

ANGELITA GUDE BUTZKE



**DINÂMICA DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM DIFERENTES TIPOS  
DE SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

RIO BRANCO - AC

2015

ANGELITA GUDE BUTZKE

**DINÂMICA DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM DIFERENTES TIPOS  
DE SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira

RIO BRANCO - AC

2015

©BUTZKE, A. G., 2015.

BUTZKE, Angelita Gude. **Dinâmica de atributos químicos em diferentes tipos de solos sob sistemas agroflorestais**. Rio Branco, 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Acre, 2015.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

B989d Butzke, Angelita Gude, 1981-

Dinâmica de atributos químicos em diferentes tipos de solos sob sistemas agroflorestais / Angelita Gude Butzke. – 2015.

71 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de Concentração em Produção Vegetal. Rio Branco, 2015.

Inclui Referências bibliográficas e apêndices.

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira.

1. Solo – Qualidade. 2. Solo – Atributos químicos. 3. Amazônia ocidental. 4. Sustentabilidade. I. Título

CDD. 631.43098112

---

ANGELITA GUDE BUTZKE

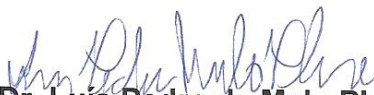
**DINÂMICA DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.


APROVADA em 02 de março de 2015



**Prof. Dr. Tadário Kamel de Oliveira**  
Pesquisador da Embrapa Acre  
Orientador



**Prof. Dr. Luis Pedro de Melo Plese**  
Professor do Instituto Federal do Acre  
Membro



**Dr. Nilson Gomes Bardales**  
Pesquisador visitante, Bolsista DCR  
Membro



**Dr. Rogério Resende Martins Ferreira**  
Pesquisador da Embrapa Acre  
Membro

RIO BRANCO - AC  
2015

*Ao meu filho*  
*Jean Pedro Butzke de Paula*  
*Pela inspiração para vencer mais este desafio*  
*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

*À Deus e aos meus pais, Osvaldo Butzke e Silvina Gude por terem acreditado na minha capacidade, sempre presentes nessa árdua caminhada.*

*Aos meus irmãos Aloir Butzke, Amilton Butzke e Adenilson Gude Butzke, que mesmo distantes torceram por mais uma conquista em minha vida.*

*Ao meu grande amigo e pai do meu filho Alex Elias Braga de Paula, por todo seu apoio, incentivo, ensinamento e tempo a mim oferecido.*

*Ao meu filho Jean Pedro Butzke de Paula, pelo carinho, paciência e acima de tudo pelo amor incondicional e compreensão nos momentos ausentes ao longo desta pesquisa.*

*Ao meu orientador, Dr. Tadário Kamel de Oliveira, pelo apoio científico, diretrizes e acompanhamento do trabalho em todas as suas fases.*

*Aos meus amigos de curso, em especial João Carlos Ribeiro, Marcia da Costa Capistrano e Ueliton Oliveira, pela amizade, companheirismo e troca de experiências no decorrer do curso e ao amigo Sérgio Fiuza, pela ajuda nas análises estatísticas.*

*Aos professores do Curso de Pós-graduação em Agronomia pelas informações recebidas e conhecimentos adquiridos em suas disciplinas, em especial aos professores Regina Lucia Felix Ferreira, Sebastião Elviro de Araújo Neto, Jorge Ferreira Kusdra e Vanderley Borges dos Santos.*

*Aos Proprietários das áreas cedidas à minha pesquisa, Senhores Ademir, Leoni, Camilo e Raul, dos quais me receberam com muita estima e atenção.*

*Aos Funcionários do RECA, associação que coordena as atividades de SAF's nas áreas objeto da pesquisa, por todo apoio e colaboração.*

*À Universidade Federal do Acre e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de realização do Mestrado.*

*À Embrapa Acre, pelo apoio logístico, laboratorial e técnico, em especial aos funcionários Eufra Ferreira do Amaral e Charles Costa, bem como aos colaboradores Nilson Gomes Bardales e demais que contribuíram na coleta de dados em campo.*

*Ao Instituto de Meio Ambiente do Acre por me oferecer a oportunidade de trilhar o caminho acadêmico paralelo ao profissional.*

*À CAPES pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo.*

*Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização e conclusão de mais esta etapa acadêmica.*

*“O conhecimento dirige a prática; no entanto,  
a prática dirige nosso conhecimento.”*

*Thomas Fuller*

## RESUMO

Nas últimas décadas, a floresta amazônica vem sendo em passo acelerado substituída por diversos sistemas de uso como as pastagens para atividade pecuária e variados usos agrícolas. A falta de manejo adequado nessas áreas, juntamente com as limitações naturais na maior parte da região, geralmente solos pobres quimicamente, têm sido as causas da degradação do solo e abandono das terras em poucos anos de uso, devido à insustentabilidade do sistema. Para torna-las áreas produtivas novamente, os sistemas agroflorestais - SAF's apresentam-se como práticas alternativas direcionadas às áreas já desmatadas na Amazônia. O objetivo deste estudo foi avaliar atributos químicos do solo sob uso com sistemas agroflorestais em duas épocas: cerca de cinco anos após a implantação e por volta de 20 anos de idade dos sistemas. Foram utilizadas como áreas experimentais, três áreas detentoras de SAF's implantados há mais de 19 anos, sendo nestas, coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm com quatro repetições por área no ano de 1999 (primeira coleta) e no ano de 2014 (segunda coleta). As variáveis analisadas foram fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), potencial hidrogeniônico (pH), carbono orgânico (C. Org.), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), soma de bases (SB) e saturação por bases (V). O delineamento experimental, utilizado para cada SAF, foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com dois tempos (primeira coleta e segunda coleta) nas parcelas e três profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm) nas subparcelas, totalizando seis tratamentos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância. Os teores de Ca, Mg, K, H+Al, a soma de bases e a CTC apresentam diminuição significativa sob consórcios agroflorestais com castanheira, cupuaçuzeiro e pupunheira, entre a época pós estabelecimento (cinco anos) e vinte anos após a implantação. Os atributos do solo saturação por bases (V) e pH não apresentam variação significativa entre essas épocas. Na camada 0-20 cm de solo sob SAF's, os teores de nutrientes e de carbono orgânico, a soma de bases, CTC e V são mais elevados que de 20 a 60 cm. Atributos do solo como pH e teor de H+Al apresentam-se homogêneos até 60 cm de profundidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia Ocidental, Qualidade do solo, sustentabilidade, Indicadores, RECA.



## ABSTRACT

In the last decades, the Amazon Forest have been quickly deforested and used for several land use systems such as pasture and agriculture. The lack of adequate management in these areas and the environmental restrictions in the majority of the region, like poor chemical soils, have been the reason of soil degradation and abandoned land in a few years after use, what results in the unsustainability. The use of Agroforestry Systems (AFSs) could be an alternative to rehabilitate these areas. The aim of this research was to evaluate soil chemical attributes under Agroforestry Systems in two times: after 5 years of cultivation and around 20 years of use. We used three experimental areas with three plots with Agroforestry Systems after 19 years of cultivation. In the both areas we collected soil samples from depths of 0-20, 20-40 and 40-60 cm with four replicates per area in 1999 (first sampling) and in 2014 (second sampling). The soil attributes analyzed were phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), potential acidity (H+Al), hydrogen potential (pH), organic Carbon (C org), cation exchange capacity (CEC), sum of bases (SB) and base saturation (V). The experimental design, used for each AFS, was a randomized block in a split plot with two times (first and second sampling) in the plots and three depths (0-20, 20-40 and 40-60 cm) in the subplots, totaling six treatments. The results were submitted the analysis of variance and Tukey test at 5% significance. The amount of Ca, Mg, K, H + Al, the sum of bases and the CEC have significant decrease in agroforestry consortia with Brazil Nut, cupuaçu and peach palm, between the time after establishment (five years) and twenty years after implantation. The soil attributes base saturation (V) and pH do not show significant variation among the times. In the layer 0-20 cm the nutrient content and organic carbon, the sum of bases, CEC and V are higher than 20 to 60cm. Soil properties such as pH and H+Al content are presented homogeneous up to 60cm deep.

Key Words – Western Amazon, Soil Quality, Sustainability, indicators, RECA.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Região de inserção das áreas, Amazônia Sul-Occidental, Brasil.....	31
FIGURA 2 -	Localização das áreas de amostragem na Amazônia Sul-Occidental, Brasil.....	32
FIGURA 3 -	Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área A.....	33
FIGURA 4 -	Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área B.....	34
FIGURA 5 -	Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área C.....	35
FIGURA 6 -	Esquema de coletas georreferenciadas I, II, III e IV (pontos de amostragem).....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.....	39
TABELA 2 - Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.....	41
TABELA 3 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO .....	42
TABELA 4 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.....	43
TABELA 5 - Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO .....	45
TABELA 6 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO .....	47
TABELA 7 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO .....	48
TABELA 8 - Atributo químico de fertilidade do solo avaliado no sistema agroflorestal aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.....	50

TABELA 9 - Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.....	51
---	----

## LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A - Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos quatro anos (SAF4) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (SAF19) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO..... 66
- APÊNDICE B - Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos quatro anos (SAF4) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (SAF19) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO..... 67
- APÊNDICE C - Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos sete anos (SAF7) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (SAF22) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO..... 68
- APÊNDICE D - Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos sete anos (SAF7) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (SAF22) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO..... 69
- APÊNDICE E - Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos seis anos (SAF6) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (SAF21) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO..... 70

APÊNDICE F -	Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos seis anos (SAF6) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (SAF21) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.....	71
--------------	---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA .....	17
2.1.1 Sistemas agroflorestais como estratégia de conservação e recuperação de áreas alteradas e recomposição de Reserva Legal .....	19
2.2 IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO .....	22
2.2.1 Indicadores de sustentabilidade dos agroecossistemas .....	25
2.2.2 Indicadores químicos de sustentabilidade .....	27
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
3.1 DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS NAS ÁREAS DOS SAF'S .....	36
3.2 ANÁLISES LABORATORIAIS .....	36
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	37
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
4.1 ÁREA A: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS QUATRO ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 19 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 4 E 19 ANOS).....	39
4.2 ÁREA B: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS SETE ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 22 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 7 E 22 ANOS).....	43
4.3 ÁREA C: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS SEIS ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 21 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 6 E 21 ANOS).....	48
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54
<b>APÊNDICES</b> .....	66

## 1 INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada na Amazônia brasileira contribuiu para o incremento da taxa anual de desmatamento de suas florestas para a implantação, principalmente, de pastagens e de uma agricultura de baixa tecnificação, contribuindo significativamente em mudanças nos seus fluxos e ciclos naturais e atribuindo atualmente a esta região uma característica típica de uso da terra na região: o predomínio da pecuária de corte como principal uso.

Mediante esta ocupação, a agricultura itinerante que se baseia no corte e queima da floresta para o estabelecimento das culturas sobre as cinzas, entre troncos e galhos parcialmente queimados, passou a ser a principal forma de agricultura na Amazônia.

Portanto, com a retirada da cobertura vegetal original para implantação de culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, dentre outros, resulta em danos ambientais como a perda de biodiversidade, empobrecimento dos solos e rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando seus atributos físicos, químicos e biológicos, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à degradação e erosão hídrica (CARVALHO FILHO et al., 2009) e, sobretudo, lança na atmosfera grande quantidade de gases de efeito estufa, em especial o dióxido de carbono com as queimadas.

A partir dos danos advindos do próprio sistema de manejo adotado nessas áreas, as mesmas são abandonadas pela sua perda de capacidade produtiva ao longo do tempo, tornando-se necessário a abertura de novas áreas para o cultivo agrícola, originando assim áreas improdutivas na propriedade (ACRE, 2000; FUJISAKA et al., 1996).

Na Amazônia Sul Ocidental, onde as taxas de desmatamento foram de menor escala quando comparadas com as demais regiões da Amazônia brasileira, essa típica agricultura itinerante ainda se faz presente, deixando um grande percentual de áreas degradadas com precária aptidão para implantação de determinados tipos culturas ou manejo de uso da terra.

No Acre, essa realidade permite indicar a utilização de sistemas agroflorestais - SAF's nas diversas modalidades, visando ocupar áreas já desmatadas e ao mesmo tempo gerar emprego e renda aos pequenos e médios produtores. Neste sentido Fearnside (1989) assegura que os sistemas agroflorestais devem ser encorajados



apenas como uso da terra em áreas já desmatadas, ou severamente perturbadas, não como uma substituição de ecossistemas florestais naturais.

Além dos diversos benefícios que os SAF's trazem ao ecossistema, como por exemplo, melhor exploração dos recursos naturais, permitir manter ou melhorar a capacidade produtiva da terra, conservação do solo e recuperação de áreas degradadas, sua ocupação na propriedade se faz importante como forma de recomposição da Reserva Legal, conforme está previsto no § 3º do Art. 66.º do Novo Código Florestal (LEI Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012) hoje em vigor, sendo neste sentido, mais uma vantagem da utilização do SAF's em relação as demais formas de uso da terra existentes.

Neste contexto, sendo o solo um recurso natural complexo e dinâmico, o uso de indicadores da sua qualidade é essencial para avaliação e entendimento da funcionalidade e sustentabilidade de solos em diferentes condições de uso. No entanto, em sistemas agroflorestais esta abordagem ainda é carente de estudos, necessitando de pesquisas direcionadas na dinâmica dos atributos químicos, físicos e biológicos em função da utilização destes.

Portanto, este estudo foi desenvolvido com objetivo de avaliar atributos químicos do solo sob sistemas agroflorestais em ambiente da Amazônia Sul-Occidental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente no Brasil e em regiões de florestas tropicais no mundo, existem condições socioeconômicas e ambientais favoráveis para diferentes sistemas de uso da terra, desde monocultivos intensivos até a manutenção da cobertura natural em diversos tipos de ecossistemas (ENGEL, 1999).

Segundo Lima et al. (2007) na Amazônia brasileira, as florestas primárias ainda são predominantes, no entanto a velocidade do desmatamento é motivo de preocupações, onde cerca de 85% das áreas desmatadas anualmente na Amazônia, são superiores a 15 ha (INPE, 2001), não caracterizando uma prática típica de cultivo itinerante por pequenos produtores.

Por outro lado, independentemente do tamanho do desmatamento, o trato cultural mais utilizado na limpeza do terreno é a queimada (FREITAS, 2008). Esta forma de uso da terra, juntamente com a pecuária extensiva são os dois principais eixos da causa do desflorestamento na região (KITAMURA, 1994; SACHS, 1997).

Neste contexto, Freitas (2008) explica que existe muita diferença entre a agricultura migratória praticada pelas populações tradicionais da Amazônia (indígenas e caboclos) e a praticada pelos produtores migrantes, sendo que as populações tradicionais da Amazônia praticam sistemas de subsistência com várias espécies e pousio prolongados para a recuperação da fertilidade do solo.

Logo, nos sistemas implantados por produtores migrantes, as áreas de cultivos são maiores, o número de espécies é reduzido, as variedades não são adaptadas e ocorre um curto período de pousio, o que contribui na diminuição da estabilidade e a própria capacidade de recuperação do solo (FEARNSIDE, 1989).

Grande parte da Amazônia brasileira está diante de limitações importantes com relação à agricultura e pastagens devido à baixa fertilidade dos solos, em geral pobres, e às condições ambientais da região, bem como ao sistema inadequado de uso da terra, baseado na predominância da agricultura itinerante, no entanto, o uso de cultivos perenes, especialmente baseados em espécies arbóreas nativas, seria o principal elemento para se conseguir a melhor forma de manejo, que garanta processos de reciclagem similares aos da floresta primária (LUIZÃO et al., 2009).

No entanto, mediante ao intenso uso dos recursos naturais aliados às práticas de manejo do solo inadequadas, os Sistemas Agroflorestais (SAF's) podem

contribuir como uma alternativa de problemas advindos desses excessos, devido as suas funções biológicas, e socioeconômicas que podem exercer (ENGEL, 1999).

Além disso, os SAF's constituem-se em modelos de exploração de solos que mais se aproximam ecologicamente da floresta natural e, por isso, considerados como importante alternativa de uso sustentado do ecossistema tropical úmido (ALMEIDA et al., 2002; BRANDY et al., 1994; CANTO et al., 1992; HUXLEY, 1983; NAIR, 1993).

Sistemas Agroflorestais são sistemas de produção agropecuária e florestal que utiliza e maneja os recursos naturais em que há consorciação de espécies florestais perenes com cultivos agrícolas e/ou animais, de maneira simultânea ou sequencial temporal na mesma área, proporcionando benefícios variados (OLIVEIRA et al. 2005; DUBOIS, 1996; KING; CHANDLER, 1978; HUXLEY, 1999).

Desta forma, Nair (1993) assegura que mesmo o mais simples SAF é sempre mais complexo, ecologicamente (na sua estrutura e função) e economicamente, do que os sistemas de monocultivos.

Neste sentido, Dubois (2008) estabelece uma condição para que as combinações de espécies (consórcios) possam ser chamadas de agroflorestais, devendo estes ter na sua composição ao menos uma espécie florestal típica (nativa ou aclimatada) de estrato arbóreo ou arbustivo em estado natural, florestas ou capoeiras.

O surgimento dos sistemas agroflorestais como um novo paradigma do desenvolvimento sustentável não se constitui, por si só, como a melhor forma de uso da terra, mas a mais adequada em muitas situações onde se busca aliar produção com conservação ambiental (ENGEL, 1999).

## 2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA DE USO DA TERRA NA AMAZÔNIA

Os sistemas agroflorestais por apresentarem similaridade com a floresta são opções atrativas para o uso do solo na Amazônia (FREITAS, 2008) sendo uma alternativa sustentável com possibilidade de auxiliar na redução do desmatamento uma vez que rompe com o ciclo da agricultura migratória, a qual, em função de períodos de pousio curtos para a recuperação dos solos, aumenta a pressão sobre as áreas de floresta primária (SMITH et al., 1998).

Representando uma excelente alternativa ao tradicional sistema de corte e queima, os SAF's adaptam-se muito bem ao esquema de produção da agricultura familiar, por potencializarem o uso da mão-de-obra disponível na propriedade (SÁ et al., 2000). No entanto, apesar de ser uma prática de uso da terra de longa tradição em certas populações tradicionais, seu estudo como ciência é relativamente recente na Amazônia, o que carece de mais investigações quanto à viabilidade econômica desses sistemas em função das espécies utilizadas. (CORDEIRO, 2007).

A presença de árvores no sistema traz benefícios diretos e indiretos, tais como o controle da erosão e manutenção da fertilidade do solo, o aumento da biodiversidade, a diversificação da produção e o alongamento do ciclo de manejo de uma área (YOUNG, 1990; ENGEL, 1999).

Os sistemas agroflorestais objetivam aperfeiçoar o desenvolvimento rural sustentável, podendo ser implantado em áreas alteradas por atividades agrícolas mal sucedidas, contribuindo para a redução do desmatamento de novas áreas de floresta, utilizando de forma mais eficiente o uso dos recursos e a interação positiva dos componentes com a fauna e flora existente no local (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2009).

Atividades agrícolas frequentemente poucos sustentáveis são um dos principais entraves ambientais quanto à sustentabilidade do sistema uma vez que degrada os recursos do solo, da água e da biodiversidade (GONÇALVES, 2011), sendo que para obtenção da sustentabilidade ambiental é imprescindível que a taxa de exportação de suas ações seja igual à taxa de regeneração desses recursos (BARBOSA, 2007).

Baseado em estudos de indicadores de sustentabilidade ambiental em SAF's, os mesmos apresentam-se como alternativas de uso do solo, uma vez que servem para a recuperação das funções ambientais, aumento da biodiversidade (SILVEIRA, 2003) geração de produtividade agrícola, florestal e pecuária (FRANCO et al., 2002).

Porém quando se trata de benefícios advindos dos SAF's na esfera social, ambiental e cultural, a sua utilização se torna viável para reversão de processos de degradação dos recursos produtivos, aumento da disponibilidade de alimentos e de serviços ambientais que se compreendem em conservação do solo, controle da erosão, redução da contaminação das águas e do ar, recuperação de áreas degradadas, aumento da fertilidade do solo, entre outros além de benefícios

econômicos como a diversificação de produtos, gerando várias fontes de renda para o produtor (RIBASKI; RIBASKI, 2013).

Segundo Abdo et al. (2008) o sistema agroflorestral é uma opção extremamente viável na escolha de modelos pelo pequeno produtor, porém alerta que o sucesso deste depende muitas vezes do agricultor que, amparado tecnicamente, deve ter o espírito inovador e investigativo para experimentar novas formas de associação de culturas e/ou animais, mas sem deixar de ser atento e cauteloso na observação dos resultados e problemas que possam surgir. Os conhecimentos práticos, aliados ao conhecimento científico, dão uma grande contribuição na condução dos plantios.

O desenvolvimento sustentável implica em se conseguir o maior benefício dos recursos físicos, biológicos e culturais de uma localidade, dentro de uma estratégia para aumentar a auto-suficiência local e nacional (ENGEL, 1999).

Portanto, os sistemas agroflorestrais passaram a fazer parte de diretrizes centrais de desenvolvimento rural sustentável pelo potencial de serem implantados em áreas já degradadas, reincorporando-as ao processo produtivo e agindo como uma opção estratégica para pequenos produtores devido à baixa demanda de insumos, ao maior rendimento líquido por unidade de área em comparação com sistemas convencionais de produção e por fornecerem inúmeros serviços sócio-ambientais (CEPLAC, 2010). Esses serviços podem ser valorados, e convertidos em créditos ambientais, propiciando agregar valor à propriedade agrícola (GANDARA; KAGEYAMA, 2001).

#### 2.1.1 Sistemas agroflorestrais como estratégia de conservação e recuperação de áreas alteradas e recomposição de Reserva Legal

O Brasil possui cerca de 50 milhões de hectares de áreas de pastagens em algum estágio de degradação, e como meta do Ministério da Agricultura para o programa do governo federal de redução da emissão de gases de efeito estufa, 15 milhões de hectares destas áreas serão recuperadas até 2020 com uso correto de tecnologias aplicáveis, das quais se destacam-se a agricultura orgânica, sistemas de produção integrada, integração lavoura-pecuária-floresta plantada (iLPF), plantio direto (PD) e sistemas agroflorestrais (SAF's) (MARTINS; ASSAD, 2014).

Vale salientar que o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651), aprovado em 2012, sofreu modificações acerca das atividades permitidas em Áreas

de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), tornando-se menos restritivo e aceitando o plantio de Sistemas Agroflorestais em tais áreas desde que esses sistemas sejam submetidos a planos de manejo sustentáveis aprovados pelo órgão estadual do meio ambiente responsável (BRASIL, 2012).

Segundo a legislação anterior - Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965 - (BRASIL, 1965), não era permitido o cultivo de quaisquer sistemas de produção em APP's e RL's, sendo permitido apenas o manejo agroflorestal sustentável em RL's de pequenas propriedades rurais, o que reduzia expressivamente o perímetro agricultável de tais propriedades.

A degradação ambiental e a sua recuperação impõe elevados custos à sociedade, além da exaustão do produtor rural, uma vez que o alto custo de implantação de projetos para a recuperação das áreas alteradas é um obstáculo à sua realização.

O sistema agroflorestal é um povoamento permanente, similar à floresta tropical nativa, com composição bastante diversificada e estratificada. Os SAFs apresentam grande potencial como estratégias para um desenvolvimento sustentável, pela conservação dos solos e da água, a diminuição do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, a adequação à pequena produção, a conservação da biodiversidade e a recuperação de fragmentos florestais e matas ciliares (AMADOR; VIANA, 1998).

O uso do SAF's na recuperação de áreas degradadas tem se intensificado não apenas na ideia de restauração ecológica, mas visam uma abordagem holística, envolvendo os aspectos sociais, econômico e ambiental, sendo possível a aplicação das práticas agroflorestais em diversas formas na recuperação de solos degradados e formação de corredores ecológicos no entorno de Unidades de Conservação - UC's ressaltando que a chave para alcançar um resultado satisfatório depende do manejo eficiente e estudos rigorosos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2009).

Ao investigar o sistema de produção do cacau cabruca utilizando em sistemas agroflorestais, Blanes et al. (2004) notaram a importância do mesmo para contribuição para a conservação da biodiversidade, especialmente quando conjugado a uma rede de áreas protegidas e suas zonas de entorno assegurando condições favoráveis à implementação de sistemas sustentáveis de produção, auxiliando na implementação de corredores florestais.

Já Vicente (2010) em seu estudo, baseado nas leis ambientais vigentes, afirma que os SAF's diversificados constituídos de estágios sucessionais contínuos, promovem a complexificação das relações biológicas, podendo estes serem utilizados para a recomposição e recuperação de áreas de preservação permanente - APP's e Reserva Legal - RL.

Deve-se considerar, especificamente para reserva legal, a obtenção de florestas produtivas no futuro e, assim, a sua implantação deve ser planejada e executada com esta finalidade (OLIVEIRA, 2013).

Entre as potencialidades dos SAF's para recuperação de fragmentos, destacam-se a restauração de eco-unidades degradadas, corredores de interligação, recuperação de matas ciliares e manejo das bordas dos fragmentos, porém há necessidade de avaliação seguindo alguns critérios que determinam classes diferenciadas de sítios, tratados diferenciadamente como o nível de luminosidade, que tem relação com a cobertura foliar em quantidade e qualidade; a densidade da regeneração natural e a dominância de espécies com comportamento agressivo (AMADOR; VIANA, 1998).

Avaliando da situação atual brasileira com relação aos espaços protegidos e a legislação vigente, Guerra (2012) assegura que os SAF's apresentam-se como alternativa para a recuperação de áreas degradadas e conservação ambiental, uma vez que trazem além da diversificação da renda familiar através da produção de diversos produtos, a conservação das qualidades ambientais, como melhoria das características do solo e diminuição da erosão.

Portanto, a recuperação de áreas alteradas por meio de SAF's insere-se no contexto de florestas produtivas para o futuro e potencializa a adoção de sistemas integrados na Amazônia.

Atualmente esses sistemas vêm sendo executados por algumas entidades como por exemplo a EMBRAPA através do projeto "Sistemas Agroflorestais para Produção e Recuperação Ambiental na Amazônia – SARAM", projeto de âmbito regional que envolve várias unidades da empresa na região da Amazônia Sul-Occidental e visa disponibilizar SAF's eficientes, compatíveis com o ambiente e com impacto positivo nas condições sócio-econômicas dos produtores em projetos de assentamento e em áreas de reservas extrativistas (OLIVEIRA, 2013).

No entanto, devido á falta de informações a respeito destes sistemas e também a falta de parcerias interinstitucionais para levar as informações aos

produtores, esse método ainda é pouco empregado e até mesmo, em alguns casos, mal visto por parte dos produtores rurais, já que a implantação destes sistemas sem a devida orientação pode levar ao fracasso da experiência (GUERRA, 2012).

Portanto, tornam-se indispensáveis pesquisas mais direcionadas e específicas a respeito da implantação de SAF's em ecossistemas sensíveis, como áreas de preservação permanente - APP e reserva legal - RL, a fim de verificar as respostas dos mesmos para a preservação ambiental e para a adequação à legislação atual.

Outra indicação indispensável é o levantamento de áreas de sistemas agroflorestais já existentes no Estado do Acre e sua verificação quanto à disposição da mesma dentro da propriedade visando fornecer subsídios para construção de uma política pública estadual baseada no uso de SAF's para recomposição de Reserva Legal e APP's em áreas já alteradas visando a regularização ambiental dos pequenos proprietários e posseiros de imóveis rurais na modalidade de pequena propriedade ou posse rural familiar.

## 2.2 IMPACTOS DOS DIFERENTES USOS DA TERRA NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

A utilização de características químicas do solo para avaliar as mudanças ocorridas em função dos seus diferentes tipos de uso, já vem sendo utilizada há vários anos por diversos autores, de maneira a apontar qual a melhor maneira de utilização do solo, sem que ocorram maiores impactos na natureza.

Na Amazônia, alguns projetos decorrentes da implantação de sistemas agroflorestais foram concebidos visando compreender as alterações ocorridas no sistema ao longo do tempo. Como exemplo, o Projeto Dendê, em Tomé-Açu no Pará, visa avaliar a produção de dendezeiros em SAF's comparando a mesma cultura em sistemas de monocultivos.

Neste projeto, Kato et al., 2009 implantaram SAF's através de preparo do solo que baseia-se em princípios de cultivo mínimo e plantio direto, identificando através da análise foliar da cultura principal (dendezeiro), que os teores de nutrientes (Ca, N e P) estão na faixa do satisfatório, sendo o K o elemento mais deficiente, necessitando para este elemento maior atenção quanto a adubação da cultura.



Bayer e Mielniczuk (1997) em pesquisas avaliando métodos de preparo e sistemas de culturas, concluíram que a utilização de sistemas de manejo do solo sem revolvimento, combinado com adição de resíduos culturais promoveu melhorias na condição química do solo, indicando a sua viabilidade na recuperação de solos degradados.

Avaliando as alterações ocorridas na fertilidade do solo em função da mudança da cobertura vegetal e de manejo na Amazônia Ocidental, Moreira e Malavolta (2004), indentificaram que a mudança da cobertura vegetal e o tipo de manejo utilizado resultaram em aumentos significativos do pH, P, K, Ca, Mg e da densidade do solo e diminuição da concentração do Al trocável. Apesar desse aumento na fertilidade, os três ecossistemas avaliados, apresentaram baixos teores de nutrientes.

Segundo Fernandes (1999) esse aumento significativo na fertilidade é decorrente, principalmente, da prática da queima na abertura das áreas para o plantio.

De maneira geral as pesquisas apontam aumento no teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e a CTC do solo na camada mais superficial para os sistemas que tenham a característica de menor revolvimento do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997; SOUZA; ALVES, 2003; OLIVEIRA et al., 2004).

Segundo Almeida et al. (2005) a dinâmica do Ca e do Mg é mais variável nos sistemas de manejo do solo onde ocorre maior revolvimento do solo, rotação alternadas de culturas, ao passo que em sistema de cultivos mínimos e em sistemas agroflorestais ocorrem menores variações em seus respectivos teores no solo, devido as características intrínseca na mobilidade de cada elemento no solo.

Avaliando o Ca e Mg em culturas anuais, Souza e Alves (2003) concluíram que os maiores teores destes estavam relacionados a adição de calcário, e em menor relevância a ciclagem, via decomposição de resíduos orgânicos que proporciona o aumento da CTC efetiva do solo, capaz de reter mais cátions nessa camada contrastando com a dinâmica destes mesmos nutrientes em sistemas agroflorestais, onde o maior aporte de nutrientes vem da reciclagem de nutrientes através decomposição dos resíduos orgânicos em função de haver maior quantidade e diversidade de material orgânico apto a interagir com o sistema solo-planta.

O fósforo devido a sua baixa mobilidade se concentra em sua maioria nas camadas mais superficiais do solo (CENTURION et al., 1985; RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2001). No sistema de uso da terra que favorece a manutenção de cobertura do solo por meio da deposição de resíduos vegetais sobre a superfície; a ciclagem do P e seu desdobramento assumem diferença relevante quanto ao seu comportamento (RIERSON et al., 2004).

Nas regiões tropicais, onde o processo de intemperismo-lixiviação é intenso, os teores de fósforo disponíveis para as plantas, no reservatório de P, são muito importantes. Em sistemas menos perturbados, a fração inorgânica lábil de P é pequena e as plantas utilizam o fósforo oriundo do processo de mineralização dos resíduos de plantas e animais pelos microrganismos (TOKURA, 2002).

Em estudo comparando os teores de fósforo em diferentes sistemas de cultivo Rheinheimer e Anghinoni (2001) observaram maior acúmulo de P nas camadas superficiais no sistema agroflorestal, isso pelas menores perdas por erosão e reciclagem proporcionada pelas plantas, que absorvem o P disponível das camadas mais profundas, deixando-o na superfície após decomposição dos seus resíduos, concluindo que maiores teores deste elemento em LATOSSOLOS se dá em função da riqueza do seu substrato de origem (basalto), em comparação com solos de origem mais pobres.

O fosforo - P é considerado como um dos nutrientes limitantes ao crescimento, desenvolvimento das plantas e produção de biomassa nos solos tropicais. Sua importância cresce pela baixa disponibilização desse elemento pelo material de origem e pela pouca mobilidade desse nutriente nos solos, o que resulta na sua adsorção aos coloides tornando indisponível para as plantas (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A disponibilidade do P, assim como de outros elementos nutrientes essenciais às plantas e aos organismos é reduzida com o manejo inadequado do solo. Repetidas queimadas e o menor tempo de pousio representam uma contínua perda de nutrientes minerais, maior exposição do solo, retirada da serapilheira e o aumento da mineralização orgânica (TRINDADE et al., 2011).

De acordo Prado e Natale (2003) independente dos sistemas de uso da terra, maiores valores de pH do solo serão observados quando o sistema envolve culturas anuais, quando comparado com mata, campo nativo ou SAF's em função da adição de calcário ao solo e portanto, não é um parâmetro de comparação qualitativo

confiável para inferir qual sistema de uso da terra proporciona melhor condição química para produção.

### 2.2.1 Indicadores de sustentabilidade dos agroecossistemas

A sustentabilidade dos agroecossistemas depende diretamente das boas condições (físicas, químicas e biológicas do solo) e de suas conseqüentes inter-relações que exercem no sistema solo-planta. (BAYER; MIELNICZUK, 1999; VEZZANI, 2009). Estudos apontaram que existe esta estreita relação entre sustentabilidade agrícola e manejo adequado do solo foram apontados por (LARSON e PIERCE, 1994).

Em função do crescente aumento de áreas degradadas, principalmente por sistemas de uso da terra inadequadas e agroquímicos, estes autores provocaram a comunidade científica a buscar sistemas de manejo capazes de conciliar produção agrícola com conservação ambiental e sustentabilidade do sistema ao longo do tempo. Surgindo assim vários trabalhos científicos da área de ciência do solo com enfoque especial a sustentabilidade na qual começaram a surgir os conceitos de qualidade do solo (KARLEN et al., 1997; GLIESSMAN, 2009).

Doran e Parkin (1994); Larson e Pierce (1994) propuseram os indicadores de qualidade do solo para avaliação dos agroecossistemas, estes deveriam ser fáceis de mensurar e que deveriam ter correlação direta com a qualidade de determinada característica do solo (física, química ou biológica) e sua influência na cultura. Sendo que interpretar e correlacionar com o manejo não tem sido fácil, dado o caráter regional e o difícil estabelecimento de parâmetros para comparações.

A escolha de determinados indicadores pode ser adequada a locais específicos, mas sua transferência para outros locais está condicionada as características físicas, químicas e biológicas similares (LIEBIG; DORAN, 1999). Neste sentido, o indicador físico infiltração de água no solo, por exemplo, não seria indicado para solos encharcados, e sim para outras áreas agrícolas.

A adoção de um sistema de uso agrícola totalmente extrativista na qual grande parte da maioria dos pequenos e médios produtores rurais amazônicos utiliza o denominado itinerante ou migratório vem sendo aplicado no bioma Amazônia desde a época da colonização, ou seja, o agricultor desmata, queima, cultiva por um período de dois anos e a área é então deixada em repouso para a

recuperação de sua capacidade produtiva. O corte seguido de queima resulta na quebra dos ciclos biogeoquímicos com perda e liberação de nutrientes antes imobilizados na biomassa florestal e emissão de partículas e gases para a atmosfera (BONILLA, 2005).

E em função da maior demanda por áreas de produção agrícola, atualmente o tempo de pousio das áreas desmatadas diminuiu de maneira drástica, tornando-o assim, insuficiente para que ocorra o processo de sucessão e recomposição da vegetação e a fertilidade do solo. (ARAÚJO FILHO; BARBOSA, 2000).

De acordo com Perez et al. (2004) afirmam que o uso da terra de forma exploratória, também afeta negativamente a qualidade de vida da população. Uma vez que novas tecnologias e alternativas de uso dos recursos não são desenvolvidas ou implementadas ou não são do conhecimento dos agricultores, estes são forçados a usar a terra além de sua capacidade limite.

A utilização inadequada do solo ocasiona a degradação das características indicadoras de qualidade do solo (físicas, químicas e biológicas) tais como, a desestruturação e compactação, perdas de solo e nutrientes através da erosão e lixiviação, redução da fertilidade, oxidação acelerada da matéria orgânica, perdas de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e dos reservatórios de nutrientes associados a matéria orgânica e a diminuição da quantidade e diversidade de organismos do solo (LEITE et al., 2010; SÁ et al., 2010).

Isso irá refletir na redução da qualidade do solo e a interrupção da continuidade dos seus processos biológicos, que são responsáveis pela ciclagem e mineralização dos nutrientes orgânicos para a nutrição das plantas, proporcionando uma queda acentuada na produção vegetal (LIMA et al., 2011).

No Brasil, um número significativo de trabalhos têm avaliado a sustentabilidade dos agroecossistemas tendo como referência o aporte químico relacionado à quantidade e qualidade da matéria orgânica que o sistema avaliado é capaz de produzir e reciclar (ALMEIDA et al., 2002; FERREIRA et al., 2007; SANCHES et al., 2009), para os atributos físicos (CHIODEROLI et al., 2012; FREITAS et al., 2012), químicos (FRAZÃO et al., 2008; LIMA et al., 2011; IWATA et al., 2012) , e biológicos do solo (SILVA et al., 2002; CARDOSO et al., 2009; LISBOA et al., 2012), ou a interação entre esses atributos (ARAÚJO et al., 2007; CARNEIRO et al., 2009).

### 2.2.2 Indicadores químicos de sustentabilidade

Os atributos químicos do solo refletem de forma mais direta o efeito causado pelo manejo adotado. Além de permitir de forma imediata uma melhor compreensão na dinâmica dos elementos químicos essenciais para as plantas e organismos do solo (SOUSA NETO, 2013).

Segundo Lourente et al. (2011) a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo ocasiona enormes alterações nos atributos químicos do solo, já no primeiro ano de implantação. A adoção de práticas conservacionistas, também tem efeito positivo sobre o teor, quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, refletindo assim de forma direta e indireta sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo (FRAZÃO et al., 2008).

Os atributos de ordem química influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas e, devido às suas interações, dinâmica e características intrínsecas são difíceis de classificá-los ou separá-los. De maneira geral, os atributos químicos são agrupados em variáveis relacionadas com o conteúdo da matéria orgânica do solo (MOS), acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação por base e por alumínio (ARAÚJO et al., 2012).

De acordo com Meurer (2007) o pH é uma variável química que expressa o poder de reação do solo e, portanto, tem relação direta o crescimento das plantas. Suas principais interferências são na disponibilidade de elementos essenciais à nutrição dos vegetais, interfere na solubilidade de elementos que podem ter efeito tóxico sobre as plantas; na atividade dos macro e microrganismos do solo e nas reações de sorção, dessorção e precipitação do solo.

Os autores Faria et al. (2010) relataram que após a queima da matéria orgânica morta o pH aumenta em decorrência das cinzas, que promove aumento transitório das condições de fertilidade do solo, pois o pH mais elevado beneficia troca de cátions e aumenta os teores de P, K e Mg no complexo sortivo do solo concluindo assim que a percentagem de matéria orgânica no solo é um indicador de qualidade de solo essencial para inferir na sustentabilidade do sistema.

Pesquisas realizadas por Amaral et al. (2004) analisando aporte de nutrientes em sistemas agroflorestais, plantio direto e cultivo convencional concluíram que os sistemas de uso da terra na qual a quantidade e diversidade de serapilheira foram

maiores, a deposição de resíduos vegetais promoveu a elevação do pH do solo na camada superficial, complexando íons hidrogênio (H) e alumínio (Al) por cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e outros compostos presentes no resíduo vegetal, aumentando assim a saturação por bases. Em contrapartida, redução de matéria orgânica no solo está associada com a diminuição do pH ou da capacidade de neutralizar ácidos, perda das reservas de nutrientes minerais e menor capacidade de troca catiônica e, conseqüentemente, com a menor capacidade de reter cátions arrastados pela lixiviação (HELYAR, 2003).

De maneira geral a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, como o N, K, Ca, Mg e S, por efeito direto ou indireto, apresentam maior predisposição as plantas em faixa de pH de 6,0 a 6,5. (MELLO et al., 1984)

O fósforo, como na maioria dos solos do Brasil, é pouco disponível em ambiente muito ácido decorrente da afinidade que esse nutriente tem com a fração mineral do solo, no caso, os óxidos de ferro, muito comum nos solos brasileiros, formando complexos de esfera interna de baixa labilidade. Nessas condições, associada à baixa mobilidade do fósforo, a nutrição das plantas com esse elemento se dará, principalmente, pela decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo nas camadas mais superficiais do solo (VALE JÚNIOR et al., 2011).

Os micronutrientes de carga positiva aumentam sua disponibilidade com a redução do pH. Pois, com a alcalinidade da reação do solo, implica em incrementos de cargas negativas na superfície coloidal das argilas silicatadas, dominadas por óxidos de ferro e alumínio com conseqüente redução na disponibilidade dos cátions por adsorção desses elementos na superfície dos colóides (LEITE et al., 2010).

A faixa de pH de 5,5 a 6,5 é a mais favorável ao crescimento das plantas, pois, possibilita melhor equilíbrio na disponibilidade dos nutrientes essenciais no desenvolvimento dos vegetais. No entanto, em valores de pH abaixo de 5,5 podem ocorrer danos ao crescimento das plantas em razão da elevada concentração de elementos potencialmente tóxicos, como o Al e Mn (FOY, 1974).

Nos solos tropicais, o principal elemento que tem efeito fitotóxico nas plantas é o Al na forma de cátion trivalente hidratado (Al). Esse elemento atua no sistema radicular das plantas causando alterações morfológicas e no crescimento das raízes que, como efeito, resulta na diminuição do potencial de absorção de água e nutrientes. A tolerância das plantas ao Al na solução do solo varia entre espécies e

dentro da mesma espécie de acordo com o genótipo, no entanto, o principal mecanismo natural de tolerância reside na sua complexação pela MOS (FOY, 1974).

A capacidade de troca de catiônica - CTC do solo representa a quantidade total de cátions que podem ser retidos na superfície das argilas, de húmus ou de outros materiais com a capacidade de troca desses elementos. Portanto, representa a capacidade de maior ou menor potencial de liberação de nutrientes para as plantas, dando o indicativo de maior fertilidade, no caso da presença de cátions essenciais ao desenvolvimento dos vegetais (LIMA et al., 2011).

Estudando solos da região amazônica, na qual caracteriza a maior parte da região norte brasileira, Silva e Mendonça (2007) concluíram que a matéria orgânica é o atributo que oferece geralmente a maior contribuição nos valores da CTC total.

De acordo com os mesmos autores a CTC é um indicador de qualidade do solo importante, pois relaciona-se diretamente com as reservas de nutrientes que, potencialmente, podem ser absorvidos pelas plantas. Além de representar, as reações de adsorção que ocorrem na superfície coloidal na qual protegem os nutrientes da lixiviação no perfil do solo.

A saturação por bases (V) é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, pois, representa a participação das bases trocáveis Ca, Mg, K, Na e NH no complexo sortivo do solo. Em sistema de uso da terra, onde a manutenção da cobertura vegetal na superfície do solo é priorizada, favorece a elevação na disponibilidade de Ca, Mg, em consequência da decomposição dos resíduos. Portanto, em sistemas mais conservacionistas onde não acontece o revolvimento do solo, verifica-se a manutenção da fertilidade do solo e proteção dos agentes erosivos além de proporcionar incrementos na disponibilidade de nutrientes para as plantas (PAVINATO et al., 2009).

Muito embora este parâmetro não expresse a quantidade de nutriente prontamente disponível para as plantas, a saturação por bases (V) é um bom indicador de qualidade do solo. Solos com valor de até 50% de saturação por bases são considerados distróficos e, portanto, de menor potencial agrônomico. Valores acima de 50% indicam solos eutróficos e considerados de boa fertilidade (EMBRAPA, 2006).

Quanto à ação da matéria orgânica como indicador de sustentabilidade em sistemas de uso da terra é um importante indicativo da qualidade química do solo, este atributo é responsável por até 70% da CTC. Ao promover o aumento da CTC, a

MOS beneficia a adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg, K) mediante trocas com o H dos grupos funcionais orgânicos, evitando que sejam lixiviados e provendo as plantas de nutrientes, através da sua oferta na solução do solo (VEZZANI, 2009).

O aumento da CTC e a disponibilidade de nutrientes em solos arenosos são principalmente em função da matéria orgânica resultante da manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo (FRAZÃO et al., 2008).

A MOS também contribui enormemente com a capacidade de tamponamento da solução no solo. Assim sendo, o poder tampão do solo é diretamente proporcional ao teor de MOS, ou seja, quanto maior o teor da MOS, maior será a resistência do solo à mudança de pH.

Além da importância da matéria orgânica para manutenção da condição física e química do solo, também deve ser ressaltada a importância deste como indicador da qualidade biológica do solo. A diminuição do teor de MOS causa o declínio da atividade microbiana, acarretando consequências negativas na mineralização e decomposição dos resíduos orgânicos. A interação de microrganismos com as partículas minerais tem influência marcante no desenvolvimento da estrutura do solo favorecendo a estabilidade de agregados sendo a presença da matéria orgânica indispensável à sequência desse processo. Portanto torna-se necessário se investir em sistemas de manejo que possibilitem à manutenção ou até mesmo o incremento da MOS (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Em sistemas agrícolas onde possuem cultivo de espécies diferentes no espaço e no tempo potencializam e beneficiam sistema solo-planta, habilitando o solo a exercer suas funções na natureza e, assim, atingir qualidade (VEZZANI, 2009).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Amazônia Sul-Occidental, nos limites entre os Estados do Acre e de Rondônia, com as áreas situadas em propriedades rurais no Distrito de Nova Califórnia-RO (município de Porto Velho). As áreas tem como rede viária principal a Rodovia Federal BR 364.

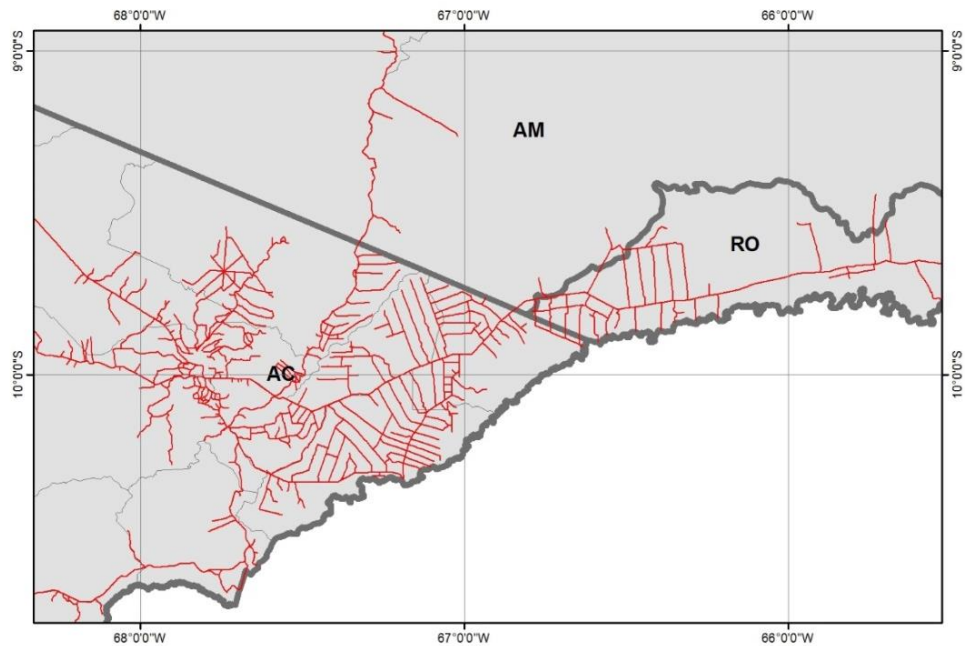


Figura 1- Região de inserção das áreas, Amazônia Sul-Occidental, Brasil.

Nesta região o clima predominante segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, equatorial quente e úmido, caracterizado por altas temperaturas (com temperatura média anual do ar em torno de 25 °C) e elevados índices de precipitação pluviométrica anual variando entre 1.400 a 2.500 mm, com estação seca bem acentuada nos meses de junho, julho e agosto. (SEDAM, 2012).

Todas as áreas tiveram os sistemas agroflorestais implantados há mais de dezenove anos, período em que ocorreu uma caracterização inicial com georreferenciamento das mesmas e primeiras coletas de solo (coleta em 1999), o que permitiu o retorno nos mesmos locais de estudo para uma segunda amostragem (coleta em 2014). A seguir cada área é detalhada (Figura 2):

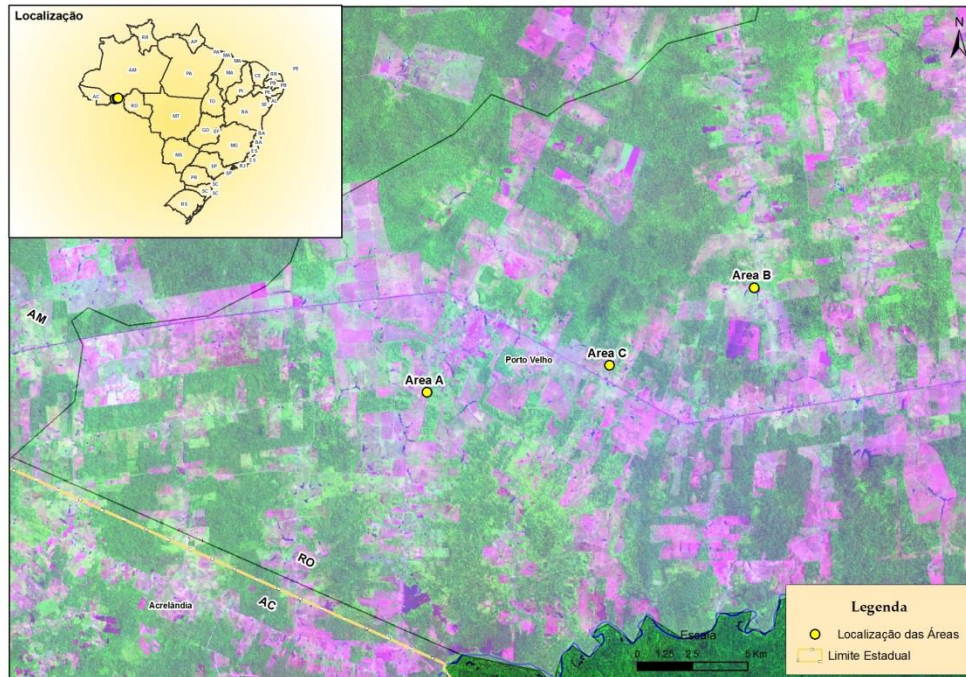


Figura 2 - Localização das áreas de amostragem na Amazônia Sul-Occidental, Brasil.

Área A: Sistema Agroflorestal avaliado aos quatro anos (coleta em 1999) e aos 19 anos (coleta em 2014) - (SAF 4 e 19 anos):

A área de estudo situa-se no Ramal Pioneiro, km 04, no Distrito de Nova Califórnia-RO, pertencente ao município de Porto Velho-RO, com solo classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrófico argissólico, textura argilosa no horizonte A, a muito argilosa no horizonte B; epieutrófico com presença de concreções lateríticas; A fraco, relevo plano, altitude de 192 m e coordenadas UTM (DATUM SAD 69 Zona 19L)  $x= 759.413$  e  $y= 8.917.254$  possuindo um total de 17 hectares de SAF's, o que representa 14,5% do total da propriedade, sendo esta área componente da sua reserva legal. Nesta área, o SAF foi implantado no ano de 1995 com o arranjo demonstrado na Figura 3, sendo na linha principal a presença de Castanheira (*Bertholletia excelsa*) intercalada com cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e nas entrelinhas, uma linha de pupunheira (*Bactris gasipaes*) pura e outra de pupunheira com cupuaçuzeiro. O espaçamento foi de 14 x 12 m para as castanheiras, 7 x 4 m para as Pupunheiras e 14 x 8 m para os Cupuaçuzeiros (Figura 3). Foi realizada adubação orgânica de 10 a 12 baldes/planta na época da implantação, sendo o SAF's conduzido até a presente data sem colheita rigorosa, permanecendo no solo do sistema a maior parte da produção. Ocorre acesso de

gado desde o ano de 2000 mesmo sem espécie forrageira implantada, bem como houve introdução de novas espécies madeireiras como a Teca (*Tectona grandis*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Copaíba (*Copaífera sp.*), Cumaru Cetim (*Apuleia moralis*) e Ipê (*Tabebuia sp.*). Atualmente o sistema não é a principal fonte de renda do proprietário, pois investiu em gado leiteiro.

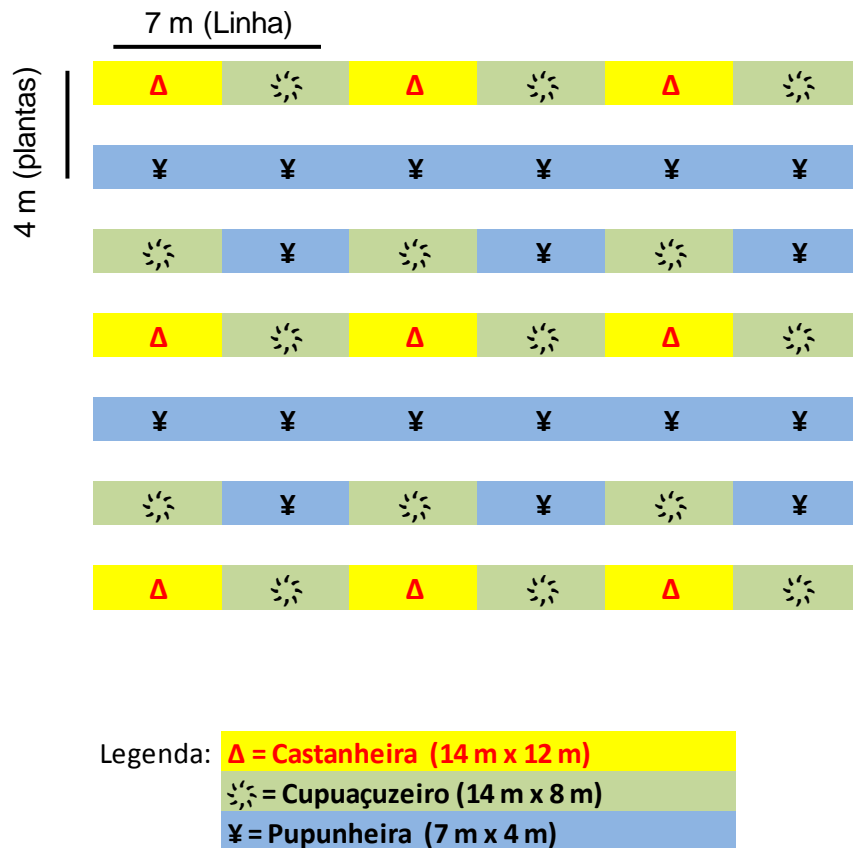


Figura 3 - Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área A.

Área B: Sistema Agroflorestal avaliado aos sete anos (coleta em 1999) e aos 22 anos (coleta em 2014) - (SAF 7 e 22 anos):

A área de estudo situa-se no Ramal Linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia-RO, pertencente ao município de Porto Velho-RO, com solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico latossólico, textura média a argilosa, relevo local plano a suave ondulado, altitude de 152 m e coordenadas UTM (DATUM SAD 69 Zona 19L) x= 774.238 e y= 8.921.988 possuindo um total de 14 hectares de SAF's, o que representa 14% do total da propriedade, sendo esta área componente da sua reserva legal. Nesta área, o sistema agroflorestal foi implantado no ano de 1992 com o arranjo demonstrado na Figura 4, sendo na linha principal a presença de Castanheira (*Bertholletia excelsa*) intercalada com cupuaçuzeiro

(*Theobroma grandiflorum*) e na entrelinha, uma linha de pupunheira (*Bactris gasipaes*) com cupuaçuzeiro. O espaçamento foi de 14 x 8 m para todas as culturas (Figura 4). Foram utilizadas calagem e adubação foliar no ano de 1998, sendo o sistema agroflorestal conduzido até a presente data com colheita habitual constante, exceto colheita dos frutos da Pupunheira devido à altura das árvores. Foram introduzidas ao sistema novas espécies florestais como Cedro (*Cedrela odorata*), Andiroba (*Carapa guianensis*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Copaíba (*Copaífera sp.*), Cumarú Cetim (*Apuleia moralis*), Ipê (*Tabebuia sp.*) e Paricá (*Schizolobium amazonicum*) sem espaçamento planejado a partir do ano de 2010. Atualmente o Sistema agroflorestal é uma das principais fontes de renda do proprietário.

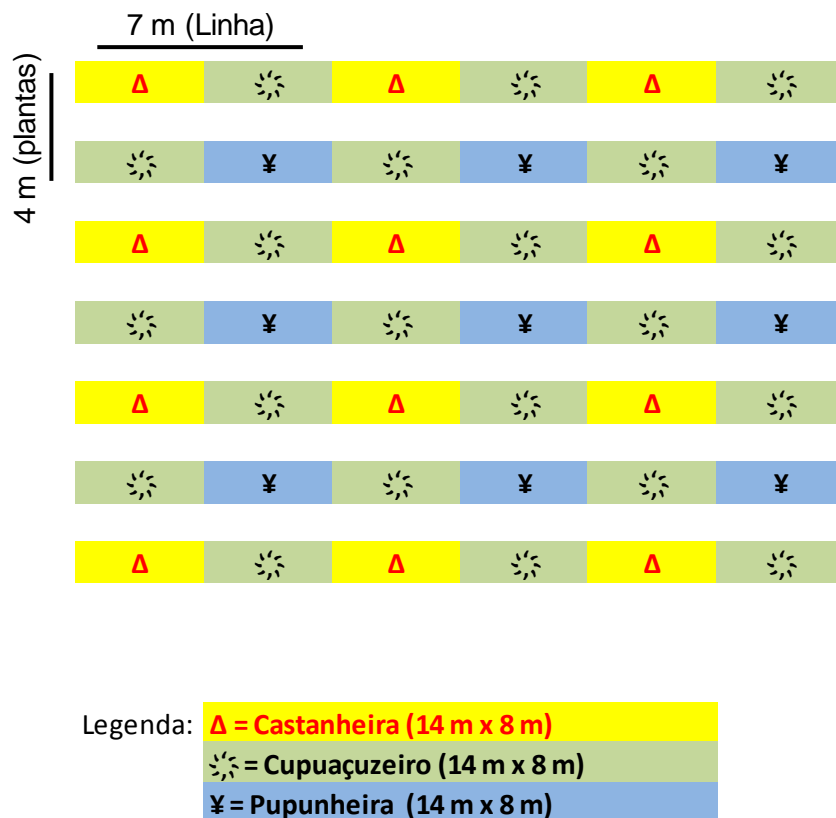


Figura 4 - Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área B.

Área C: Sistema Agroflorestal avaliado aos seis anos (coleta em 1999) e aos 21 anos (coleta em 2014) - (SAF 6 e 21 anos):

A área de estudo situa-se na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia-RO, pertencente ao município de Porto Velho-RO, com solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico, textura muito argilosa, área

pequena localizada no topo da paisagem, relevo local plano em relevo regional suave ondulado a ondulado, altitude de 188 m e coordenadas UTM (DATUM SAD 69 zona 19L)  $x= 767.683$  e  $y= 8.918.470$  possuindo um total de 3 hectares de SAF's, o que representa 3% do total da propriedade, sendo esta área componente da sua reserva legal. Nesta área, o sistema agroflorestal foi implantado no ano de 1993 com o arranjo demonstrado na Figura 5, sendo na linha principal a presença de Castanheira (*Bertholletia excelsa*) intercalada com cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e nas entrelinhas, uma linha de pupunheira (*Bactris gasipaes*) com cupuaçuzeiro e outra de cupuaçuzeiro puro. O espaçamento foi de 16 x 12 m para as castanheiras, 4 x 8 m para os Cupuaçuzeiros e 16 x 8 m para as Pupunheiras (Figura 5). Foi utilizado adubo orgânico (sem dosagem especificada) no ano de implantação, sendo o sistema agroflorestal conduzido até a presente data com colheita habitual constante, exceto colheita dos frutos da Pupunheira devido à altura das árvores. Atualmente o Sistema agroflorestal é uma das principais fontes de renda do proprietário.

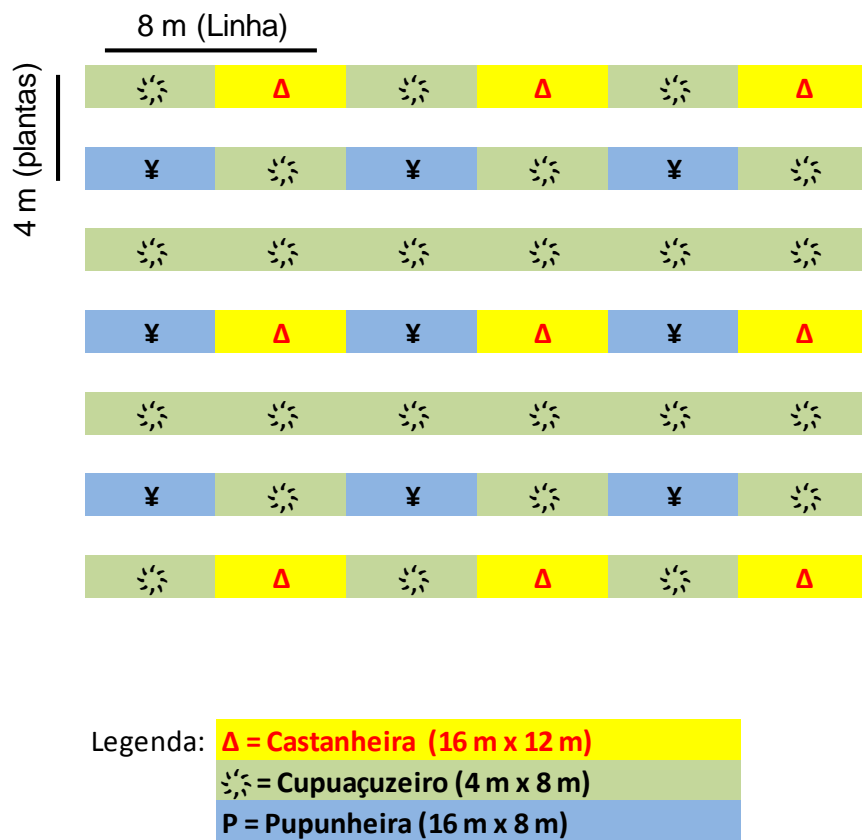


Figura 5 - Croqui com arranjo de implantação do sistema agroflorestal da área C.

### 3.1 DESCRIÇÃO DA COLETA DE DADOS NAS ÁREAS DOS SAF's

As coletas de solo foram realizadas nos meses de maio a junho de 2014, sendo que para cada área, foram obtidas informações do histórico de uso com os proprietários atuais e antigos e coletadas amostras de solo.

Considerando o ponto georreferenciado como o centro e um círculo com 100 m de diâmetro, foram abertas trincheiras para serem coletadas amostras de solo, em camadas nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 cm para análise de fertilidade, distribuídas nos eixos do cruzamento com os pontos cardeais (N, S, L, O), seguindo metodologia descrita por Amaral et al. (2001) (Figura 6). Cada ponto de coleta foi considerado um bloco e georreferenciado com GPS Garmim MAP 76CSx.

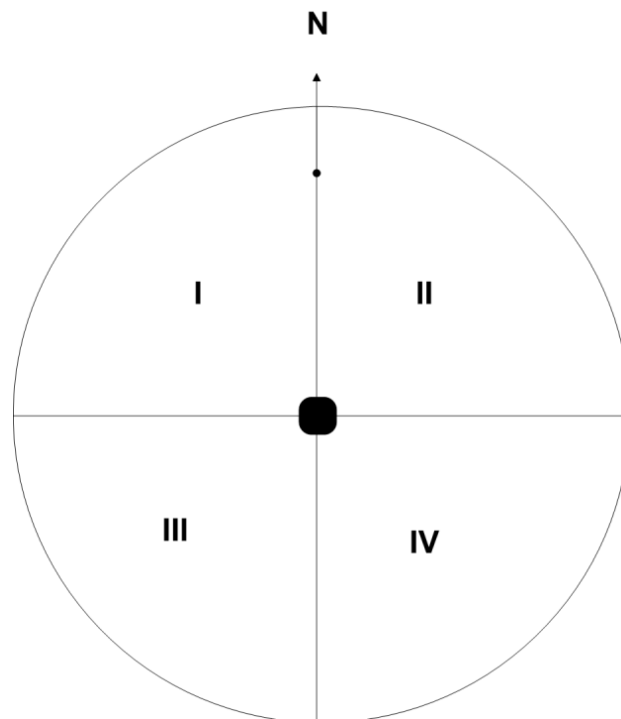


Figura 6 - Esquema de coletas georreferenciadas I, II, III e IV (pontos de amostragem).

Após as coletas as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Acre onde se procedeu às análises.

### 3.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

Nas análises químicas, foram analisados o pH (água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> - 1:2,5), o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e

quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. O potássio e sódio trocáveis foram extraídos com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por fotometria de chama. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> ajustada a pH 7,0, sendo determinada por titulação com solução de NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. O fósforo disponível foi extraído com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> (Mehlich 1) e determinado por colorimetria (DEFELLIPO; RIBEIRO, 1997). O carbono orgânico total foi determinado por meio do processo de oxidação da matéria orgânica, por via úmida, com dicromato de potássio 0,1667 mol L<sup>-1</sup> sem aquecimento (WALKLEY; BLACK, 1934). A titulação foi realizada com sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol.L<sup>-1</sup> (DEFELLIPO; RIBEIRO, 1997).

Para cada repetição também foram estimados a soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado separadamente para cada área foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, com os dois tempos (primeira coleta e segunda coleta) nas parcelas e as três profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm) nas subparcelas, totalizando seis tratamentos. O modelo estatístico que descreveu as observações do experimento sobre as diferentes épocas de avaliação dos sistemas agroflorestais, em diferentes profundidades, foi o que segue:

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + b_j + t_{bij} + p_k + t_{pik} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  é o efeito dos períodos de avaliação  $i$ , nas profundidades  $k$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$  é uma constante;

$t_i$  é o efeito dos períodos de avaliação  $i$ ,  $i = 1, 2$ ;

$b_j$  é o efeito do bloco  $j$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$ ;

$t_{bij}$  é o erro (a), da interação dos períodos de avaliação  $i$  com os blocos  $j$ ;

$p_k$  é o efeito das profundidades  $k$ ,  $k = 1, 2, 3$ ;

$t_{pik}$  é o efeito da interação dos períodos de avaliação  $i$  com as profundidades  $k$ ;

$e_{ijk}$  é o erro experimental (b).

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises foram realizadas para cada área isoladamente, não havendo comparação de resultados entre elas, havendo somente a comparação de resultados das análises químicas de solos provenientes das coletas realizadas em 1999 (primeira análise) e 2014 (segunda análise) dentro da mesma área, o que corresponde a um tempo de uso de quinze anos.

Os dados foram submetidos à análise estatística, onde primeiramente foram verificados os pressupostos da análise de variância, sendo a normalidade dos resíduos verificadas pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1937). As variáveis que necessitaram de transformação para atender aos pressupostos da análise de variância em duas das três áreas foram: área A, H+Al ( $\sqrt{x}$ ), C. O. ( $\sqrt{x}$ ), V% ( $\cos x + 1$ ), K ( $\sqrt{x/x}$ ) e área C, H+Al ( $\sqrt{x/x}$ ). Posteriormente efetuou-se a análise de variância dos dados originais e/ou transformados e verificados pelo teste F a existência ou não de diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Para as variáveis que apresentaram diferença significativa com relação ao tempo (antes e depois), profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm) e sua interação, foi aplicado o teste de Tukey (1949) ao nível de 5% de probabilidade. Quando ocorreu interação entre a profundidade e o tempo, para as variáveis analisadas, foram analisados apenas para este quesito, uma vez que a interação indica que as diferenças nas profundidades ocorreram em função do tempo. Para o processamento dos dados foram utilizados os programas Excel e Assistat 7.7 (SILVA, 2013).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito do tempo de uso da terra com sistemas agroflorestais provocou mudanças significativas somente para alguns teores de nutrientes e índices analisados. De maneira geral, para todas as áreas, o efeito do tempo proporcionou resultados superiores ( $p < 0,05$ ) quando comparadas aos resultados advindos da primeira análise do solo (1999) em relação à segunda análise do solo (2014).

Quanto às avaliações das profundidades de amostragem (0-20, 20-40 e 40-60 cm), constatou-se que as médias nos teores e índices químicos avaliados diferiram para a maioria dos nutrientes estudados, sendo que os maiores teores são encontrados na camada superficial, decrescendo em profundidade.

### 4.1 ÁREA A: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS QUATRO ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 19 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 4 E 19 ANOS).

Os resultados das análises químicas dos atributos de fertilidade do solo estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que não houve diferenças estatísticas para a maioria das variáveis analisadas na comparação do SAF aos quatro anos (SAF 4 anos) com o mesmo SAF aos 19 anos (SAF 19 anos), indicando que o efeito do uso do SAF ao longo do tempo não provocou mudanças significativas ( $p > 0,05$ ) nas condições químicas do solo para as profundidades avaliadas, provavelmente devido ao acúmulo e decomposição dos frutos (produção) ao solo pela falta de colheita rigorosa no sistema.

Tabela 1 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	Ca	Mg	K	SB	H+Al	CTC	V	C.O	P	pH
Tratamentos	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O
SAF 4 anos	1,52a	0,47a	0,25a	2,25a	4,70a	7,00a	30,00a	1,29a	0,92a	5,20a
SAF 19 anos	1,63a	0,55a	0,12a	2,30a	3,43a	5,76a	34,00a	0,96a	0,64b	5,05a

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al, CO e por  $\sqrt{x}$ ; e V% por  $\cos x+1$ . Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES A e B.

Resultados semelhantes foram encontrados por Luizão et al. (2009) que ao avaliarem o regime de nutrientes no solo em sistemas agroflorestais na Amazônia Sul-Occidental, relataram que a exportação de nutrientes via produção é a principal causa da diminuição de nutrientes no solo destes sistemas. Já Fernandes et al. (1997) nesta mesma linha de pesquisa na Amazônia brasileira mencionam que a seleção de espécies e o planejamento do manejo conseguem produzir um regime de nutrientes adequado para manter ou melhorar a fertilidade do solo.

De maneira geral verificou se que teores de P diminuíram com o tempo, indicando haver um desequilíbrio entre a exportação de nutrientes causadas pela colheita dos frutos e a capacidade de sustentabilidade do sistema.

De acordo com os dados apresentados, a diminuição do teor deste nutriente também pode estar associada ao arranjo do SAF, por não ser suficientemente denso e com pouca diversidade de espécies que são essenciais para a ciclagem de nutrientes.

Portanto, existe a necessidade de complementar com fontes adicionais de matéria orgânica tais como cultivos de cobertura como, por exemplo, leguminosas ou mesmo fertilizantes para suprir a matéria orgânica do solo e equilibrar a ciclagem de nutrientes e assim permitir a ciclagem inicial e adequada, essencial para o desenvolvimento ótimo do cultivo e sustentabilidade do sistema agroflorestral em questão conforme relata Lima (2008).

Conforme estudos apontados por Campanha e Santos (2007) no qual os autores fizeram análise comparativa das características entre sistema agroflorestral cultivado com café e em monocultura, estes reforçam a hipótese de que SAF's com arranjos mais complexos com a presença de componente arbóreo promovem maior deposição de material vegetal (raízes, galhos, folhas) que é mineralizado, influenciando assim, nas reações químicas no solo e por consequente contribuindo para a melhoria dos parâmetros de fertilidade do solo sob SAF com o tempo de uso.

O teor de P diferiu ( $p < 0,05$ ) tendo diminuição de 34 % quando comparado com o SAF 19 anos (Tabela 1). Este declínio de P no solo pode ser explicado pela diminuição no teor de matéria orgânica do solo nos SAF's avaliados, devido alta correlação que existe entre ambos, conforme preconiza Marin (2002) que de

15 a 80% do P do solo tem provável proveniência da matéria orgânica e Wadt et al. (2005) concluíram que a mesma está entre os mais importantes fatores que explicam o teor de fósforo no solo. Esse fator também pode ser explicado pela utilização desse nutriente para suprimento e manutenção da biomassa do SAF em questão.

Os teores de Ca, P e soma de bases (SB) diferiram estatisticamente em profundidade na qual, melhores teores e índices foram observados na camada superficial de 0-20 cm (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.

Profundidade (cm)	Ca	SB	P
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		mg dm <sup>-3</sup>
0-20	2,59 a	3,71 a	0,97 a
20-40	1,42 b	1,98 b	076 ab
40-60	0,71 b	1,13 b	0,61 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O fósforo também apresentou valores com tendência decrescente em relação à profundidade (Tabela 02), refletindo a baixa mobilidade desse nutriente no solo. Estes resultados confirmam estudos relatados por Buresh e Tian (1997) na qual concluem que embora as árvores em sistemas agroflorestais tenham a capacidade de suprir nitrogênio para as culturas, a capacidade das mesmas em relação ao suprimento de fósforo é menos intensa.

Com relação à análise da interação profundidade x tempo avaliada, observou-se que houve interação significativa somente para os atributos C.Org., Mg e CTC conforme se observa na Tabela 3.

Tabela 3 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados em sistema agroflorestal aos quatro anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (coleta 2014) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	C. Org		CTC		Mg	
	g kg <sup>-1</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
Profundidade (cm)	SAF 4 anos	SAF 19 anos	SAF 4 anos	SAF 19 anos	SAF 4 anos	SAF 19 anos
0-20	1,20 bA	2,26 aA	7,89 aA	8,36 aA	0,70 aA	1,14 aA
20-40	1,20 aA	1,09 aB	7,28 aAB	4,82 bB	0,52 aAB	0,23 aB
40-60	0,62 aB	0,78 aB	5,82 aB	4,11 bB	0,20 aB	0,27 aB

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES A e B.

Quanto à interação do C.Org. verificou-se que houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) somente para a profundidade 0-20 cm, influenciada provavelmente pelos arranjos mais complexos que o SAF 19 anos que se encontra com presença de componente arbóreo que promovem maior deposição de material vegetal (raízes, galhos, folhas) depositada no solo combinado com que é mineralizada, influenciando assim, nas reações químicas no solo e, por conseguinte, contribuindo para a melhoria dos parâmetros de fertilidade do solo sob SAF 19 anos nas camadas mais superficiais.

Quanto à comparação do SAF 4 anos entre as profundidades, verificou-se de maneira semelhante ao SAF 19 anos na qual os maiores teores de C.Org foram encontradas na camada 0-20 e 20-40 cm, que não diferiram ( $p > 0,05$ ) ao passo que a camada 40-60 cm obteve resultados ( $p < 0,05$ ) menores (Tabela 3).

Em relação à interação da CTC observou-se que para profundidade 0-20 cm a CTC não diferiu ( $p > 0,05$ ) para as duas épocas de coleta ao passo que para as profundidades de 20-40 e 40-60 cm os teores do SAF 4 anos foram estatisticamente melhores ( $p < 0,05$ ) que o SAF 19 anos. Resultados diferentes foram encontrados por McGrath et al. (2001), avaliando as alterações no solo em decorrência do uso de um sistema agroflorestal seis anos após o estabelecimento do SAF onde concluíram que as bases trocáveis foram maiores nas camadas superficiais do solo com o sistema agroflorestal mais estabilizado, resultando em um alto efeito na CTC.

Provavelmente este fato seja proveniente do efeito positivo da mineralização da matéria orgânica no solo, que auxilia no incremento da capacidade de troca catiônica (CTC) e soma de bases, causando assim, a maior liberação de cátions e ânions trocáveis que são adsorvidos pelos colóides do solo.

Em referência à análise da interação da profundidade x tempo (SAF 4 anos e SAF 19 anos) houve interação significativa para o Mg (Tabela 3) nas profundidades avaliadas no entanto, observa-se que para o SAF 4 anos as médias das profundidades de 0-20 e 20-40 cm foram estatisticamente iguais e tendo a profundidade de 40-60 cm menores teores. No entanto, com o passar do tempo, o teor de Mg foi superior na camada 0-20 aos 19 anos.

#### 4.2 ÁREA B: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS SETE ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 22 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 7 E 22 ANOS).

Os resultados da análise estatística dos atributos químicos avaliados estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que as médias nos teores de P, C.Org, índices de V% e pH não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre si. No entanto para bases trocáveis (Mg, Ca e K), as mesmas foram ( $p < 0,05$ ) diferentes onde os maiores teores foram encontrados no SAF aos sete anos.

Tabela 4 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	Ca	Mg	K	SB	H+Al	CTC	V	CO	P	pH
Tratamentos	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O
SAF 7 anos	0,59a	0,72a	0,08a	1,40a	7,19a	8,60a	15,89a	0,97a	1,18a	4,58a
SAF 22 anos	0,49b	0,20b	0,04b	0,74b	4,43b	5,18b	13,30a	0,87a	0,90a	4,56a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES C e D.

De maneira geral verificou se que os teores de Ca, Mg e K diminuíram com o tempo no SAF avaliado indicando haver exportação de nutrientes causadas pela colheita dos frutos e influenciando a capacidade de sustentabilidade do sistema. Estes resultados ratificam as afirmações de Oliveira et al. (2005) que citaram

estudos que comprovam uma drástica redução dos teores de cátions no solo possivelmente ocorrido pela exportação de nutrientes via produção em consórcios agroflorestais.

De maneira geral os atributos químicos (Ca, Mg, K, SB, H+Al e CTC) reduziram com o tempo de implantação dos SAF's discordando da maioria dos autores na qual relatam que este sistema promove melhorias significativas na disponibilidade de nutrientes no solo da área e enriquecimento das camadas superficiais do solo em nutrientes pelo constante aporte de biomassa e consequente disponibilização de nutrientes provenientes das camadas mais profundas do solo, (FAVERO, 2001; CARDOSO, 2003).

Os dados avaliados no SAF 7 anos e SAF 22 anos referentes aos teores do Ca, Mg e K no início da implantação (SAF aos 7 anos) apontam redução das bases trocáveis da ordem de 17% para o Ca, 72% para o Mg e de 50% para o K (Tabela 4) em comparação a avaliação feita no ano de 2014 quando o SAF's apresentava-se com 22 anos.

Os resultados para a soma de bases (SB) apresentados anteriormente na Tabela 4, apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as épocas avaliadas no SAF 7 anos e SAF 22 anos, indicando que houve a diminuição nos teores de Ca, Mg e K em função do tempo de implantação e, por conseguinte houve decréscimo nos valores de soma de bases (SB). Sendo que a diminuição nos valores da SB foi da ordem de 47% nas áreas avaliadas, indicando que a entrada de nutrientes via decomposição da matéria orgânica do solo não foi suficiente para atender às necessidades das plantas e manutenção da condição química do solo e que as perdas dos nutrientes pela exportação, lixiviação e imobilização através da biomassa verde podem estar promovendo o esgotamento do solo.

Resultados semelhantes foi registrado por Martins (2001) analisando a dinâmica de nutrientes na solução do solo em um sistema agroflorestal concluindo que o sistema avaliado não conseguiu manter ou melhorar a condição química do solo em função do tempo de implantação, recomendando então o enriquecimento do arranjo com espécies arbóreas e leguminosas combinado com adubação orgânica (incorporação dos restos de cultura no solo).

A diminuição nos teores das bases possivelmente pode ser explicada pela característica que o SAF tem de promover um ambiente mais equilibrado, levando a acreditar que provavelmente esses teores quando disponíveis no solo são

absorvidos pela vegetação, ficando estes nutrientes imobilizados temporariamente na biomassa viva do SAF aos 22 anos, à semelhança do que ocorre em ambiente de florestas primárias (BARRETO et al., 2006).

A manutenção das áreas com sistemas agroflorestais favoreceu a diminuição da acidez potencial (H+Al) devido ao efeito da matéria orgânica do solo na complexação do alumínio livre em solução.

As médias dos valores da CTC diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ), diminuindo os valores em comparação com os dados coletados na primeira avaliação (SAF 7 anos), sendo que esta diminuição foi da ordem de 40%. Os dados discordam dos expostos por McGrath et al. (2001), os quais avaliaram as alterações nos solos em sistemas agroflorestais com pupunheira e cupuaçuzeiro, com seis anos de idade e observaram que a CTC, Ca e Mg trocável e o pH foram maiores nos solos sob o SAF que em floresta adjacente e áreas com pastagem.

Os resultados obtidos demonstram claramente que o valor da (CTC), dentro de cada tratamento, diminuiu significativamente com a profundidade, como consequência da diminuição da matéria orgânica (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Profundidade (cm)	Ca	Mg	K	SB	CTC	CO	P
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
0-20	1,09 a	0,67 a	0,10 a	1,86 a	7,97 a	1,27 a	1,77 a
20-40	0,33 b	0,38 b	0,05 b	0,76 b	6,52 b	0,83 b	0,76 b
40-60	0,22 b	0,34 b	0,04 b	0,60 b	6,20 b	0,68 b	0,60 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores da CTC e do H+Al da camada 0-20 cm podem ser resultantes dos maiores teores de C.Org. observados nestes tratamentos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2007) comparando a CTC na camada 0-5 cm em áreas com pastagem, cerrado nativo e reflorestamento de Pinus com 20 anos, na qual este último ficou com os menores valores de CTC. Do mesmo modo em trabalho desenvolvido por Souza e Alves (2003) verificaram que áreas com pastagem e plantio de seringueira por mais de 16 anos não aumentou os valores de P, K, Ca e Mg em relação ao cerrado nativo. Corroborando assim a necessidade de adições externas de nutrientes para melhoria das características químicas do solo nestes sistemas.

Embora nos sistemas agroflorestais a ciclagem biogeoquímica contribua para aumentar a disponibilidade de vários nutrientes nas primeiras camadas dos solos, Oliveria et al., (2005) recomendam o retorno dos resíduos das colheitas dos frutos aos locais de cultivo como forma de reduzir a exportação de nutrientes que ocorrem em SAF's do tipo multiestratificados, pois nestes, a disponibilidade de nutrientes é comprometida através da remoção constante via colheitas, geralmente maiores que a entrada natural.

Considerando o alto custo dos fertilizantes minerais e as características dos solos da região que favorecem a lixiviação de nutrientes minerais, uma solução simples, recomendada aos agricultores desta região (mesma região objeto desta pesquisa), foi parar de queimar as cascas da fruta *T. Grandiflorum*, ricas em K e triturá-las para adicionar aos solos dos SAF's (LUIZÃO et al., 2009).

Quanto à análise da interação profundidade x tempo para o SAF 7 anos e SAF 22 anos somente houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) para os índices de pH e V% conforme se observa na Tabela 6. Quanto à análise da interação da saturação por bases (V%) as médias dos índices na comparação entre os tratamentos para a profundidade 0-20 cm foram estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ), ao passo que para as profundidades 20-40 e 40-60 cm as medias do SAF 7 anos foram estatisticamente superiores ( $p < 0,05$ ).

Em relação à análise da saturação de bases (V%) no SAF aos 22 anos, os índices foram superiores ( $p < 0,05$ ) na profundidade 0-20 cm não diferindo nas profundidades 20-40 e 40-60 cm para os dois tempos analisados (SAF 7 anos e SAF 22 anos).



Tabela 6 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados em sistema agroflorestal aos sete anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (coleta 2014) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	pH (H <sub>2</sub> O)		V (%)	
	SAF 7 anos	SAF 22 anos	SAF 7 anos	SAF 22 anos
Profundidade (cm)				
0-20	4,67 aA	4,52 aA	22,31 aA	25,06 aA
20-40	4,47 aB	4,55 aA	13,44 aB	8,61 bB
40-60	4,60 aA	4,61 aA	11,93 aB	6,24 bB

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES C e D.

Quanto a interação para o pH não houve diferença significativa para os tratamentos (SAF 7 anos e SAF 22 anos), porém observa-se que as medias entre as profundidades variaram tanto para o SAF 7 anos na qual o índices de pH foram estatisticamente iguais para as profundidades 0-20 e 40-60 cm ao passo que para o SAF 22 anos os índices nas profundidades avaliadas foram estatisticamente iguais e portanto, não variaram com a profundidade (Tabela 6).

E, portanto, para as duas avaliações (SAF 7 anos e SAF 22 anos) observou-se que houve a manutenção do pH em profundidade provavelmente proporcionado pela incorporação de matéria orgânica do solo (MOS) em profundidade feita pelos componentes arbóreos do arranjo do SAF avaliado. A MOS também tem grande participação na capacidade de tamponamento da solução no solo. Assim sendo, quanto maior o teor da MOS, maior será a resistência do solo à mudança de pH (SOUSA NETO, 2013).

Silva (2011) estudando sistemas agroflorestais submetidos a queima e não queima, no município de Bragança/PA, corrobora com os resultados obtidos nesta pesquisa, onde relata que não houve variação significativa do pH em profundidade. Da mesma forma, Vasconcelos (2010) obteve resultados semelhantes estudando os SAF's no município de Igarapé-açu/PA, com o pH variando de 4,8 a 5,28.

#### 4.3 ÁREA C: SISTEMA AGROFLORESTAL AVALIADO AOS SEIS ANOS (COLETA EM 1999) E AOS 21 ANOS (COLETA EM 2014) - (SAF 6 E 21 ANOS).

Os resultados da análise dos atributos químicos estão apresentados na Tabela 7. Somente o teor de P, e os índices de saturação de bases V% e pH não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na avaliação do SAF 6 anos quando em comparação com SAF 21 anos, as demais variáveis avaliadas apresentaram-se estatisticamente diferentes, sendo que os dados da análise do SAF 6 anos foram superiores ao do SAF 21 anos.

Tabela 7 - Atributos químicos de fertilidade do solo avaliados na profundidade de 0 a 60 cm em sistema agroflorestal aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	Ca	Mg	K	SB	H+Al	CTC	V	CO	P	pH
Tratamentos	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O
SAF6	2,40a	0,40a	0,08a	2,55a	7,97a	10,53a	22,22a	1,22a	1,33a	4,29a
SAF21	0,55b	0,16b	0,02b	0,74b	4,85b	5,60b	9,19a	0,95b	1,61a	4,21a

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al ( $\sqrt{x/x}$ ). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES E e F.

As bases trocáveis (Ca e Mg), diminuíram com o tempo no sistema agroflorestal avaliado (Tabela 7), indicando haver um desequilíbrio entre a exportação de nutrientes causadas pela colheita dos frutos e imobilização temporária na biomassa viva e a capacidade de sustentabilidade do sistema sendo que as reduções foram de 77% e 60% respectivamente, no período analisado.

Há de se considerar que neste estudo não se avaliou a produtividade do sistema no tempo, que provavelmente deve estar reduzindo em função da redução de disponibilidade de nutrientes e também a ausência de adição de fertilizantes para reposição dos mesmos.

Como estes sistemas baseiam-se apenas em três frutas regionalmente importantes: cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), pupunha (*Bactris gasipaes*), e castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), o processo de reciclagem de nutrientes pode ser dificultado pela exportação excessiva de nutrientes através destes produtos

agroflorestais ou o que está disponível no solo provavelmente esteja sendo absorvido e imobilizado pela vegetação.

Estes resultados sugerem também que, os baixos teores de bases trocáveis no solo (Ca, Mg e K) podem estar associados à baixa atividade de decomposição realizada pela biota indicando que o arranjo destes SAF's podem ser ineficientes para manter a sustentabilidade, na qual devem incluir um maior número possível de espécies vegetais no mesmo cultivo de forma a proporcionar e manter altos níveis de matéria orgânica juntamente com alta diversidade da vida no solo, sistema radicular com distribuição em maiores profundidades, mantendo o solo mais produtivo e eficiente na utilização de água, luz e ciclagem de nutrientes.

Os resultados da soma de bases (SB) apresentados na Tabela 7, apresentam diferença significativa, entre as médias dos tratamentos avaliados antes (SAF 6 anos) e depois (SAF 21 anos). O resultado da diminuição do teor da soma de bases é o reflexo da diminuição das bases trocáveis em função do tempo de implantação, possivelmente ocasionado pela exportação destes nutrientes no sistema avaliado, sendo que esta redução foi na ordem de 71%.

Quanto à acidez potencial (H+Al) observa-se que os índices diminuíram na segunda avaliação (SAF 21 anos) com a diminuição dos teores de Al, em especial nas camadas superficiais, em comparação com SAF 6 anos (Tabela 7).

Portanto, a manutenção das áreas com sistemas agroflorestais favoreceu, a diminuição dos teores de Al devido ao efeito da MOS, na complexação do alumínio livre em solução, o que se deve considerar como um aspecto positivo do sistema agroflorestal. No entanto, esses solos continuam com acidez elevada ao observar os valores de pH na Tabela 7, necessitando de correção de forma a elevar o pH.

Resultados semelhantes foram encontrados por Amaral et al. (2000) que na mesma região das áreas deste estudo, realizaram o levantamento de solos na área de inserção do projeto RECA, constatando que a classe de solo LATOSSOLO VERMELHO (mesmo solo desta área de pesquisa), apresenta reação variando de extremamente a fortemente ácida com valores de pH na ordem de 3,9 a 5,3, corroborando com os resultados encontrados (Tabela 7), sendo recomendada pelos autores a aplicação de calcário para elevar os valores de pH dos horizontes superficiais, indispensáveis para a maioria das culturas.

Os valores encontrados para CTC e C.Org, diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ), onde melhores teores foram encontrados na avaliação feita no SAF 6 anos, havendo redução da ordem de 53% e 57% respectivamente comparando ao SAF 21 anos.

Provavelmente a diminuição do C.Org esta relacionada com as extrações consecutivas da produção, das condições do solo que favorecem a lixiviação de nutrientes minerais e falta de introdução de plantas de cobertura que promovem o aumento da matéria orgânica no SAF.

Como o carbono orgânico participa com 58% na composição da matéria orgânica do solo (EMBRAPA, 1997) esta influencia diretamente nas propriedades do solo, atuando como fonte de energia para a massa microbiana, melhorando as condições físicas do solo, aumenta a CTC do solo proporcionando uma maior retenção de cátions, como K, Ca, Mg, sendo fonte de nutrientes para as plantas através da ciclagem e mineralização da mesma.

Somente houve interação significativa da profundidade x tempo para o potássio conforme se observa na Tabela 8. Onde para todas as profundidades avaliadas, quando se compara os tratamentos nas profundidades, verifica-se que as médias do teor de K no SAF aos seis anos foram melhores, indicando que o efeito do tempo de implantação do sistema alterou a concentração do potássio ao longo da camada avaliada, em função dos requerimentos nutricionais das culturas implantadas. Ao passo que quando se compara o teor de K nos tratamentos, observa-se que a camada 0-20 cm obtiveram melhores concentrações.

Tabela 8 - Atributo químico de fertilidade do solo avaliado no sistema agroflorestral aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Variável	K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
	SAF6	SAF21
Profundidade (cm)		
0-20	0,10 aA	0,05 bA
20-40	0,05 aB	0,02 bB
40-60	0,09 aA	0,09 bB

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Análise de variância nos APÊNDICES E e F.

Resultados semelhantes foram relatados por Luizão et al. (2009) e Ayres e Alfaia (2007) avaliando a dinâmica e manutenção de nutrientes em SAF's na área do projeto Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado (RECA) no município de Nova Califórnia/RO, os quais verificaram que os teores de K caíram a níveis extremamente baixos nos SAF's sendo esta redução atribuída às exportações de nutrientes por extrações consecutivas das frutas de cupuaçu e palmito de pupunha, uma vez que o K é um dos nutrientes mais importantes na produção dessas espécies frutíferas.

Os atributos que apresentaram significância em profundidade estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 9 – Valores médios dos atributos químicos de fertilidade do solo por profundidade avaliados em sistema agroflorestal aos seis anos (coleta 1999) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (coleta 2014) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Profundidade (cm)	Ca	SB	CTC	V	CO
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			%	g kg <sup>-1</sup>
0-20	2,63 a	3,24 a	9,73 a	29,01 a	1,45 a
20-40	0,54 b	0,72 b	6,93 b	8,79 b	0,85 b
40-60	0,75 b	0,98 b	7,53 b	10,4 b	0,96 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à análise dos atributos nas profundidades avaliadas (Tabela 9), os resultados obtidos demonstram que dentro de cada tratamento, os teores e índices diminuíram significativamente com a profundidade, provavelmente em consequência da diminuição da matéria orgânica onde se concentra a maior parte dos nutrientes presentes nos primeiros centímetros do solo.

A camada 0-20 cm apresentou diferença significativa quando comparadas com as demais profundidades (20-40 e 40-60 cm), apresentando-se como a camada do solo com maiores teores de nutrientes.

Resultados semelhantes foram encontrados por Amaral et al. (2000) que na mesma região das áreas deste estudo, constataram que os maiores teores de nutrientes nesta classe de solo (LATOSSOLO VERMELHO), encontram-se nas

camadas superficiais, portanto, recomendam que no preparo dessas para o plantio, seja evitado o arraste da camada superficial por apresentarem maior conteúdo de matéria orgânica, essenciais ao desenvolvimento das culturas nos SAF's.

Contudo, este estudo evidencia que com o passar dos anos possivelmente a exportação de nutrientes e a imobilização destes na biomassa do sistema agroflorestal condiciona mudanças profundas na fertilidade do solo, havendo portanto a necessidade de enriquecimento do arranjo e de adubação orgânica ou mineral para a manutenção da fertilidade desses solos ao longo do tempo.

## 5 CONCLUSÕES

Os teores de Ca, Mg, K, H+Al, a soma de bases e a CTC apresentam diminuição significativa sob consórcios agroflorestais com castanheira, cupuaçuzeiro e pupunheira, entre a época pós estabelecimento (cinco anos) e vinte anos após a implantação. Os atributos do solo saturação por bases (V) e pH não apresentam variação significativa entre essas épocas.

Na camada 0-20 cm de solo sob SAF's, os teores de nutrientes e de carbono orgânico, a soma de bases, CTC e V são mais elevados que de 20 a 60 cm. Atributos do solo como pH e teor de H+Al apresentam-se homogêneos até 60 cm de profundidade.

## REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: Uma Parceria Interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/t&ia2/T&IAv1n2/Artigo\\_Agroflorestais\\_5.pdf](http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/t&ia2/T&IAv1n2/Artigo_Agroflorestais_5.pdf)>. Acesso em: 03 de fev. 2015.
- ACRE. Governo do Estado. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico e Econômico do Acre**: recursos naturais e meio ambiente. Rio Branco, 2000. v. 1, 116 p.
- AYRES, M. I. C.; ALFAIA, S. S. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p. 957-963, jul. 2007.
- ALMEIDA, C. M. V. C. DE; MÜLLER, M. W.; SENA-GOMES, A. R. E MATOS, P. G. G. Pesquisa em Sistemas Agroflorestais e Agricultura Sustentável: Manejo do Sistema. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA DE CACAU. 2002., Bahia. **Anais...** Bahia: Ilhéus, 2002. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, J. A. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLTAN JUNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 437-445, mai./jun. 2005.
- AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, SP, v. 12, n. 32, p. 105-110, dez. 1998.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. ; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.115-123, jan./fev. 2004.
- AMARAL, E. F. do; BROWN, I. F.; MELO, A. W. F. de. **Efeito de diferentes usos da terra nas características do solo no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 20 p. (Boletim de Pesquisa, 30).
- AMARAL, E. F. do; MELO, A. W. F. de; OLIVEIRA, T. K de. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos da região de inserção do projeto reca, estados de Rondônia, Acre e Amazonas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 40 p. (Boletim de Pesquisa, 27).



ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Manejo agroflorestal da Caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. **Agricultura sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, p.47-57.

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

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**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, out./nov. 2007.

BARBOSA, V. **Ciclos biogeoquímicos como subsídio para a sustentabilidade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

BLANES, J.; LIMA, L.; ARAUJO, W. L. M.; FERNANDES, V. Associativismo, sistemas agroflorestais e produção orgânica: uma estratégia para conservação e desenvolvimento no contexto rural da região cacauzeira da Bahia. In: UZEDA, M.C. (org.) **O desafio da agricultura sustentável – alternativas viáveis para o sul da Bahia**. Editus: Ilhéus, 2004.

BRANDY, D.; GARRATY, D. P.; SANCHES, P. **El problema mundial de la agricultura de tala y quema**. Agroforesteria en las Americas, 1 (3):14-20. 1994.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G.; ARAÚJO, Q. R. FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, v.19, p.415-425, out./dez. 2006.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 160, p. 268-282, May 1937.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BONILLA, A. L. C. **Balço de nitrogênio em microbacias pareadas (floresta vs pastagem) no Estado de Rondônia**. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 de maio de 2012.

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial Da União**, Brasília, DF, 28 de set. de 1965. Seção 1, p. 9529.

BURESH, R. J.; TIAN, G. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 46, n. 1/3, 1997.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata-MG. **Revista Árvore**, v. 31, p. 805-812, 2007.

CANTO, A. do C.; SILVA, S. E. L. da; NEVES, E. J. M. Sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental: aspectos técnicos e econômicos. In: Encontro Brasileiro de Economia e Planejamento Florestal, 2. 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1992, V. 1, p. 23-36.

CARDOSO, I. M. Phosphorus pools in Oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brazil. **Agroforestry Systems**, v.58, n.1, p.55-64, 2003.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, 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.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO FILHO, A.; CARVALHO, L. C. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; CORTEZ, J. W.; RIBON, A. A. Qualidade física de um Latossolo vermelho férreo sob sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 43-51, Nov./Dec. 2009.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 267-270, 1985.

CEPLAC. 2010. **Conceitos e classificação de sistemas agroflorestais**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/semfaz/conceiroeclasificacao.htm>>. Acesso em: 09 out. 2014.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e brachiaria. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37-43, 2012.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Duck) Barneby (Paricá) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (Curauá) em diferentes sistemas de cultivo**. 2007. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2007.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. Viçosa: UFV, 2.ed., 1997. 26p.

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

DUBOIS, J. C. L. Classificação e breve caracterização de SAFs e práticas agroflorestais. In: MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Coord.). **Manual agroflorestral para a Mata Atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar, 2008. p.15-62.

DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestral para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF, 1996. 228p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

FARIA, A. F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M. ; BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p. 517-524, 2010.

FAVERO, C. **Uso e degradação de solos na microrregião de Governador Valadares, MG**. 2001. 80 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

FERNANDES, E. C. M.; BIOT, Y.; CASTILLA, C.; CANTO, A.; MATOS, J. C. S.; GARCIA, S.; PERIN, R.; Wandelli, E. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures on terrestrial nutrient dynamics in the Amazon, **Ciencia e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, 49, 34-47, 1997.

FERNANDES, S. A. P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. 1999. 131 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.

FEARNSIDE, P. M. Agricultura na Amazônia. Tipos de agricultura: padrão e tendências. In: CASTRO, E.M.; HEBETTE, J. **Na trilha dos grandes projetos**. Modernização e Conflito na Amazônia. Belém: UFPA/NAEA, 1989. (Caderno NAEA, 10).

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C. de; DALMOLIN, R. S. D.; GIRELLI, D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul – Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 381-388, mar./abr. 2007.

FOY, C. D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. de; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FIEGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.

FREITAS, I. C.; SANTOS, F. C. V.; CUSTODIO FILHO, R. O.; SILVA, N., R.; CORRECHEL, V. Resistência à penetração em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 12, p. 1275-1281, 2012.

FREITAS, J. da Luz. **Sistemas agroflorestais e sua utilização como instrumento de uso da terra: o caso dos pequenos agricultores da Ilha de Santana, Amapá, Brasil.** 2008. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.

FUJISAKA, S.; BELL, W.; THOMAS, N.; HURTADO, L.; CRAWFORD, E. Slash-and-burn agriculture, conversion to pasture, and deforestation in two Brazilian Amazon Colonies. *Agric. Ecosys. Environ.*, 59:115-130, 1996.

GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Biodiversidade e dinâmica em sistemas agroflorestais. In: MACÊDO, J.L.V.; WANDELLI, E.V. E SILVA JÚNIOR, J.P. (Ed.). **Documentos: Palestras III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2001. p. 25-32.

GLIESSMAN, R. S. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: UFRGS, 2009. 654 p.

GONÇALVES, M. da P. M. **Avaliação socioeconômica e ambiental de sistemas de produção de mimosa *scabrella benth* e de *pinus taeda* (L.)** 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GUERRA, S. C. S. O novo código florestal brasileiro e os sistemas agroflorestais: implicações e considerações sobre as áreas de preservação permanente e reservas legais. In: Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental. 2., 2012, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: UFES, 2012.

HELYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos. **Informações Agronômicas**, Encarte Técnico n.104, dez. 2003.

HUXLEY, P. A. **Plant Research and Agro forestry.** Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agro forestry (ICRAF), 1983. 617 p.

HUXLEY, P. A. **Tropical agroforestry.** Oxford: Backwell. 1999. 371p.

INPE. 2001. Desflorestamento na Amazônia. Disponível em:<[www.inpe.gov.br](http://www.inpe.gov.br)>. Acesso em: 10 dez. 2014.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Society American Journal**, Madison, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KATO, O.R.; LUNZ, A.M.; BISPO, C.J.C.; CARVALHO, C.J.R.; MIRANDA, I.S.; TAKAMATSU, J.A.; MAUES, M.M.; GERHARD, P.; AZEVEDO, R.; VASCONCELOS, S.S.; HONHWALD, S.; LEMOS, W.P.. Projeto dendê: sistemas agroflorestais na agricultura familiar. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 2009, Luziânia. **VII Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. Luziânia: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais, 2009.

KING, K.F. E CHANDLER, N.T. **The wasted lands**: The program of work of the International Council for Research in Agro forestry (ICRAF). Nairobi, Kenya. 1978.

KITAMURA, P. C. **Amazônia e o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994, 182 p.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F.; STEWART, B.A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p. 37-52. (Special Publication, 35).

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; HOLANDA NETO, M. R.; ARAÚJO, F. S. ; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LIEBIG, M. A.; DORAN, J. W. Evaluation of point-scale assessments of soil quality. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 54, n. 3, p. 510-518, 1999.

LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após o corte raso seguido de fogo. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 49-54, 2007.

LIMA, S. S. **Impacto do Manejo Agroflorestal sobre a Dinâmica de Nutrientes e a Macrofauna Invertebrada nos Compartimentos Serapilheira-Solo em Área de Transição no Norte do Piauí**. 2008, 76 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-graduação em desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2008.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2011.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 45-55, 2012.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, jan./mar. 2011.

LUIZÃO, F. J.; FEARNSIDE, P. M.; CERRI, C. E. P.; LEHMANN, J. The maintenance of soil fertility in Amazonian managed systems. In: Keller, M.; Bustamante, M.; Gash J.; Silva Dias, P. da. (eds.). **Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series. Volume 186, American Geophysical Union (AGU), Washington, DC, U.S.A., p. 311-336, 2009.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

MARTINS, A. R. A. **Dinâmica de nutrientes na solução do solo em um sistema agroflorestal em implantação**. 2001. 144 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

MARTINS, S. C.; ASSAD, E. D. **Diretrizes para uma economia verde no Brasil II: agronegócio e agricultura familiar**. FBDS, 2014. Disponível em: <<http://www.fbds.org.br/IMG/pdf/doc-96.pdf>> Acesso em: 02 fev. 2015.

McGRATH, D.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conservation. *Agriculture Ecosystems : Environment*, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 271-284, Feb. 2001.

MELLO, F. A. F.; BRASIL, S.; HAAG, H. P.; MALAVOLTA, E. **Fertilidade do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 400 p.

MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R. Matéria Orgânica do Solo. 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**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 275-374.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 67-90.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana do solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Piracicaba, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, nov. 2004.

NAIR, P.K.R. **Introduction to Agro forestry**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1993. 499 p.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, mar./abr. 2004.

OLIVEIRA, T. K. de; FURTADO, S. C.; MACEDO, R. L. G.; AMARAL, E. F. do; FRANKE, I. L. Manejo da Fertilidade do solo em sistemas agroflorestais. In Wadt, P.G.S. (ed) **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 375-411.

OLIVEIRA, T. K. de. Sistemas Integrados na Amazônia Brasileira: Experiências Demonstrativas e Resultados de Pesquisa. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: 10 ANOS DE PESQUISA, 2013, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SAF's: Embrapa Gado de Corte, 2013.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1031-1040, jul./ago. 2009.

PEREZ, A. M. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 25, n. 1, p. 25-36, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE W. Alterações na granulometria, grau de floculação e propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 45-52, 2003.



RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, jan. 2001.

RIBASKI, J.; RIBASKI, S. A. G. Sistemas Agroflorestais na Região no Sul do Brasil. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: 10 ANOS DE PESQUISA, 2013, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SAF's: Embrapa Gado de Corte, 2013.

RIERSON, P.F.; SMITHSON, P.; NZIGUHEBA, G.; RADERSMA, S. e COMERFORD, N.B. Phosphorus dynamics and mobilization by plants. In: NOORDWISK, M. van.; CADISCH, G. e ONG, C.K. **Below-ground interactions in tropical agroecosystems. Concepts and models with multiple plant components**. 2004, p. 127-142.

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, E I. L. **Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do RECA**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 12 p. (Circular Técnica, 33).

SÁ, I, B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, F. M. Desertificação no Semiárido brasileiro. In: ICID+18 Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas, 2., **Resumos...** Fortaleza, 2010.

SACHS, I. Desenvolvimento sustentável, bio-industrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas: o caso da Índia e do Brasil. In: VIEIRA, P.F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p. 469-493.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.

SEDAM. 2012. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Climatologia do Estado de Rondônia**. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/web/guest/Meteorologia/Climatologia/>>. Acesso em: 27 out . 2014.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Boston, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, A. M. da; CORRÊA, F. L. de O.; SILVA, J. G. da; SILVA, C. A. **Matéria orgânica do solo: propriedades coloidais e eletroquímicas da matéria orgânica do solo e reações dos colóides orgânicos no solo**. Lavras, Minas Gerais, 2002, 60 p. (Apostila).

SILVA, F. de A. S. e. **ASSISTAT**: Assistência Estatística (versão 7.2). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. 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**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, S. A. S da. **Avaliação dos atributos químicos e microbianos em latossolo amarelo sob sistema agroflorestral e floresta secundária em Bragança, Pará**. 2011. 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

SILVEIRA, N. D. **Indicadores de sustentabilidade ambiental em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2003. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, E.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. **Experiências Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Restrições e Oportunidades**. Brasília: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, 1998. 146 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. 2009. **O que é sistema agroflorestral?**. Disponível em: <<http://www.sbsaf.org.br>>. Acesso em: 05 out. 2014.

SOUSA NETO, O. N. de. **Análise multivariada dos atributos físicos e químicos de um Cambissolo cultivado sob práticas de manejo sustentável da caatinga**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) Área de concentração em Manejo e conservação do solo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2013.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C.; Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 133-139, jan./fev. 2003.

TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C. H.; ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, out. 2002.

TRINDADE, E. F. S.; KATO, O. R.; CARVALHO, E. J. M. ; SERAFIM, E. C. S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. **Amazônia: Ciência ;Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 12, p. 7-19, jan./jun. 2011.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 5, n. 2, p. 99-114, June, 1949.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.

VASCONCELOS, J. M. **Indicadores químicos e biológicos de latossolo amarelo submetido ao sistema de preparo de área usando a queima e trituração da vegetação no Nordeste Paraense**. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2009. 196 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós Graduação Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

VICENTE, N. R. **Sistemas agroflorestais sucessionais como estratégia de uso e conservação de recursos florestais em zonas ripárias da microbacia Arroio Primeiro de Janeiro, Anchieta-SC**. 2010, 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

WADT, P. G. S.; SILVA, J. R. T. da; FURTADO, S. C. Dinâmica de nutrientes com ênfase para condições de solos do Estado do Acre. In Wadt, P.G.S. (ed) **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 176-228.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, V.37, p. 29-38, 1934.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 2 Ed. Nairóbi: ICRAF, 1990. 276 p.

## APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos quatro anos (SAF4) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (SAF19) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	H+Al	P
Bloco	3	0,85163 <sup>ns</sup>	0,10147 <sup>ns</sup>	0,19494 <sup>ns</sup>	0,03027 <sup>ns</sup>	0,26668 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	1	0,07594 <sup>ns</sup>	0,03630 <sup>ns</sup>	0,04661 <sup>ns</sup>	0,63724 <sup>ns</sup>	0,46171*
Erro 1	3	2,85329	0,39306	0,30763	0,10859	0,03416
Profundidade (P)	2	7,24665**	1,04573**	0,76390 <sup>ns</sup>	0,04642 <sup>ns</sup>	0,27111*
T*P	2	0,80799 <sup>ns</sup>	0,26815*	0,36554 <sup>ns</sup>	0,05316 <sup>ns</sup>	0,09224 <sup>ns</sup>
Erro 2	12	0,77818	0,04212	0,64591	0,02003	0,04744
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	107,39	122,00	50,01	16,38	23,76
CV 2 (%)	-	56,08	39,03	72,46	7,04	28,00

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al, CO e por  $\sqrt{x}$ ; e V% por  $\cos x+1$ . GL: graus de liberdade; \*significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

APÊNDICE B – Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos quatro anos (SAF4) e após 15 anos no mesmo SAF aos 19 anos (SAF19) situados no ramal pioneiro, km 04, distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		C.Org	SB	CTC <sub>(pH7)</sub>	V	pH <sub>(H2O)</sub>
Bloco	3	0,01414 <sup>ns</sup>	1,40758 <sup>ns</sup>	0,38592 <sup>ns</sup>	0,19494 <sup>ns</sup>	0,02001*
Tempo (T)	1	0,14135 <sup>ns</sup>	0,01822 <sup>ns</sup>	9,11346 <sup>ns</sup>	0,04661 <sup>ns</sup>	0,14727 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	0,04062	6,10789	1,53981	0,30763	0,53434
Profundidade (P)	2	0,41944**	13,88244**	20,65943**	1,76390 <sup>ns</sup>	0,00146 <sup>ns</sup>
T*P	2	0,10306**	2,31668 <sup>ns</sup>	4,63144*	0,36554 <sup>ns</sup>	0,03288 <sup>ns</sup>
Erro 2	12	0,01282	1,14058	0,68662	0,64591	0,05445
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	18,94	108,64	19,44	50,01	14,25
CV 2 (%)	-	10,64	46,95	12,98	72,46	4,55

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al, CO e por  $\sqrt{x}$ ; e V% por  $\cos x+1$ . GL: graus de liberdade; \* significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

APÊNDICE C – Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos sete anos (SAF7) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (SAF22) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	H+Al	P
Bloco	3	0,10159*	0,01843 <sup>ns</sup>	0,00075 <sup>ns</sup>	0,63585 <sup>ns</sup>	0,06855 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	1	0,06355*	1,60833**	0,01063*	45,71209**	0,49506 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	0,00523	0,00696	0,00101	0,23448	0,13422
Profundidade (P)	2	1,80471**	0,25065**	0,00984**	0,53949 <sup>ns</sup>	3,20439**
T*P	2	0,00253 <sup>ns</sup>	0,00149 <sup>ns</sup>	0,00048 <sup>ns</sup>	0,44974 <sup>ns</sup>	0,10090 <sup>ns</sup>
Erro 2	12	0,03074	0,00527	0,00057	0,14384	0,08572
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	13,24	17,92	49,40	8,32	35,05
CV 2 (%)	-	32,08	15,60	37,21	6,52	28,01

GL: graus de liberdade; \* significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

APÊNDICE D – Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos sete anos (SAF7) e após 15 anos no mesmo SAF aos 22 anos (SAF22) situados no ramal linha 5, km 05, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		C.Org	SB	CTC <sub>(pH7)</sub>	V	pH <sub>(H2O)</sub>
Bloco	3	0,02580 <sup>ns</sup>	0,21445**	0,35817 <sup>ns</sup>	48,02861 <sup>ns</sup>	0,02113 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	1	0,05399 <sup>ns</sup>	2,63549**	70,29964**	40,27461 <sup>ns</sup>	0,00282 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	0,04191	0,00102	0,24974	5,89997	0,12979
Profundidade (P)	2	0,73909**	3,77613**	7,11913**	502,70528**	0,02180*
T*P	2	0,2357 <sup>ns</sup>	0,00661 <sup>ns</sup>	0,52363 <sup>ns</sup>	43,21486*	0,02847**
Erro 2	12	0,01444	0,06310	0,19179	9,38104	0,00389
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	22,12	2,97	7,25	16,63	7,88
CV 2 (%)	-	12,99	23,34	6,35	20,97	1,36

GL: graus de liberdade; \* significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.

APÊNDICE E – Resumo da análise de variância das concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), acidez potencial (H+Al) e fósforo disponível (P) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos seis anos (SAF6) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (SAF21) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Ca	Mg	K	H+Al	P
Bloco	3	5,20643 <sup>ns</sup>	0,17279 <sup>ns</sup>	0,00027 <sup>ns</sup>	0,00122 <sup>ns</sup>	0,69859 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	1	13,65042*	0,37500 <sup>ns</sup>	0,01794**	0,05866**	0,47012 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	1,33309	0,08579	0,00011	0,00062	0,69859
Profundidade (P)	2	10,58435**	0,37965**	0,00342**	0,00038 <sup>ns</sup>	0,61642 <sup>ns</sup>
T*P	2	1,23002 <sup>ns</sup>	0,02424 <sup>ns</sup>	0,00129**	0,00029 <sup>ns</sup>	0,03506 <sup>ns</sup>
Erro 2	12	0,99599	0,04220	0,00017	0,00028	0,37712
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	87,97	103,38	18,33	6,13	56,73
CV 2 (%)	-	76,04	72,50	22,69	4,10	41,68

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al ( $\sqrt{x/x}$ ). GL: graus de liberdade; \* significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.



APÊNDICE F – Resumo da análise de variância das concentrações de carbono orgânico (C.Org.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e potencial hidrogeniônico (pH) no solo nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, obtida em experimento realizado em esquema de parcelas subdivididas, no delineamento em blocos casualizados, em sistema agroflorestal aos seis anos (SAF6) e após 15 anos no mesmo SAF aos 21 anos (SAF21) situados na BR-364, km 1080, no Distrito de Nova Califórnia - RO.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		C.Org	SB	CTC <sub>(pH7)</sub>	V	pH <sub>(H2O)</sub>
Bloco	3	0,17602 <sup>ns</sup>	7,13800 <sup>ns</sup>	8,00323 <sup>**</sup>	464,65302 <sup>ns</sup>	0,16854 <sup>ns</sup>
Tempo (T)	1	0,44137 <sup>*</sup>	19,72204 <sup>*</sup>	146,0276 <sup>**</sup>	908,60727 <sup>ns</sup>	0,03760 <sup>ns</sup>
Erro 1	3	0,02531	1,83890	0,17936	205,62822	0,25615
Profundidade (P)	2	0,81523 <sup>**</sup>	15,42154 <sup>**</sup>	17,34718 <sup>**</sup>	1010,44043 <sup>**</sup>	0,02588 <sup>ns</sup>
T*P	2	0,04538 <sup>ns</sup>	1,53646 <sup>ns</sup>	0,82867 <sup>ns</sup>	20,88697 <sup>ns</sup>	0,02138 <sup>ns</sup>
Erro 2	12	0,04006	1,37933	1,05389	54,59204	0,01985
Total	23	-	-	-	-	-
CV 1 (%)	-	14,56	85,05	5,25	89,24	11,90
CV 2 (%)	-	18,32	71,06	12,72	45,98	3,31

Dados originais que foram transformados por não apresentarem normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias: H+Al ( $\sqrt{x/x}$ ). GL: graus de liberdade; \* significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \*\* significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo.