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4 x 4), sendo os tratamentos constituídos pela combinação de quatro usos e quatro profundidades (0,0-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,30m), com cinco repetições cada. Foram abertas mini trincheiras em cada área e com o auxílio de anel volumétrico (kopecky) e foram coletadas amostras indeformadas, sendo essas, após a coleta, envolvidas em folha de papel alumínio, armazenadas em caixa térmica e posteriormente submetidas, a análise em Laboratório

Tabela 1 Características dos sistemas de uso e ocupação das áreas escolhidas na Bacia Mariana/Alta Floresta-MT

Uso e Ocupação	Símbologia	Resumo Anamnese da Área
Sistema com Sementes	SS	Área ocupadas anteriormente com pastagens com gramínea do gênero <i>Brachiaria sp</i> com 20 anos de ocupação, recuperada através do método de semeadura direta de espécies agrícolas e florestais simultaneamente, não foram utilizados calcário ou adubos.
Sistema com sementes e mudas	SM	Área ocupadas anteriormente com pastagens do gênero <i>Brachiaria sp</i> com 20 anos de ocupação, recuperada através do plantio de SAF em aleias de 3 metros com mudas e semeadura direta de espécies agrícolas e florestais simultaneamente, com espaçamento de 6 a 8 metros entre aleias, manejado com gramíneas (3 roçadas ao ano), não foram utilizados calcário ou adubos
Area de Pastagem	PA	A área já se encontra sem a cobertura original desde o ano de 1992. É coberta com gramínea do gênero <i>Brachiaria sp</i> . destinada a atividade pecuária. O sistema de pastejo predominante é o contínuo com pousio, com roçadas mecânicas em sua maior parte, e capinas químicas eventuais.
Floresta nativa remanescente	F	A área de Remanescente Florestal (ARF), encontra-se preservada a mais de 20 anos, caracterizada como Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Cipó, conforme Manual técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012, SIPAN, 2002)

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos e Foliar da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta. Para as determinações de densidade e porosidade do solo foi utilizado o método da mesa de tensão, conforme EMBRAPA (1997).

Para a determinação da resistência do solo à penetração, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (4x4), sendo quatro usos (Floresta nativa, pastagem convencional, e dois Sistemas Agroflorestais), e quatro profundidades, na secção de 0.05m até a profundidade de 0.40m do solo, com cinco repetições. Foi avaliado o número de impactos a cada 0.10 m, de profundidade. Dada a influência da umidade nas determinações, tomou-se o cuidado de coletar os dados em um mesmo dia, garantindo a igualdade das condições de umidade do solo. Os dados obtidos em número de impactos por dm^{-1} foram transformados para resistência do solo à penetração (MPa), utilizando a equação apresentada por (STOLF, 1991). As amostragens foram realizadas de forma aleatória nas áreas. Foi utilizado o penetrômetro de impacto (modelo Planalsucar-Stolf) com ponta cônica de $2,27\text{ cm}^2$ êmbolo de 1,58 kg, aparelho de 1,53 kg, e altura de queda do embolo de 0,412 m.

A transformação da penetração da haste do aparelho (cm/impacto) em resistência à penetração será obtida através da expressão determinada pelo índice de cone (IC):

$$IC = \left(\frac{Mg+mg}{A} \right) + \left[\left(\frac{M}{M+m} \right) * \left(\frac{Mg * h}{A * P} \right) \right]$$

Onde:

IC: índice de cone (Mpa)

M: é a massa que provoca o impacto – embolo (Kg)

m: Massa dos demais componentes do aparelho (Kg)

Mg e mg: São os pesos das massas consideradas (Kgf)

H: Altura de queda de M (cm)

A: é a área da base do cone (cm^2)

P: Medida de penetração unitária ocasionada por um impacto.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a teste de médias, utilizando o teste de Tukey a 5 %, com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Os atributos físicos do solo também podem indicar a qualidade que este apresenta em relação as condições naturais. Em trabalhos desenvolvidos por CARVALHO, (2004), foi verificado que o solo sob sistema agroflorestal apresentou qualidade superior, quando comparado ao mesmo solo cultivado em sistema convencional, apresentando menor densidade, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior agregação. Isso ocorre devido o sistema se assemelhar ao ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, eleva-se a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (CARVALHO, 2004).

Para a densidade do solo (Tabela 2) nota-se a semelhança entre a área de floresta nativa e o sistema de recuperação com sementes e mudas, os quais apresentaram menor densidade em relação as outras áreas.

Tabela 2 Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e valores médios de densidade (DS), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015)

Áreas (A)	Densidade	Macro	Micro	Porosidade Total
	(g dm ⁻³)	-----(%)-----		
SS	1,42 a	8,52 b	31,87 a	40,39 b
SSM	1,21 b	15,92 a	29,83 a	45,75 a
PA	1,40 a	10,00 b	30,33 a	40,33 b
FL	1,27 b	19,04 a	31,86 a	45,32 a
Valor de F	19,13**	26,28**	6,31**	12,08**
DMS Tukey (5%)	0,09	3,60	3,51	3,21
Profund. (P)				
0-0,05 m	1,23 c	15,68 a	30,52 a	46,20 a
0,05-0,10 m	1,29 bc	14,49 a	29,53 a	44,03 ab
0,10-0,20 m	1,37 ab	13,19 ab	28,64 a	41,84 bc
0,20-0,30m	1,39 a	10,12 b	29,60 a	39,72 c
Valor de F	9,89**	6,14**	0,66 ns	10,52**
DMS Tukey (5%)	0,09	3,60	3,51	3,21
Interação AxP				
Valor de F	1,24 ns	1,25 ns	0,82 ns	1,44 ns
CV(%)	7,89	32,30	14,22	8,97

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. SS – sistema com sementes, SSM – sistema com sementes e mudas, PA – pastagem e FL – floresta nativa.

Apesar de ter havido diferença entre as áreas com relação a densidade, as mesmas não são consideradas restritivas para as maiorias das culturas, pois o desenvolvimento das plantas é seriamente afetado quando a densidade do solo ultrapassa $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, essencialmente por duas razões: primeira pela falta de oxigênio para a respiração das raízes, limitando-se a zona de absorção de água e nutrientes SOUZA, et al (1997), FRAZÃO, (1981) constatou que o uso e manejo do solo têm grande influência na grandeza dos valores da densidade e verificou que solos superficiais sob mata e pastagens, de maneira geral, apresentam valores de densidade baixos em comparação aos que estão submetidos aos cultivos contínuos, concordando com os resultados verificados no presente trabalho.

Em trabalhos desenvolvidos por CARVALHO, (2004), solos sob sistemas agroflorestais apresentaram qualidade superior, quando comparado ao mesmo solo cultivado em sistema convencional, apresentando menor densidade, maior porosidade, e menor resistência à penetração. Os SAF's buscam imitar o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma mesma área, isso eleva a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (SANCHEZ, 1995; YOUNG, 1997).

Com relação a profundidade, nota-se (Tabela 2) o aumento da densidade com a profundidade, o que pode ter ocorrido pelo maior teor de matéria orgânica que é comum nas camadas mais superficiais e também por se tratar de um argissolo, pois conforme COSTA et al. (2003), a densidade tende a aumentar com a profundidade o que se deve a fatores tais como: teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, menor penetração de raízes, maior compactação ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes, diminuição da porosidade total devido a eluviação de argila, dentre outros.

Rigatto et al. (2005), relatam que a manutenção e incorporação da matéria orgânica sempre maior na superfície, favorece a agregação e a melhoria da estrutura, resultando em redução da densidade do solo. Nas camadas superficiais acumulam-se a maior quantidade de resíduos orgânicos e raízes de plantas, que após sofrerem o processo de decomposição pela fauna

microbiológica do solo, resultam em altos teores de matéria orgânica incorporada ao solo, concordando também com as observações de (SOARES, 2011).

Como aconteceu para a densidade do solo, a área de floresta nativa não diferiu somente da área de sistema com recuperação por mudas e sementes com relação à macroporosidade e porosidade total. Não ocorreu diferença entre as áreas com relação ao volume de microporos (Tabela 2). Considerando o comportamento da porosidade do solo em relação à profundidade, verifica-se a diminuição da porosidade total e macroporosidade com o aumento da profundidade, não havendo variação da microporosidade ao longo do perfil estudado.

O bom desenvolvimento das plantas depende de uma rede contínua de poros com ampla variação de diâmetros, que proporcione boa infiltração, drenagem, aeração e manutenção de adequado teor de água, facilitando, assim, a penetração das raízes e as trocas gasosas com a atmosfera REICHERT et al., (2011), bem como a absorção de água e nutrientes TOGNON, (1991), assim, o sistema de recuperação com mudas e sementes mostra-se o mais adequado para propiciar condições semelhantes as naturais.

Além disso, a ação do crescimento radicular das plantas rompe camadas compactadas e adensadas, reduzindo a densidade e aumentando a porosidade total do solo (PREVEDELLO et al., 2013; VOGELMANN et al., 2012).

TOMA, (2013) em seu trabalho avaliando a Evolução temporal do comportamento físico-hídrico do solo de um sistema agroflorestal no Vale do Ribeira, verificou a evolução de seus atributos físicos-hídricos do solo ao longo do tempo avaliado (abril de 2009 até janeiro de 2011); isso foi possível pelo acúmulo de matéria orgânica, característica geral dos SAFs, que contribui na melhoria dos atributos físicos do solo como a densidade e a porosidade, promovendo o favorecimento de um melhor funcionamento hídrico. Com estes resultados obtidos, evidenciou o potencial do SAF em melhorar ou manter os atributos físicos-hídricos do solo, tornando-se opção para a sua implantação na região. Os resultados que indicaram o baixo risco a formação de enxurrada e erosão, sendo uma alternativa de produção interessante para os produtores conservando o solo e a água.

A exemplo das outras características físicas do solo a menor resistência a penetração do solo foi verificada na área de floresta nativa, a qual não diferiu somente do sistema de recuperação com sementes e mudas, e a maior resistência foi observada na área com pastagem (Tabela 3). Nota-se o aumento da resistência do solo à penetração com o aumento da profundidade.

Tabela 3. Valores de F, diferença mínima significativa (DMS), coeficiente de variação e valores médios de Resistencia a Penetração de solos de diferentes áreas e profundidades. Alta Floresta – MT (2015)

	Resistencia a penetração
Áreas (A)	(Mpa)
Sistema com Sementes	1,76 b
Sistema com mudas de sementes	1,15 c
Pastagem	2,91 a
Floresta	1,04 c
Valor de F	44,50**
DMS Tukey (5%)	0,048
Profundidades (P)	
0-0,10 m	1,41 b
0,10-0,20 m	1,56 ab
0,20-0,30 m	1,86 ab
0,30-0,40 m	2,03 a
Valor de F	4,84**
DMS Tukey (5%)	0,048
Interação AxP	
Valor de F	0,86 ns
CV(%)	33,43

Obs.: Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A resistência do solo à penetração das raízes é uma das propriedades físicas que influenciam diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Vários autores utilizaram a resistência do solo à penetração para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (TORMENA & ROLOFF, 1996). Assim o sistema de recuperação através do uso de sementes e mudas destaca-se como metodologia no presente estudo.

Em estudo sobre a resistência do solo à penetração CAMPOS E ALVES (2006) verificaram que o sistema com regeneração em que se utilizaram o Pinus e os nichos com regeneração natural, foram os que mais se aproximaram da condição natural de cerrado, sendo que conforme a profundidade os valores variaram para cerrado nativo de 0,72 a 1,26 MPa, recuperação com pinus de 1,89 a 7,60 MPa e para recuperação natural de 1,38 a 4,78 Mpa.

SOUZA, (2010) descreve em seu trabalho que a compactação do solo é resultado, dentre outros fatores, dos aumentos da densidade e da resistência à penetração e da diminuição da porosidade do solo, e é uma das principais causas do processo de degradação, constituindo um dos mais sérios fatores de restrição ao desenvolvimento das plantas.

Os Sistemas sucessionais através do consórcio entre espécies arbóreas e agrícolas, apresentam-se como uma forma alternativa de manejo do solo e de produção agrícola, são baseados na cooperação, buscam criar ecossistemas saudáveis (ALTIERI, 1989), evitam a compactação, mantem cobertura vegetal, atuando diretamente nos atributos do solo. SAF's também possuem sistemas radiculares diversos que propiciam uma recarga de matéria orgânica promovendo uma melhor estabilidade dos agregados. É necessário estudar mais profundamente a estrutura física dos solos submetidos a este tipo de manejo (SAF's) no intuito de demonstrar a sua importância tanto para a melhoria como conservação da qualidade do solo.

Conclusões

Os resultados obtidos indicam que a área trabalhada com o sistema (SSM), apesar de sua implantação recente (5 anos) foi o que apresentou atributos físicos mais próximos dos valores encontrados na floresta nativa, indicando a viabilidade do mesmo para a recuperação de áreas degradadas.

Os SAF's vem contribuindo na melhoria e manutenção da qualidade física do solo nas área de APP degradadas implantadas com estes sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. I., **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. Universidade Feral de Viçosa. Dissertação de mestrado. 2008

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-126, 1995.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, p.759-764. 2006.

CARDOSO, E. J. B., I Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? - v.70, n.4, p.274-289 **Sci. Agric.**2013

CARVALHO, C. J. R. **Alternativas para recuperação de áreas degradadas na Amazônia – RECUPERAMAZ** - Anais da Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7, realizado em Belém, Pará, Brasil -. 579p. p. 429-439, Brasília: CNPq, 2009

CARVALHO, R. GOEDERT, W. J. ARMANDO, M.S. Atributos físicos de um solo sob sistema agroflorestal **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:527-535, 2003.

COSTA, A.M.; SOUZA, M.A.S.; SILVA JUNIOR, A.M.; FALQUETO, R.J.; BORGES, E.N. **Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos da cerrado**. In: Anais. II Simpósio Regional de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2003.

CUNHA, E. Q.; et al. Atributos físicos, químicos e biológicos desolo sob produção orgânica impactados por sistema de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.56-63, 2012.

DIAS, H. C. T.; Figueira, M. D.; Silveira, V; Fontes, M. A. L.; Oliveira-Filho, A. T. & Scolforo, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.2, p.1-17, 2002

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos, H. G., et al. – 3 ed. 353 p. rev. ampl. – Brasília, DF - Embrapa, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro,RJ).**Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos;1)

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

FERREIRA, J.C.V. (2001). **Mato Grosso e seus Municípios**. Cuiabá - MT: Secretaria de Estado da Educação, 365p.

FRAZÃO, A. **Características físicas e químicas de um latossolo vermelho amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo**. 1981. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal da Paraíba UFPB, Campina Grande/PB. 1981.

GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.137-153, 2004

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHERT, J. M Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em argissolo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 129-138, 2013.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; GUBIANI, P. I.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; REINERT, D. J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: KLABUBERG FILHO, O. et al. (Org.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2011, v. 7, p. 1-54.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. **Agroforestry Systems**,v.30, p.5-55, 1995

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

SOARES, J. C. W. S. **Matéria orgânica de um Argissolo Vermelho distrófico úmbrico após a introdução de fitofisionomias antrópicas**. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P.; VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p.367-372, 1997

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto de resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15:229-235, 1991

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guaíra-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. 1991. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

TOMA et al. Evolução temporal do comportamento físico-hídrico do solo de um sistema agroflorestal no Vale do Ribeira – **SPSci. For.**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 237-248, jun. 2013

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

VEZZANI, F.M; MIELNICSULK, J. Uma visão sobre a qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33, p. 743-755, 2009

VOGELMANN, E. S.; REICHERT, J. M.; PREVEDELLO, J.; BARROS, C. A. P.; QUADROS, F. L. F.; MATAIXSOLERA, J. Soil hydro-physical changes in natural grassland of southern Brazil subjected to burning management. **Soil Research, Melbourne**, v. 50, n. 6, p. 465, 2012.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2nd ed. Nairobi:CAB Internacional, 1997. 320p.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que a pesquisa se desenvolveu, pode-se concluir que o sistema de recuperação com o uso de sementes e mudas (SSM), foi o que mais se aproximou das condições naturais da floresta nativa, seguidos pelo sistema SM apresentando resultados superiores na qualidade dos atributos em relação a área de pastagem, o que permite seguramente indicar os SAF's para a recuperação de áreas degradadas.

Houve uma perceptível estocagem maior de P, Mg e Ca no horizonte superficial, no sistema SSM e na área de floresta, e a diminuição da fertilidade do solo com o aumento da profundidade, que se justifica devido a grande diversidade e quantidade de material depositado na camada superficial do solo.

Esses sistemas quando bem manejados de acordo com as necessidades ou demandas de cada propriedade poderá ser replicado para a recuperação de áreas degradadas de APP.

ANEXO



Figura 5. Implantação do Sistema Agroflorestal com sementes Jul/2009



Figura 6. Sistema agroflorestal com sementes com 5 anos de implantação Mar/2015



Figura 7. Implantação Sistema Agroflorestal com Sementes e mudas out/2009



Figura 8. Área recuperada com sistema agroflorestal com sementes e mudas. Out/2014