



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**EFEITO DO HISTÓRICO DE MANEJO NOS PROPRIEDADES DO  
SOLO EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL SUCESSIONAL NO  
CERRADO**

PEDRO PEREIRA SANTOS

**ORIENTADORA:**

Dra. Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

Brasília – DF, Julho de 2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**EFEITO DO HISTÓRICO DE MANEJO NOS PROPRIEDADES DO  
SOLO EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL SUCESSIONAL NO  
CERRADO**

**Estudante:** Pedro Pereira Santos – 11/0019032

**Orientador:** Dra. Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

**Co-orientador:** Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza

Trabalho final apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília – DF, Julho de 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Pedro Pereira

Efeito do histórico de manejo nas propriedades do solo em um Sistema Agroflorestal no Cerrado/ Pedro Pereira Santos. Brasília – DF, 2017.

Monografia – UnB Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília.

Curso de Engenharia Florestal

Orientadora: Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

Co-orientador: Álvaro Nogueira de Souza

1.Nitrogenio, 2.Potássio, 3.pH, 4.V (%) e 5. Sistemas de produção biodiversos.

PEDRO PEREIRA SANTOS

**EFEITO DO HISTÓRICO DE MANEJO NAS PROPRIEDADES DO SOLO EM  
UM SISTEMA AGROFLORESTAL SUCESSIONAL NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado Engenharia Florestal da Universidade de Brasília – UnB Campus Darcy Ribeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Menção: SS

Banca examinadora:



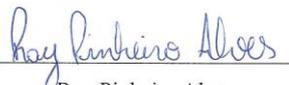
Dra. Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

(Orientadora)



Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza

(Co-orientador)



Ray Pinheiro Alves

(Examinador)



Juliana Baldan Costa Neves Araújo

(Examinadora)

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivos Gerais.....	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	10
3.1 Fertilidade do Solo.....	10
3.2 Sistemas Agroflorestais (SAF's) .....	14
3.3 Classificação SAF's.....	17
3.4 SAF's Sucessionais.....	18
4. MATERIAIS E METODOS.....	19
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Coleta de Solo.....	20
4.3 Análise de solo.....	21
4.4 Análise estatística dos dados.....	23
5. RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	23
6. CONCLUSÃO.....	31
7. REFERENCIAS.....	31

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial minha orientadora Dra. Eloisa pela pessoa incrível, por depositar sua confiança no meu trabalho e me gerar a oportunidade de analisar e divulgar os dados da Agrofloresta. Desde o momento em que eu a procurei querendo trabalhar com Sistemas Agroflorestais e solo, recebi todo o amparo, esclarecimento e conforto para minhas ideias e apoio para meu desejo de trabalhar.

Um grande Agradecimento ao Prof. Álvaro e ao Dr. Luciano, por abrirem as portas para oportunidade, me apresentando a Eloisa, e por todo apoio recebido desde a hora em que os procurei querendo trabalhar com Sistemas Agroflorestais, com as ideias que eu propunha e me incentivando a segui-las.

Com grande carinho ao Juã, proprietário do Sítio Semente, que plantou a primeira semente, a primeira luz, o primeiro olhar para ver, e ajudou a abrir minha consciência para Sistemas Agroflorestais, através do Curso Básico por ele ministrado em sua propriedade. Lembro ainda de ter saído depois do curso sonhando com o que tinha visto, com a cabeça se explodindo em pensamentos. Hoje graças as pessoas que entraram em meu caminho e aos astros, tenho meu desejo realizado e meu espírito pleno de que estou no caminho certo.

Ao Núcleo de Estudos de Ambientes Tropicais, laboratório Relação Solo-Vegetação, especialmente a Profa. Gabriela e ao pessoal da pós-graduação. A maior parte da pouca bagagem de experiência no meio acadêmico que carrego é graças ao grupo, que me mostrou inúmeras vezes como desenvolver pesquisa de qualidade, sempre com a preocupação de como a informação será passada, me guiando e construindo todo tempo para o melhor caminho acadêmico a se tomar.

Com grande amor pra *Mãinha*, que não caberia em palavras agradecer por tudo que ela tem feito por mim, me apoiando e acreditado desde meus primeiros passos até minhas primeiras publicações, fazendo café quando eu chegava e tinha ainda que estudar e o mais importante de tudo, dando amor para que sempre eu possa seguir em frente. Com grande amor a todos os meus amigos que tiveram saco para me aguentar nos momentos ruins, me confortando, apoiando e acreditando em mim compartilhando sempre alegrias e amor.

Especialmente a equipe do projeto Transição produtiva e Serviços Ambientais e à Embrapa Cerrados ela oportunidade e o apoio gerado.

## RESUMO

### **Efeito do histórico de manejo nas propriedades do solo em um Sistema Agroflorestal Sucessional no Cerrado**

Os Sistemas Agroflorestais se apresentam como uma alternativa para a produção sustentável de alimentos sendo menos impactantes ao meio ambiente que monocultura e pastagens. Entretanto a variabilidade espacial nos atributos do solo desses sistemas não está bem esclarecida o que pode induzir o produtor cometer erros na amostragem e na interpretação dos resultados da análise. Desta maneira o objetivo do trabalho foi analisar o efeito do manejo na fertilidade e na concentração de carbono no solo de um Sistema Agroflorestal Sucessional no Cerrado. Para isso foi avaliado um sistema Agroflorestal de quatro anos de idade, que foi convertido a partir de uma pastagem abandonada há 10 anos, com revolvimento do solo e incorporação de insumos orgânicos de forma mecanizada e irrigado por aspersão. O Sistema era composto por canteiros de árvore (CA) espaçados em 5,2m entre si e três canteiros de roça (CR) entre os CA ambos canteiros com 80cm de largura e 20m de comprimento. Foram avaliadas amostras simples de solo coletadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 cm de profundidade para os tratamentos: Canteiro de Roça (CR), Canteiro de Árvore (CA), Entre Canteiros (EC). Para concentração de Carbono foram adicionados os tratamentos Cerrado (CE) e Pastagem abandonada (PA). Os atributos do solo avaliados foram Nitrogênio (N), Potássio (K), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), pH (em H<sub>2</sub>O), Saturação por Bases e Carbono (C). Em geral, constatou-se distribuição desuniforme dos atributos do solo entre os ambientes da Agrofloresta, com maiores concentrações no tratamento CR, seguido por CA e por último EC. A partir do intervalo de profundidade de 30-40cm não houve diferenças significativas entre os tratamentos para os atributos do solo, exceto K. Diferenças quanto a concentração de carbono foram encontradas tanto entre os ambientes da Agrofloresta como entre a Agrofloresta, o CE e a PA. Portanto é importante que o produtor considere as peculiaridades dos ambientes da Agrofloresta para assim otimizar o manejo e o input de insumos (fitomassa, adubo e irrigação) bem como a interpretação e os resultados da análise de solo.

**Palavras Chaves:** Nitrogênio; Potássio; pH; Saturação por Bases (V%); Sistemas de Produção Biodiversos.

## ABSTRACT

### **Effect to management in soil proprieties in Successional Agroforestry Systems from Cerrado**

Agroforestry systems present themselves as an alternative for sustainable food production, causing less environmental impacts than monoculture and pasture. However, it is not well understood the spatial variability in soil fertility of these systems, which may induce farmers to make errors in the sampling and interpretation of analysis results. Therefore, the objective of this work was to evaluate management effect on soil fertility and carbon concentration in an irrigated four-year-old Agroforestry System, in the Cerrado (a Neotropical Savana). The Agroforestry was established in an abandoned pasture area by rotary roe ploughing for incorporation of organic supplies and rock powder. Soil samples were collected up to 100 cm depth (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 cm) and assessed for the following treatments: vegetable garden bed (CR), tree crops bed (CA), pathways between beds (CE). Native Cerrado vegetation (CE) and degraded pasture (PA) were added as references for soil carbon concentration analyses. The soil attributes evaluated were Nitrogen (N), Potassium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), pH (in H<sub>2</sub>O), Base Saturation and Carbon (C). With regard to the distribution of soil attributes, variations among environments were generally found in the following order: CR > CA > EC. Overall, there were no significant differences among treatments for soil attributes bellow 30-40cm depth range, except for K levels. Differences in soil carbon concentrations occurred both among agroforestry, CE and PA ecosystems as well as within the agroforestry system. Therefore, it is important for the farmer to consider the particular nature of the Agroforestry environments in order to optimize management of inputs (phytomass, fertilizer and irrigation) as well as the interpretation of soil analysis results.

**Keywords:** Nitrogen; Potassium; pH; V (%); Biodiverse poduction systems.

## 1. INTRODUÇÃO

Para conseguir suprir as necessidades alimentares das 9,7 bilhões de pessoas que a população mundial atingirá em 2050, segundo estimativas, teremos que passar da marca de 8,4 bilhões para 13,5 milhões de toneladas de alimentos produzidos (FAO, 2017). A maioria desses alimentos vêm de agroecossistemas terrestres, desta maneira, aumentar a produtividade dessas áreas bem como preservar os recursos naturais para as gerações futuras serão grandes desafios que com certeza convergem para o mérito da fertilidade do solo.

Entretanto observa-se que parte dos solos do mundo, principalmente dos trópicos, encontram-se degradados, esse fato é relacionado com elevadas taxas de erosão que são influenciadas principalmente pelo uso da terra (ZUCCA et al., 2014; GARCIA-RUIZ et al., 2015). Como exemplo de uso da terra temos a agricultura que é responsável por 70% do consumo de água, contribui em 24% para a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e possui alta sensibilidade mudanças climáticas (FAO, 2017). Estimativas indicam que as mudanças climáticas terão impacto direto da segurança alimentar da população, principalmente em países que já enfrentam a fome, promovendo o aumento da desigualdade alimentar (WHEELER & VAN BROUN, 2013).

Contudo os Sistemas Agroflorestais (SAFs) sinalizam uma alternativa para a produção de alimento, sendo 62% menos impactantes ao meio ambiente, quando comparados com monoculturas e pastagens, contribuirão significativamente para a segurança alimentar e mitigação/adaptação das mudanças climáticas (MBOW et al., 2014; SANTOS et al., 2015). Os SAFs, além de apresentarem potencial de favorecer o balanço de carbono também contribuem para a ciclagem e aporte de nutrientes no solo aumentando eficiência na utilização de insumos e reduzindo custos do sistema (LEHMANN et al., 2001; HOFFMANN, 2013; GOMES et al., 2016).

De acordo com o arranjo, desenho e manejo empregado, os SAFs podem ser divididos em algumas classificações, entretanto de forma geral são sistemas que utilizam espécies arbóreas juntamente com agrônômicas que interagem no espaço tempo para produção de alimentos. Dentre elas se encontram os SAFs Sucessionais que utilizam princípios da sucessão ecológica e do aumento da complexidade para conciliar produção sustentável de alimentos orgânicos, recuperação de serviços ambientais e biodiversidade (PENEIREIRO, 1999).

Porém podemos citar poucos trabalhos que analisam, de forma integral e sistêmica a dinâmica de nutrientes em Sistemas Agroflorestais Sucessionais no Cerrado (ALVES, 2014;

HOFFMANN, 2013). Quando se trata de publicações com revisão por pares, tampouco são encontradas referências específicas que descrevem a variabilidade da fertilidade e armazenamento de carbono em solos sob sistemas agroflorestais no Cerrado. Portanto existem poucas informações disponíveis sobre o comportamento quantitativo e espacial da fertilidade desses sistemas biodiversos, deixando a fertilização muitas vezes a mercê do empirismo do agricultor.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo do trabalho foi analisar o efeito do manejo na fertilidade e na concentração de carbono no solo de um Sistema Agroflorestal Sucessional no Cerrado.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estimar a distribuição espacial na concentração dos nutrientes Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) no solo, bem como a concentração de Carbono (C) e valores de pH do solo.
- Identificar parâmetros de distribuição de amostragem e aplicação de insumos sobre solos de sistemas biodiversos.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **• Fertilidade do solo**

A partir do momento em que o ser humano começa o desenvolvimento da agricultura surge concomitantemente a ideia de fertilidade do solo relacionada com a produtividade agrícola e com isso a preocupação de como maneja-la. Por volta de 2000 a.C, na região da Mesopotâmia, o historiador grego Heródoto relatava sobre produtividade de plantações relacionadas com a fertilidade do solo (enchentes anuais dos rios) e seu manejo (sistemas de irrigação) (LOPES & GUILHERME, 2007).

No conhecido poema a *Odisseia*, do grego Homero (cerca de 700 a.C), já era citado o uso de esterco de animais para melhorar a solo assim como Teofrasto (372-287 a.C) recomendava a utilização de palhadas em estábulos para melhorar a qualidade do esterco aplicado (LOPES & GUILHERME, 2007). Outro registro é que povos pré-colombianos há 2000 anos já utilizavam de geoglifos para manejar o solo, e assim sua fertilidade para o cultivo, moldando grande parte da Amazônia (WATLING et al., 2017).

Com a evolução da ciência e dos experimentos, começaram a surgir as primeiras teorias e conceitos sobre fertilidade. Já se tinha a ideia de que existiam elementos químicos e nutricionais presentes no solo que ditam a fertilidade e, em partes, sua produtividade. A primeira lei da fertilidade, a lei do mínimo criada por Liebig em 1840, diz que levando em consideração as limitações de cada espécie vegetal sua produtividade máxima será limitada pelo nutriente em que tiver presente em menor quantidade no solo (BRANCO & CAVINATTO, 1999).

A composição química das plantas é 90% C, H e O, retirados do ar (C) e da água (H e O), e o restante se resume aos minerais (nutrientes) que são retirados do solo (MALAVOLTA, 1980; FAQUIN, 2005). Assim surge a ideia de que alguns elementos são essenciais para as plantas, onde para Arnon & Stout, (1939), um elemento é definido como essencial seguindo alguns critérios, que podem ser diretos ou indiretos e são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Critérios diretos e indiretos de essencialidade de elementos minerais do solo para as plantas (Adaptado Arnon & Stout, 1939; Malavolta, 1980).

Critério de Essencialidade	
Direto	Indireto
	A planta não completa seu ciclo na ausência do nutriente
Elemento faz parte da composição ou participa de algum processo essencial para a planta	O elemento é insubstituível
	Efeito direto na planta (exclui elementos que dão suporte a algum processo)

Além dos elementos orgânicos (C, H e O) que compõem a maior parte dos vegetais existem os minerais que são nutrientes que a planta retira do solo e essenciais para seu crescimento, divididos em macros e os micronutrientes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Macro e Micronutrientes essenciais para o desenvolvimento de plantas (Adaptado Malavolta 1980, 2008).

Nutrientes Essenciais		
Macronutrientes	Metais	K, Ca e Mg
	Não Metais	C, H, O, N, P e S
Micronutrientes	Metais	Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co e Ni
	Não Metais	B, Cl e Se

A divisão entre dois grupos de elementos se dá pela quantidade exigida pela planta. Desta maneira os macronutrientes são exigidos em maiores quantidades ( $\text{g kg}^{-1}$  de matéria seca) enquanto que os micronutrientes são requeridos em menores quantidade ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

O nitrogênio está presente nas reações bioquímicas essenciais para plantas, faz parte da composição de moléculas como enzimas, ácidos nucleicos e especialmente da clorofila. Além disso é um fator limitante para a produtividade dos ecossistemas. É requerido em grandes quantidades para o crescimento vegetativo das culturas, dependendo do nível de produtividade, entretanto determinadas culturas exportam grandes quantidades desse nutriente, principalmente na colheita de grãos, logo, culturas como soja e milho exportam grandes quantidades em relação a café (médio) e banana e outras frutíferas (baixo) (CANTARELLA, 2007).

Outro nutriente muito importante, o potássio, participa de inúmeras funções nas plantas como síntese de proteínas, de carboidratos e da adenosina trifosfato (ATP), bem como na regulação hídrica da planta pela regulação dos estômatos e na resistência a incidência de pragas. É um dos nutrientes mais abundantes do solo, entretanto 98% encontra-se na estrutura de minerais primários e secundários sobrando uma pequena parcela prontamente disponível na forma de K trocável e K solução (ERNANI et. al., 2007).

Os nutrientes muitas vezes estão presentes no solo, entretanto podem estar em uma fração indisponível para a absorção das plantas. Partindo dessa ideia diversos fatores influenciam na disponibilidade e maneira como os nutrientes se comportam no solo.

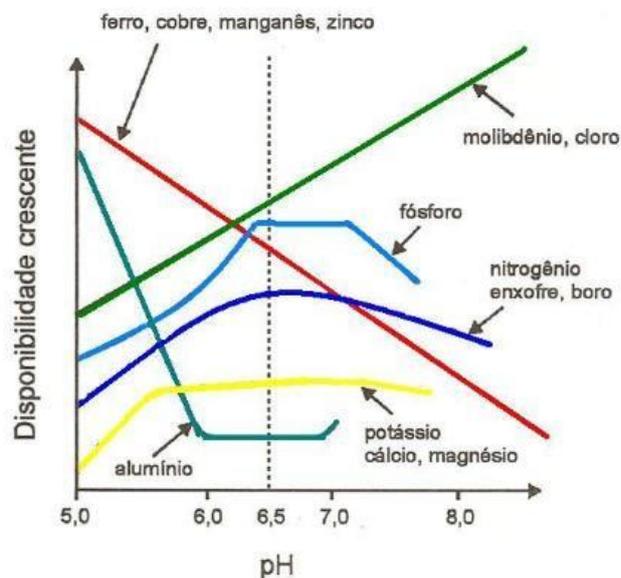
Através de vantagens competitivas as plantas possuem diferentes limitações por diferentes nutrientes e assim o conteúdo de nutrientes da biomassa depositada condicionam a decomposição, mineralização e de matérias orgânica no solo podendo ser citado como um dos fatores que influenciam a fertilidade do solo (HOBBIE, 2015).

Além de fonte de nutriente a matéria orgânica desempenha um papel fundamental nos ecossistemas. Pelo solo ser o terceiro maior estoque de carbono da biosfera (duas a três vezes mais que vegetais) a matéria orgânica possui um importante papel para o balanço de carbono, sendo que em termos globais aproximadamente 2400 Pg ( $10^{15}$  g) de carbono são armazenados no solo em forma de matéria orgânica (BRADY & WEIL, 2013).

Outra característica importante é que a matéria orgânica, pela sua diversidade química e assim diversidade de grupamentos funcionais, possui poder tampão numa ampla faixa de pH influenciando assim na disponibilidade de nutrientes. Além do mais ela é de grande valia para a capacidade de troca catiônica do solo (CTC) contribuindo com 20-90% da CTC das camadas superficiais de solos minerais (SILVA & MEDONÇA, 2007).

A capacidade de troca catiônica (CTC) é condicionada pela proporção relativa dos diferentes tipos de coloides do solo, bem como pela CTC de cada um deles, e é entendido como a carga iônica de determinado complexo que é capaz de adsorver íons (BRADY & WEIL, 2013). Desta maneira possui grande influência na disponibilidade de elementos nutricionais (íons) para absorção das plantas.

Por fim outro fator importante para o esclarecimento dos principais fatores que regem as propriedades químicas e biológicas, bem como a mobilidade e absorção de nutrientes e assim a fertilidade do solo, é o pH (BRADY & WEIL, 2013), que pode ter efeito direto, na competição por absorção entre  $H^+$  e outros cátions (em solos ácidos) e outros cátions, e indireto o que está relacionada com a quantidade de elementos no solo como pode se observar na Figura 1. (FAQUIN, 2005).



**Figura 1.** Curvas de disponibilidade de nutrientes em função do pH (Adaptado FAQUIN, 2005).

Com tudo podemos definir fertilidade do solo como a capacidade de fornecer elementos químicos essenciais e de maneira balanceada para o crescimento de determinado tipo de cultivo (CHAND, 2014). Englobando uma visão de produtividade temos que um solo produtivo é um solo fértil, sendo assim, apresenta boas características físicas e biológicas, ausência de elementos tóxicos, localizado em lugar com fatores climáticos favoráveis e contém de forma balanceada os nutrientes essenciais para o desenvolvimento de espécies vegetais (LOPES & GUILHERME, 2007).

Cerca de 50% dos solos do Cerrado se compreendem como Latossolo (MACEDO, 1996). São caracterizados pela presença de argilas 1:1, quartzo e hidróxidos de ferro e alumínio, elevados teores de argila e grande profundidade em seu perfil. Possui altos níveis de intemperismo e grande parte da sílica dos silicatos removida, e assim as argilas apresentam baixa capacidade de armazenar cátions nutrientes (CTC) apresentando baixa fertilidade natural e solos moderadamente ácidos (BRADY & WEIL, 2013).

- **Sistemas Agroflorestais (SAFs)**

A agricultura convencional, a qual se baseia na agroindústria química, manipulação genética e na motomecanização, além de ter caráter entrópico em seus processos com baixa

eficiência energética, mostrou-se possuir a capacidade de interferir negativamente no meio ambiente alterando o ciclo da água e diminuindo a fertilidade do solo e assim sua produtividade (HARTEMINK, 2013; HUNKE et al., 2015; MATSUMURA, 2016). Desta maneira os sistemas agroflorestais demonstram haver um caminho mais próximo dos processos naturais, promovendo assim uma utilização mais racional e eficiente da energia e dos recursos (MATSUMURA, 2016; MICCOLIS et al., 2016)

Segundo o *Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF)* os sistemas agroflorestais conceitualmente são um sistema de manejo e produção que utiliza da combinação interativa entre espécies arbóreas, agrônômicas e animais em um dado arranjo espacial e temporal (NAIR et al., 2010a).

Tais sistemas são uma alternativa viável como sistema de produção que oferece uma série de serviços ecossistêmicos, promovendo o desenvolvimento social e, como um sistema multifuncional, melhor integrado às paisagens (JOSE, 2009). Essa forma de uso da terra favorece a conservação da biodiversidade, pois proporciona um incremento de habitats para espécies nativas criando uma matriz mais permeável no mosaico de habitats da paisagem favorecendo o aumento da diversidade interna pela dispersão e um baixo custo (SCHROTH et al., 2004; DUBOIS, 2008).

Em estudo que avaliou os impactos dos agroecossistemas nos meios biológico, físico e antrópico, quando se compara Sistemas Agroflorestais e monocultura/pastagens se encontra uma redução de 62% nos impactos, mostrando que tais sistemas são uma alternativa de modelo de agricultura que tem como foco a sustentabilidade (SANTOS et al., 2015). Levando em consideração alguns aspectos como as funções ecológicas a se restaurar, o manejo a ser utilizado e o acompanhamento do projeto, os sistemas agroflorestais tem grande potencialidade para serem utilizados em recuperação de áreas degradadas (MORENOCALLES & CASAS, 2010).

Outro aspecto importante desses sistemas é sua característica conservacionista em manejo do solo promovendo a diminuição da erosão, e assim menor perda de solo, diminuindo a contaminação dos recursos hídricos ocasionada pelo carreamento de insumos agrícolas assim como a perda de nutrientes e carbono orgânico (FRANCO et al., 2002).

Dependendo no manejo empregado, característica socioeconômicas e ambientais, os SAFs apresentam grande o potencial de sequestro de carbono bem como na diminuição de

emissão de GEEs a partir da estabilização da matéria orgânica e do *input* de Carbono na biomassa do sistema (plantas, serapilheira e solo) (LORENZ, 2014; GOMES et al., 2016).

A fixação de carbono acontece tanto através da biomassa acima do solo na forma de troncos, galhos e folhas como também na biomassa abaixo do solo na forma de raiz e principalmente no *input* de matéria orgânica (NAIR et al., 2009b). Esses sistemas possuem capacidade de aumentar a matéria orgânica no solo e assim o estoque de C, influência essa acontecendo principalmente na fração de carbono lábil (BARRETO et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2014).

Montaginini e Nair (2004), mostram que a idade de rotação e o manejo de biomassa (biomassa para o solo, carvão, madeira) são um dos principais fatores que afetam o sequestro de carbono em sistemas agroflorestais o que contribui para a criação de políticas de créditos de carbono e pagamentos por serviços ambientais como estímulo para a adoção desses sistemas de produção.

O manejo das espécies arbóreas e assim a entrada contínua de biomassa no solo aumentam o aporte de nutrientes e matéria orgânica, influenciando assim na fertilidade do solo para culturas agrônômicas (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008; MENEZES et al., 2008). Desta maneira o sistema é capaz de aumentar significativamente o aporte e a mineralização de nitrogênio e o teor de água do solo, promovendo assim um uso mais sustentável do nutriente e uma economia em fertilizante para o produtor (SAMPAIO et al., 2014; MAHIEU et al., 2016). Além de contribuírem para a maior fixação biológica de nitrogênio e assim para o balanço do elemento no sistema (ISSAH et al., 2014), dependendo da composição de espécies do sistema.

O padrão de liberação de nitrogênio e a qualidades do material vegetal proveniente das podas possui uma certa variabilidade podendo ser disponibilizado por completo ou imobilizado durante os ciclos de roça, entretanto as primeiras culturas aproveitam uma pequena parte, pois grande parte está na matéria orgânica que vai disponibilizando ao longo do tempo (PALM, 1995).

Quando utilizada a fertilização de fósforo nesses sistemas, a dinâmica da serapilheira influencia positivamente na dinâmica de fósforo no solo diminuindo o potencial de perda do elemento e assegurando a disponibilidade a longo prazo (LEHMANN et al., 2001).

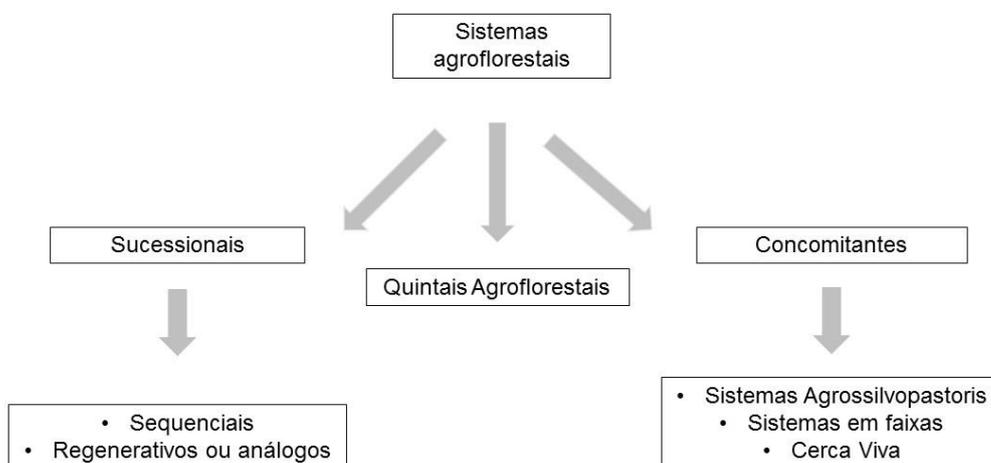
Entretanto em comparação a outros sistemas como cultivo agrícola, pastagem e fragmento de floresta (transição Cerrado Mata Atlântica) os Sistemas agroflorestais não

apresentaram diferença significativa para nutrientes no solo a curto prazo, porém apresentou os maiores valores de pH (LORO et al., 2016).

Alguns trabalhos sinalizam que Sistemas Agroflorestais podem apresentar alta variabilidade em sua dinâmica e processos a partir da diversificação das culturas e manejos empregados, das características socioambientais de cada região e assim das diversas possibilidades, refletindo tal característica em processos como sequestro de Carbono (C), distribuição de nutrientes no solo e assim na qualidade de sítios (PALM, 1995; MEKONNEN, 1999; NAIR et al., 2009c; HANISCH et al., 2011; LOCATELLI et al., 2002). Entretanto poucos trabalhos recentes indicam de forma sistemática alguma noção de padrão de distribuição da fertilidade do solo, deixando grande lacuna em vista a crescente atenção sobre o assunto.

- **Classificação de SAFs**

Os sistemas agroflorestais podem ser separados em algumas classes de acordo com a estrutura e do tipo de manejo. Segue na Figura 1 o esquema de classificação.



**Figura2.** Esquema de classificação para SAFs (adaptado de Coelho, 2012)

O SAFs concomitantes podem ser chamados também de sistemas agroflorestais estáticos são aqueles em que o manejo quase não modifica a estrutura, nem a composição do consócio, que espécies de ciclo mais curto e menor porte ou animais convivem no espaço/tempo (DUBOIS, 2008; COELHO, 2012). Dentro dessa classe podemos citar os sistemas silvopastoris que é o consócio somente de árvore e animais e o agrosilvopastoril que são aqueles que utilizam do consócio de plantas de ciclo curto em alternância com a criação de animais juntamente com espécies arbóreas (DUBOIS, 2008; MICCOLIS et al., 2016).

Os quintais agroflorestais são sistemas de produção nos arredores de habitações composto por plantas medicinais, frutíferas, alimentares podendo apresentar até cinco extratos e assim forma uma alta diversidade e produtividade contribuindo para a segurança alimentar das famílias (COELHO, 2012; MICCOLIS et al., 2016).

O que mais se assemelha aos ecossistemas florestais naturais são os sistemas agroflorestais sucessionais, que é caracterizando por ter alta diversidade com manejo baseando-se na sucessão natural das espécies (MICCOLIS et al., 2016). São sistemas com grande capacidade de conservar a biodiversidade, recuperar a fertilidade do solo a um baixo custo, objetivando imitar ao máximo a natureza com a sucessão condicionando a melhora do sistema (GOETSCH, 1992).

A sucessão pode ser dívida em uma fase colonizadora, acumuladora e abundante de acordo com o manejo e composição das espécies no espaço tempo. Desta maneira as espécies antecessora tem o papel de melhorar as condições para as próximas que virão (PENNEREIRO, 1999).

- **SAFs Sucessional**

Os SAFs conduzidos pela sucessão natural se mostram capazes de aliar a conservação com produção e promovendo a recuperação de áreas degradadas e assim mantendo e melhorando a qualidade e utilização dos recursos naturais (PENEIREIRO, 1999).

Análises financeiras de SAFs sucessionais mostram que, com taxa de atratividade sendo menor que a taxa de retorno, são viáveis financeiramente como sistemas produtivos e os custos de implantação são pagos no segundo mês com a colheita de alface e rúcula e assim viabilizam a implantação (LUZ, 2015). Segundo Hoffmann, (2013), os custos com insumos em SAFs

podem chegar a 50% dos custos de implantação, entretanto reduzem cerca de 90% nos anos seguintes pela ciclagem de nutrientes e conservação do solo.

De acordo com Peneireiro (1999), a poda favorece a bombeamento de nutrientes e assim o aumento dos níveis de nutrientes na serapilheira e na primeira camada de solo, principalmente de fósforo, contribuindo para um melhor uso e ciclagem de nutrientes acarretando na manutenção e recuperação do solo bem como o aumento de sua fertilidade.

Essa pratica também proporciona um aumento na ciclagem externa de nitrogênio aumentando assim a disponibilidade para o sistema, principalmente pela presença de árvores e de leguminosas, e assim aumenta a qualidade do material depositado no o solo favorecendo também a decomposição (ALVES, 2012).

Logo os Sistemas Agroflorestais Sucessionais possuem uma maior eficiência no uso da energia, como capital e insumos, possuindo assim um caráter sintrópico (maior eficiência no uso de energia aplicada) trazendo para a produção não só as formas dos processos naturais, mas também suas funções e dinâmica (MATSUMURA, 2016; AGENDA GOTSCH, 2017).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

- **Área de Estudo**

A área de estudo está inserida em uma propriedade de Agricultura Familiar no Núcleo Rural Lago Oeste (NRLO), zona rural de sobradinho – Distrito Federal, na porção noroeste de Brasília. O Sitio Semente, ([www.sitiosemente.com](http://www.sitiosemente.com)), é vizinha ao Parque Nacional de Brasília (PNB), está dentro da Área de Preservação Ambiental (APA) da Cafuringa e se encontra entre as coordenadas 15°33'44.91"S de latitude e 48°1'52.63"O de longitude. O solo presente na área é o Latossolo Vermelho argiloso. O Clima na região é definido como Aw segundo a classificação Köppen, tendo duas estações bem definidas: período chuvoso entre outubro e abril e período seco de maio a setembro. A precipitação média anual dos últimos quarenta anos foi de 1345,8 mm, com média geralmente acima de 120 mm em outubro quando se inicia, e com 93,9 mm no mês de abril quando termina (SILVA et al., 2015).

O produtor iniciou a produção de alimentos orgânicos através de Sistemas Agroflorestais Sucessionais irrigados por aspersão instalados em uma área de pastagem que estava há cerca de 10 anos abandonada com predominância de gramíneas exóticas, em especial *Brachiaria brizantha* e *Andropogon* sp. (PA). O Sistema tinha 4 anos e foi avaliado e uma área

de 0,01 há (104m<sup>2</sup>) composta por canteiros de arvore (CA) intercalados com canteiros de roça (CR). O CA possuía três linhas espaçadas em 5,2 m e era composto por espécies arbóreas e arbustivas plantadas no centro do canteiro de 80 cm de largura, 20 m de comprimento e espaçamento entre plantas de 2 a 3 m. As principais espécies utilizadas eram frutíferas e produtoras de biomassa como: banana (*Musa spp.*), café (*Coffea arábica*), *Citrus spp.*, abacate (*Persea americana*), cinamomo (*Melia azedarach*), chichá-do-cerrado (*Sterculia striata*), intercaladas entre indivíduos de eucalipto (*Eucalyptus spp.*). O espaço entre os canteiros de arvore era constituído por três canteiros de roça com as mesmas dimensões onde foram realizados ciclos de plantios de hortaliças e tubérculos de acordo com a necessidade do produtor. Dentre as espécies utilizadas estavam: alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa*), brócolis (*Brassica oleracea*), tomate cereja (*Solanum lycopersicum*), alho-poró (*Allium porrum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), cenoura (*Daucus carota*) e inhame (*Dioscorea spp.*). O espaço entre os canteiros (EC) tinha cerca de 30cm de largura.

Como áreas de referência em termos de concentração de carbono, foram avaliadas duas fisionomias sobre Latossolo vermelho argiloso: uma área de cerrado sensu stricto (CE) no Parque nacional de Brasília (PNB) e uma área remanescente de pasto (PA) adjacente ao sistema Agroflorestal avaliado nesse estudo. O cerrado sensu stricto é descrito como a interação entre um estrato arbóreo com porte baixo a médio espaçado e um estrato herbáceo arbustivo (RIBEIRO & WALTER, 2008).

A implantação do Sistema Agroflorestal foi feita de forma mecanizada para revolvimento e incorporação de insumos a uma profundidade de 20 cm e recobrimento dos canteiros com cerca três cm de fitomassa advinda de podas trituradas de arvores urbanas, e por fim o plantio das mudas. A fim de implantar outro ciclo de roça o produtor intervinha no sistema através de podas, aumentando a entrada de luz, que eram depositadas aleatoriamente sobre o CA. Desta maneira o sistema estudado passou por três reformas para implantação de ciclos de roça no CR com a utilização de adubos orgânicos como esterco de aves e/ou suínos incorporados de forma mecanizada a uma profundidade de 20 cm. CA sofreu adubação apenas na implantação do sistema (Tabela 3).

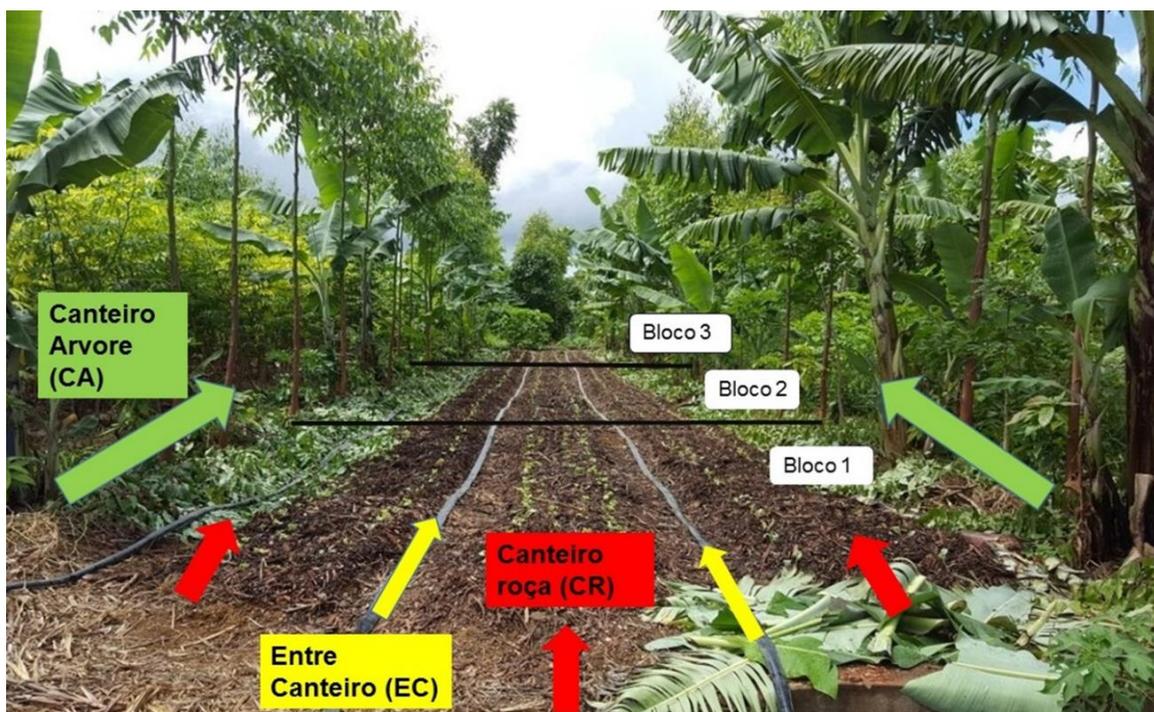
**Tabela 3.** Relação de insumos utilizados nos ciclos de roça no início em todos os três ambientes do sistema agroflorestal e a partir da roça 2 no CR.

Insumos	Reformas do Sistema			
	Roça 1 (início)	Roça 2	Roça 3	Roça 4
Pó de Rocha <sup>1</sup> (g/m <sup>2</sup> )	300	300	300	300
Farinha de osso (g/m <sup>2</sup> )	200	200	200	200
Esterco (l/m <sup>2</sup> )	10	5	5	5
Biomassa de cobertura <sup>2</sup> (l/m <sup>2</sup> )	10	10	10	10

1. Pó de Rocha é Classificado como Biotitaxisto ( $\text{KSi}_3\text{Al}(\text{MgFe})_3\text{10(OH)}_2$ ). 2. Cavaco de podas da arborização urbana de Brasília.

- **Amostragem de solo**

A coleta de solo foi realizada no ano de 2015 no final da quarta colheita. A divisão dos tratamentos foi de acordo com a arquitetura do sistema sendo eles: Canteiro de Arvore (CA); Canteiro de Roça (CR); Entre Canteiro (EC) (Figura 3). Com isso o sistema foi dividido no seu comprimento em três blocos (a cada cinco metros), representando repetições, e com auxílio de um trado modelo holandês foram coletadas amostras simples de solo em 10 pontos para cada profundidade de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80cm. As amostras simples foram homogeneizadas para formar uma amostra composta para cada profundidade, em cada tratamento e por repetição. Segue na Figura 3 a ilustração dos tratamentos e repetições. O mesmo modelo de amostragem foi utilizado para o Cerrado (CE) e Pastagem abandonada (PA).



**Figura 3.** Entre canteiro (EC) – Amarelo; Canteiro Arvore (CA) – Verde; e Canteiro Roça (CR) – Vermelho.

- **Análise química do solo**

As amostras de solo foram encaminhadas para laboratório, identificadas e secas ao ar. Posteriormente passadas em peneira 2mm. As análises das características químicas do solo foram realizadas de acordo com os métodos da EMBRAPA (1997) no Laboratório de Análise de Química do Solo, na Embrapa Cerrados. Foram analisado: pH em água (acidez ativa), Saturação por Bases (V%) Potássio (K) (Fotômetro de chama), Cálcio (Ca) (Absorção Atômica), Magnésio (Mg) (Absorção Atômica). Para concentração de carbono orgânico e teor de nitrogênio, aproximadamente 30mg de amostra foram macerada em almofariz até a passagem de todo material por peneira 100 mesh (0,149mm), pesadas em balança de precisão Mettler Toledo, Modelo AB265-S, e acomodadas em folhas de Zinco de 2,5x2,5cm. As concentrações de C e N foram analisadas por analisador elementar modelo Macro Cube, CHNS Elementar, utilizando o padrão sulfanilamida (N = 16,25% e C = 41,81%). Esse equipamento queima a amostra em uma câmara de combustão a alta temperaturas (aproximadamente 1000° C). Os gases provenientes são analisados passam por um sensor de termo condutividade e são convertidos em porcentagens de carbono e nitrogênio.

- **Análise estatística dos dados**

Foram avaliadas as diferenças entre os tratamentos CA, CR, EC para os atributos nitrogênio (N), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Saturação por Bases (V%) e pH e concentração de carbono (C) entre CA, CR, EC, Cerrado (CE) e Pastagem (PA). Portanto utilizou-se o software estatístico R (R CORE TEAM, 2015) aplicando o teste de Shapiro-Wilk para a análise de normalidade e assim verificada a distribuição, para dados normais foram aplicados os testes de ANOVA ( $F < 0,05$ ) e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para testar a significância da diferença entre as médias dos tratamentos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **Resultados**

- **Nitrogênio (N), Cálcio (Ca) e Saturação por Bases (V%) e pH**

Em geral a fertilidade do solo no Sistema Agroflorestal apresentou variação na distribuição espacial da fertilidade para maioria dos elementos, especialmente no intervalo de 0-20cm, indicando uma maior influência do manejo nas primeiras camadas (Tabela 4).

Para o intervalo de profundidade de 0-5cm, os maiores valores de pH e N se concentram nos tratamentos CR com menores valores em CA e EC. Entretanto para Ca e V os tratamentos CR e CA apresentaram maiores valores de em relação a EC (Tabela 4).

O nitrogênio não apresentou diferença para o intervalo de 5-10cm, porém para pH, Ca e V os tratamentos CR e CA apresentaram maiores valores em relação a EC. Os valores observados nos atributos pH e V para o intervalo de profundidade 10-20cm foram diferentes entre todos os tratamentos na ordem  $CR > CA > EC$ . Enquanto o N apresentou maiores valores em CR quando comparado com CA e EC. Quanto a Ca os tratamentos CR e CA mostram-se com maiores valores que EC (Tabela 4). Os ambientes que apresentaram maiores concentrações para todos os atributos foram CA e CR, que apresentam maiores atividades de manejo.

**Tabela 4.** Atributos químicos do solo de um Sistema Agroflorestal Sucessional sobre Latossolo Vermelho no Cerrado para profundidades de 0-20.

Profundidade	Tratamento	pH (H <sub>2</sub> O)	N (%)	Ca (me/100cc)	V (%)
0-5cm	CR	6,94 a	1,969 a	7,953 a	82,14 a
	CA	6,37 b	1,195 b	6,347 a	78,90 a
	EC	5,11 b	0,837 b	1,255 b	19,54 b
5-10cm	CR	6,88 a	1,414 ns	7,489 a	79,72 a
	CA	6,24 a	1,033 ns	6,080 a	72,15 a
	EC	4,75 b	0,735 ns	0,843 b	12,79 b
10-20cm	CR	6,89 a	1,188 a	6,624 a	81,55 a
	CA	6,09 b	0,835 b	4,897 a	65,3 b
	EC	4,68 c	0,652 b	0,214 b	5,37 c

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Variabilidade não significativa para o teste ANOVA ( $F < 0,05$ ) entre os tratamentos. CR – Canteiro de Roça, CA – Canteiro de arbórea/arbustiva e EC – Entre Canteiros.

No intervalo de 20-30cm os atributos N e Ca apresentaram maiores valores em CR quando comparado a EC, entretanto CA possuiu valores iguais tanto para CR quanto para EC. Os tratamentos CA e EC apresentaram menores valores de pH em relação a CR. Enquanto foram obtidos maiores valores em V, CR e CA em relação a EC (Tabela 5).

Não houve indicações de variações entre os tratamentos quanto aos atributos do solo para o intervalo de 30-40cm. No intervalo de 40-60cm apresentou uniformidade na distribuição dos atributos dentro dos tratamentos do sistema, exceto para V, onde CR foi maior que EC (Tabela 5). Para o intervalo de 60-80cm apenas N não apresentou variabilidade entre os tratamentos. Para Ca o tratamento CA apresentou maiores valores em comparação a EC, entretanto o tratamento CR apresentou valores iguais a CA e EC. Os tratamentos CR e CA apresentaram valores mais elevados de V em comparação com EC. Os valores de pH foram mais elevados no tratamento CR quando comprado aos tratamentos CA e EC.

**Tabela 5.** Atributos químicos do solo de um Sistema Agroflorestal Sucessional sobre um Latossolo Vermelho no Cerrado para quatro intervalos de profundidades (20-80cm).

Profundidade	Tratamento	pH (H <sub>2</sub> O)	N (%)	Ca (me/100cc)	V (%)
20-30cm	CR	6,67 a	0,806 a	3,439 a	63,69 a
	CA	5,53 b	0,664 ab	2,536 ab	45,02 a
	EC	4,73 b	0,587 b	0,147 b	4,524 b
30-40cm	CR	5,56 ns	0,574 ns	0,860 ns	27,19 ns
	CA	5,10 ns	0,539 ns	1,869 ns	37,20 ns
	EC	5,11 ns	0,340 ns	0,189 ns	10,19 ns
40-60cm	CR	5,68 ns	0,437 ns	0,588 ns	28,62 a
	CA	4,75 ns	0,499 ns	0,512 ns	19,60 ab
	EC	5,09 ns	0,331 ns	0,068 ns	3,63 b
60-80cm	CR	5,66 a	0,429 ns	0,284 a	23,20 a
	CA	4,97 b	0,358 ns	0,354 ab	22,37 a
	EC	4,99 b	0,362 ns	0,045 b	3,83 b

Letras mostram diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Variabilidade não significativa para o teste ANOVA ( $F < 0,05$ ) entre os tratamentos quando. CR – Canteiro de Roça, CA – Canteiro de arbórea/arbustiva e EC – Entre Canteiros.

#### ○ Potássio (K)

As maiores variabilidades dentro do sistema foram observadas para os valores de K, onde apresentou diferenças entre os tratamentos por todo perfil de solo estudado. Seguindo os padrões dos outros atributos a maiores concentrações de K foram encontradas para o tratamento CR, para todas profundidades exceto 0-5 e 20-30cm onde CR e CA foram maiores que EC (Tabela 6). Para profundidades de 5-10, 10-20, e 60-80cm todos os tratamentos foram diferentes na ordem CR>CA>EC. Os tratamentos CA e EC foram iguais para as profundidades 30-40 e 40-60, entretanto diferentes de CR que apresentou valores mais elevados (Tabela 6).

**Tabela 6.** Concentrações de Potássio (K) de um Sistema Agroflorestal Sucessional no Cerrado sobre um Latossolo Vermelho.

Tratamento/Profundidade	K (mg/l)		
	CR	CA	EC
0-5cm	687 a	250 a	68 b
5-10cm	567 a	233 b	38 c
10-20cm	395 a	237 b	26 c
20-30cm	298 a	237 a	17 b
30-40cm	230 a	113 b	11 b
40-60cm	212 a	74 b	7 b
60-80cm	144 a	47 b	4 c

Letras mostram diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Variabilidade não significativa para o teste ANOVA ( $F < 0,05$ ) entre os tratamentos quando. CR – Canteiro de Roça, CA – Canteiro de arbórea/arbustiva e EC – Entre Canteiros.

○ **Magnésio (Mg)**

O Mg apresentou também uma das maiores variabilidades dentro do sistema, entretanto a partir do perfil 30-40cm os resultados começaram a não apresentar diferença entre os tratamentos. Todos os tratamentos foram diferentes para 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm na ordem CR>CA>EC. Para profundidade de 20-30 os tratamentos CR e CA foram diferentes de EC, apresentando valores mais elevados (Tabela 7).

**Tabela 7.** Concentrações de Magnésio (Mg) de um Sistema Agroflorestal Sucessional no Cerrado sobre um Latossolo Vermelho.

Tratamento/Profundidade	Mg (me/100cc)		
	CR	CA	EC
0-5cm	3,63 a	2,69 b	0,28 c
5-10cm	3,61 a	1,91 b	0,17 c
10-20cm	2,92 a	1,69 b	0,07 c
20-30cm	1,55 a	0,87 a	0,05 b
30-40cm	0,40 ns	0,52 ns	0,13 ns
40-60cm	0,43 ns	0,25 ns	0,04 ns
60-80cm	0,24 ns	0,22 ns	0,03 ns

Letras mostram diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Variabilidade não significativa para o teste ANOVA ( $F < 0,05$ ) entre os tratamentos quando. CR – Canteiro de Roça, CA – Canteiro de arbórea/arbustiva e EC – Entre Canteiros.

- **Carbono (C)**

As concentrações de C no intervalo de 0-5cm foram maiores no tratamento CR e menores para PA, sendo que nos tratamentos CA, EC e CE apresentaram valores iguais, entretanto EC e CE compartilha também igualdade com PA. Para o intervalo de 5-10cm as concentrações de C foram maiores no tratamento CR quando comparado com CA, EC, CE, e PE. No intervalo de 10-20cm maiores concentrações de C foram encontradas para o tratamento CR e menores para PA, com os tratamentos CA, EC e CE indicando valores iguais, sendo que CE compartilha também valores com PA. Por fim o intervalo 20-30cm indicou maiores valores nos tratamentos CR, CA, EC, CE quando comparados a PA.

**Tabela 8.** Concentração de carbono no solo de um Sistema Agroflorestal Sucessional de quatro anos no Cerrado sobre um Latossolo Vermelho.

Tratamento/Profundidades	Carbono (%)				
	CR	CA	EC	CE	PA
0-5cm	4,609 a	3,277 b	2,39 bc	2,682 bc	1,904 c
5-10cm	3,13 a	2,193 b	1,879 b	2,029 b	1,838 b
10-20cm	2,058 a	1,908 b	1,646 b	1,847 bc	1,470 c
20-30cm	3,824 a	2,637 a	2,389 a	2,214 a	1,036 b

Letras mostram diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). ns: Variabilidade não significativa para o teste ANOVA ( $F < 0,05$ ) entre os tratamentos quando. CR – Canteiro de Roça, CA – Canteiro de arbórea/arbustiva, EC – Entre Canteiros, CE – Cerrado e PA área de pastagem abandonada há 10 anos.

- **Discussão**

Quanto a avaliação dos ambientes na Agrofloresta, o canteiro que recebe os ciclos de roça (CR) apresentou maiores valores para a maioria dos atributos analisados, especialmente quando comparado ao tratamento entre canteiro (EC). O ambiente de ciclo de roça sofreu o maior *input* de insumos (massa e energia), sendo adubado em todas as suas reformas, diferente dos outros tratamentos. Em geral o canteiro de árvore (CA) apresentou valores intermediários dos atributos do solo em relação aos outros ambientes da Agrofloresta, entretanto, ora compartilhava valores com o tratamento CR. O ambiente CA sofreu o *input* inicial de insumos na implantação do sistema, e nele também ocorreu o estímulo na ciclagem de nutrientes e

carbono através de podas e depósito de biomassa sobre o solo nas reformas da Agrofloresta. Os maiores contrastes entre os ambientes ocorreram nos primeiros centímetros de solo (30 cm) para a maioria dos atributos, exceto para as variações no potássio, que ocorreram até o último intervalo de estudado.

Os resultados indicam que o SAF estudado está sendo eficiente na utilização de insumos, pois concentra o maior *input* no ambiente que necessita dos nutrientes a curto prazo (CR) e estimula a ciclagem biogeoquímica no ambiente que necessita de nutrientes a longo prazo (CA), pois segundo Palm, (1995), a liberação de nitrogênio no solo por podas de espécies arbóreas acontece a longo prazo.

Nesse estudo evidenciou a distribuição desuniforme dos atributos do solo dentro do sistema agroflorestal estudando. Segundo Mekonnen et al., (1999), a utilização do consórcio de *Sesbania sesban* e milho no Quênia também apresentou resultados indicando alta variabilidade, onde a distribuição espacial de nitrato no solo foi desuniforme tanto verticalmente quanto horizontalmente reforçando o cuidado extremo na interpretação dos dados da amostragem de solo, especialmente em SAFs jovens onde a movimentação de nitrato no solo é propensa a grandes incertezas.

A disponibilização de nitrogênio em SAFs pode apresentar grande variabilidade, pois as qualidades dos materiais vegetais advindos das podas de diferentes árvores, apresentam diferentes características onde cada espécie possui uma exigência nutricional que reflete em diferentes quantidades de nutrientes e assim na disponibilidade no solo (PALM, 1995).

Como observado por Nair et al., (2009c), que mostra que as taxas de sequestro de carbono possuem alta variabilidade dentro dos SAFs, pois essa dinâmica depende de uma série de fatores que podem dar características peculiares a cada Sistema. Dentro desses fatores podemos citar as características das espécies utilizadas, o manejo do sistema, as características do solo e do sistema, que podem variar e possuir alta correlação entre si (PALM, 1995; NAIR et al., 2009c).

Os SAFs Sucessionais utilizam da sucessão e diversidade de espécies vegetais em sua composição (PENEIREIRO, 1999), e apresentam manejos diferenciando, em função do *input* de massa e energia no solo (fitomassa, adubação e irrigação), para cada ambiente dentro do próprio sistema. Contudo, através das peculiaridades em função das entradas e exportações diferenciadas de nutrientes, o SAF aponta para distribuição desuniforme da fertilidade e carbono no solo.

O Sistema apresentou pH do solo moderadamente elevado, ultrapassando a faixa de 6,0-6,5 recomendada para o pleno crescimento vegetal da maioria das culturas (FAQUIN, 2005), principalmente para os tratamentos CR e CA até 20cm de profundidade. Como observado por Silva (2012) a utilização do pó de rocha do tipo Biotitaxisto possui a capacidade de alterar e assim elevar o pH do solo. Dentro de Sistemas Agroflorestais Sucessionais que utilizam pó de rocha, Hoffmann (2013), encontrou o mesmo padrão de moderada elevação no pH do solo.

Uma elevação nos valores de pH pode refletir em uma maior eletropositividade no solo e assim na lixiviação de nutrientes catiônicos (BRADY & WEIL, 2013). Dessa maneira, a lixiviação pode explicar a diferença nas concentrações de K ( $K^+$ ) até maiores profundidades (230 e 212 mg kg<sup>-1</sup> nas profundidades de 30-40 e 40-60, respectivamente) no ambiente CR. A lixiviação de potássio também está diretamente ligada a quantidade do nutriente presente no solo, assim dependendo no estado inicial do solo a adubação de K pode causar a percolação desse elemento (ROSOLEM et al., 2006; WERLER et al., 2008).

As maiores concentrações de C foram encontradas para o Sistema Agroflorestal quando comparado a Cerrado (CE) e pastagem abandonada (PA) de áreas vizinhas, especialmente para os tratamentos CR e CA. Esse fato é reflexo do elevado *input* de fitomassa no solo e da irrigação do sistema o que aponta para o aumento do carbono no solo. Mesmo padrão observado por Mafra et al., (1998), onde em consórcio de Leucena e Milho em Botucatu – SP, encontrou maiores valores de matéria orgânica no solo (52 t/ha) em comparação a ecossistema nativo de Cerrado (36,2 t/ha), a partir de diferentes quantidades de *input* de fitomassa entre os sistemas.

No CR, as concentrações de nitrogênio (N) são mais aproximadas de sistemas manejo intensivos, como plantio de Eucalipto no Cerrado, e destoam de outros sistemas Agroflorestais sobre Latossolo no Cerrado e Amazônia (Tabela 9). Entretanto, os valores do canteiro de árvores se aproximam dos Sistemas Agrosilvopastoris estudados por Wendling et al., (2011), apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Estimativas de concentrações de nitrogênio no solo em diversos sistemas de uso Agroflorestal no Cerrado e Amazônia.

Nitrogênio		
Estudos em Latossolo	Profundidade	N (%)
Sistema Agroflorestal Sucessional (Alves, 2012)	0-5cm	0,21
Sistema Agrosilvopastoril (Wendling et al., 2011)	0-10cm	1,21
Sistema Agroflorestal com Ingá + Uva do Japão + Café (Vilela e Mendonça, 2013)	0-20cm	0,56
Sistema Agroflorestal de Alta Diversidade Amazônia (Santiago et al., 2013)	0-10cm	1,50
Eucalipto (Ensina et al., 2014)	0-10cm	1,98
Canteiro de Roça (CR) Sistema Agroflorestal Sucessional (presente estudo)	0-5cm	1,96
	5-10cm	1,41
Canteiro de Arvore (CA) Sistema Agroflorestal Sucessional (presente estudo)	0-5cm	1,19
	5-10cm	1,03

Os Mesmos padrões de superação de valores foram observados para Potássio (K), pH e saturação por bases (V%) dentro do tratamento CR do SAF estudado, em comparação a outros sistemas sobre Latossolo vermelho, onde somente os resultados relatados por Alves, (2012), se aproximaram dos valores adequados para a produção de cultura como cereais, café, frutíferas tropicais e leguminosas herbáceas/arbustivas, de 60 % em média (ALVAREZ, et al., 1999).

**Tabela 10.** Estimativas de concentrações de pH em água, Potássio (K) e Saturação por bases (V%) no solo em diversos sistemas de uso Agroflorestal no Cerrado e Amazônia.

Estudos em Latossolo	Profundidade	pH (H <sub>2</sub> O)	K (me/100cc)	V (%)
Sistema Agroflorestal Sucessional, DF (Alves, 2012)	0-20cm	5,4	152	57
Sistema Agroflorestal Café + Ingá (Salgado et al., 2006)	0-20cm	4,9	58	29
Sistema Agroflorestal com Cacau, Bahia (Barreto et al., 2006)	0-10cm	5,1	46	32
Canteiro de roça (CR) Sistema Agroflorestal Sucessional (presente estudo)	0-5cm	6,9	687	82
	5-10cm	6,8	567	79

Essa diferença dos atributos do solo entre os sistemas é reflexo do intenso *input* empregado no Sistema Agroflorestal estudado, que enfatiza ainda mais a percepção de entrada e saída de massa e energia e os tipos de manejo existentes para o sistema, para assim melhorar

a produtividade e otimizar o balanço de massa e energia. Entretanto esse intenso *input* aponta para um favorecimento dos atributos do solo. Desta maneira reforça o caráter sintrópico do SAF, eficiência energética, quando comparada à entropia da agricultura, onde baixa eficiência de utilização de energia, provocando muitas vezes a degradação do meio ambiente e perda de produtividade (MATSUMURA, 2016).

Porém, nesse estudo, pouco foi esclarecido sobre a dinâmica temporal da fertilidade e carbono no solo, tampouco as saídas e perdas que o sistema pode estar sofrendo. Nesse sentido, não se pode afirmar, em longo prazo, que houve favorecimento das propriedades do solo. Contudo esse trabalho reforça a ideia de começar a ultrapassar a barreira dos empirismos muitas vezes empregados em SAFs, e contribui para a expansão de agroecossistemas mais sustentáveis para a produção de alimentos.

Esses benefícios apontados pelo sistema tem um preço relativamente alto, pois se foram encontrados valores de atributos do solo nessa magnitude entende-se que houve um elevado investimento de massa e energia no sistema pela adição de insumos (Tabela 3). Dessa maneira o balanço de massa e energia dos SAFs deve estar esclarecidos a produtores, assistências técnicas e amantes, para garantir a produtividade e desmistificação do sistema. Contudo para efetivamente absorver a capacidade de eficiência da utilização de insumo dos SAFs, esse padrão de distribuição e quantidade de *input* de insumos não deve ser ignorado.

## 6. CONCLUSÃO

- O efeito do histórico de manejo do SAF refletiu na distribuição desuniforme de nutrientes e carbono no solo dentro do sistema, onde o ambiente que recebe pontualmente o ciclo de roça CR, apresentou maiores concentrações seguido de CA e por fim EC.
- Tendo em vista a variabilidade espacial verificada para todos os atributos do solo, foi demonstrada a importância na espacialização da amostragem em função das entradas e saídas diferenciadas de matéria e energia em SAFs biodiversos.
- Esse trabalho sinaliza que o produtor pode otimizar a quantidade de insumos aplicados nas reformas, o que pode garantir aumento da eficiência na adubação e redução de custos.

## 7. REFERÊNCIAS

ADDERLEY, W.P.; JENKINS, D.A.; SINCLAIR, F.L., STEVENS P.A.; VERINUMBE, I. The influence of soil variability on tree establishment at an experimental agroforestry site in North East Nigeria, **Soil Use and Management**, p. 1-8, 1997.

AGENDA GOTSCH. Sintropia: Universo de conceito. Disponível em: <<http://agendagotsch.com/pt/syntropy>>. Acesso em 16 de março de 2017.

ALVAREZ, V.H.V.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, AC.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H.V. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. **CFSEMG**, p. 67-78, 1999.

ALVES, R.P. Dinâmica de nitrogênio em sistema agroflorestal na região de cerrado (Brasil central). **Trabalho de Conclusão de Curso (Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília**, 66p, 2012.

ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiol**, v. 14, n. 2, p. 371-375, 1939.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 415-425, 2006.

BARRETO, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; FONTES, A.G.; POLIDORO, J.C.; MOÇO, M.K.S.; MACHADO, R.C.R.; Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 81, n. 3, p. 213-220, 2011.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R.; Matéria orgânica no solo. In: **Elementos da natureza e propriedades do solo**, Tradução técnica: Igor Fernando Lepsch. 3. ed., Bookman, p. 398-435, 2013.

BRANCO, S.M.; CAVINATTO, V.M. Solos: A base da vida terrestre. **Moderna**, 79 p., 1999.

CAMPOS, M.C.C.; SOARES, M.D.R.; OLIVEIRA, I.A.; SANTOS, L.A.C.; AQUINO, R.E. Spatial variability of physical attribute in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 149-159, 2013.

CANTARELLA, H. Nitrogênio in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470, 2007.

CHAND, S. Terminology of soil fertility, fertilizer and organics. **Daya publishing house a division of: Astral International**, New Delhi, 2014.

COELHO, G.C. Sistemas agroflorestais. **Rima**, 184p, 2012.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 91-132, 2007.

DUBOIS, J. Classificação e breve caracterização de SAF's e práticas agroflorestais in: Manual agroflorestal para a mata atlântica. Deitenbach, A; Floriani, GS; Dubois, JCL; Vivan, JV. **Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA)**, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: **Embrapa solos**, ed. 2, 247 p., 1997.

ENSINAS, S.C.; MARCHETTI, M.E.; SILVA, E.F.; POTRICH, D.C.; MARTINEZ, M.A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 24-36, 2014.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 551-594, 2007.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. **Pós graduação “latu-sensu” (Especialização) a distância (Solos e meio ambiente) – Universidade Federal de Lavras**, 186p, 2005.

FAO, (Food and agriculture organization of the United States). **Strategic work of FAO for Sustainable Food and Agriculture**, p. 28, 2017.

FRANCO, F.S.; COUTO, L.; CARVALHO, A.F.; JUCKSCH, I.; FILHO, E.I.F.; SILVA, E.; NETO, A.M. 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.

GARCÍA-RUIZ, J.M.; BEGUERÍA, S.; NADAL-ROMERO, E.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C.; LANA-RENAULT, N.; SANJUÁN, Y.; A meta-analysis of soil erosion rates across the world. **Geomorphology**, v. 239, p. 160-173, 2015.

GOETSCH, E. Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery. **Fazenda Três Colinas Agrosilvicultura Ltda.** Disponível em <[http://www. agrofloresta.net/artigos/agroforestry\\_1992\\_Götsch](http://www.agrofloresta.net/artigos/agroforestry_1992_Götsch)>, 1992. Acesso em 16 de março de 2017.

GOMES, L.C.; MARIA, C.I.; SÁ, M.E.; ALVES, F.R.B.; SCHIAVON, L.V.; SENA, O.T. Trees modify the dynamics of soil CO<sub>2</sub> efflux in coffee agroforestry systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 224, p. 30-39, 2016.

GUIMARÃES, G.P.; MENDONÇA, E.S.; PASSOS, R.R.; ANDRADE, F.V. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

HANISCH, S.; DARA, Z.; BRINKMANN, K.; BUERKERT, A. Soil fertility and nutrient status of traditional Gayo coffee agroforestry systems in the Takengon region, Aceh Province,

Indonesia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, v. 112, n. 2, p. 87-100, 2011.

HARTEMINK, A.E. Soil fertility decline in the tropics: With case studies on plantations. **Cabi**, 2013.

HOBIIIE, S.E. Plant species effects on nutrients cycling: revisiting litter feedbacks. **Trends in Ecology & Evolution**, 7 p., 2015.

HOFFMANN, M.R.H. Sistemas Agroflorestais para Agricultura Familiar: análise econômica. **Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília**, 140p, 2013.

HUNKE, P.; ROLLER, R.; ZEIHOFER, P.; SCHRÖNDER, B.; MUELLER, N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 4, p. 31-43, 2015.

ISSAH, G.; KIMARO, A.A.; KORT, J.; KNIGHT, J.D. Quantifying biological nitrogen fixation of agroforestry shrub species using <sup>15</sup>N dilution techniques under greenhouse conditions. **Agroforestry systems**, v. 88, n. 4, p. 607-617, 2014.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; FARDIM, M.P.; PONTES, T.M.; SARMIENTO, F. Litter production and potential nutrient input of native tree species in an agroforestry system at zona da mata, MG, Brazil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.

LEHMANN, J.; GÜNTHER, D.; MOTA, M.S.; ALMEIDA, M.P.; ZECH, W.; KAISER, K. Inorganic and organic soil phosphorus and sulfur pools in an Amazonian multistrata agroforestry system. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 2, p. 113-124, 2001.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A.H.; SOUZA, V.F.; QUISEN, R.C. Composição nutricional e quantidade de serapilheira em sistema agroflorestal em solo de baixa fertilidade. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais – Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida**, 2002.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1-64, 2007.

LORENZ, K.; LAL, RATTAN. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 2, p. 443-454, 2014.

LORO, L.V.; CARVALHO, L.A.; NOVAK, E.; PORTILHO, I.I.R.; BRUMATTI, A.V. Caracterização de atributos químicos do solo em diferentes sistemas de manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016.

LUZ, I.S.B. Sistemas agroflorestais sucessionais: viabilidade financeira para a agricultura familiar. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília**, 65p, 2015.

MACEDO, J. Os solos da região dos Cerrados. In: ALVARES V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. **Viçosa**, p.135-155, 1996.

MAFRA, A.L.; WOLINSK MILÓS, A.A.; VOCURCA, H.L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo “cultivo em aléias” e em cerrado na região de Botucatu, SP, **Scientia Forestalis**, n. 54, p. 41-54, 1998.

MAHIEU, S.; METAY, A.; BRUNEL, B.; DUFOUR, L. Nitrogen fluxes in chickpea grown in Mediterranean agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 2, p. 313-324, 2016.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. **Ceres**, 251p, 1980.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações agronômicas**, v. 121, 2008.

MATSUMURA, E.S. A agricultura convencional e a agricultura sintrópica: uma discussão inicial. **Trabalho de conclusão de curso – Unesp**, 40p, 2016.

MBOW, C.; SMITH, P.; SKOLE, D.; DUGUMA, L.; BUSTAMANTE, M. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 8-14, 2014.

MEKONNEN, K.; BURESH, R.C.; KIPLETING, K.M. Root length and nitrate under *Sesbania Sesban*: Vertical and horizontal distribution and variability. **Agroforestry Systems**, p. 265-282, 1999.

MENEZES, J.M.T.; VAN LEEUWN, J.; VALERI, S.V.; DA CRUZ, M.C.P.; LEANDRO, C.R. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 893-898, 2008.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F.M.; MARQUES, H.R.; VIEIRA, D.L.M; ARCO-VERDE, M.F.; HOFFMANN, M.R.; REHDER, T.; PEREIRA, A.V.B. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: Como conciliar conservação com produção opções para Cerrado e Caatinga. **Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal**, 266p, 2016.

MONTAGININI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: Na underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, p. 281-295, 2004.

MORENO-CALLES, A.I.; CASAS, A. Agroforestry systems: restoration of semiarid zones in the Tehuacán Valley, Central Mexico. **Ecological Restoration**, v. 28, n. 3, p. 361-368, 2010.

NAIR, R.P.K.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009b.

NAIR, R.P.K.; NAIR, V.D.; KUMAR, B.M.; HAILE, S.G. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environmental Science & Policy**, p. 1099-1111, 2009c.

NAIR, P.K.R.; NAIR, V.D.; MOHAN-KUMAR, B.; SHOWALTER, J.M. Carbon sequestration in agroforestry systems in: **Advances in Agronomy**, Chapter 5, p. 237 – 307, 2010a.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 133-204, 2007.

PALM, C.A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. **Agroforestry Systems**, p. 105-124, 1995.

PENEIREIRO, F.M. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo**, 149p, 1999.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2015.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida e J.F. Ribeiro, eds). Embrapa Cerrados, p. 151-212, 2008.

RICKLEFS, R.; RELYEA, R. A economia da natureza. Tradução técnica: Ana Claudia de Macêdo Vieira et al., **Guanabara Koogan**, 7 ed., 606p, 2016.

ROSOLEM, C.A.; GARCIA, R.A.; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 30, n. 5, p. 813-819, 2006.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; LAL, R.; DICK, W.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, p. 56-64, 2009.

SALGADO, B.G.; MACEDO, R.L.G.; ALVARENGA, M.I.N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em Lavras – MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SANTIAGO, W.R.; VASCONCELOS, S.S.; KATO, O.R.; BISPO, C.J.C.; RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; CASTELLANI, D.C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n.4, p. 395-406, 2013.

SANTOS, W.M.; SILVA, F.B.; SOUZA, M.G.C.; CONCEIÇÃO, A.K.R. Comparativo de impactos ambientais entre manejo de culturas: sistema agroflorestal e monoculturas. *Cadernos de Agroecologia*, v. 10, n. 3, 5 p., 2015.

SAMPAIO, J.A.G.; DEZORDI, M.J. HOFFMANN, M.; NARDOTO, G.B. Economia monetária de fertilizantes nitrogenados e valoração de créditos de carbono de um sistema agroflorestal em área de Cerrado do Brasil Central. *Cadernos de Agroecologia*, v. 9, n. 3, 2014.

SILVA, F. A. M., EVANGELISTA, B. A., MALAQUIAS, J. V., 2014. Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados. **Embrapa Cerrados**, Documento, 321, 98p, 2015.

SITIO SEMENTE. Disponível em <[www.sitosemente.com](http://www.sitosemente.com)>. Acesso em 15 de março de 2017.

SCHROTH, G.; HARVEY, C.A.; VICENT, G. Complex agroforests: their structure, diversity, and potential role in landscape conservation. **Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes**, p. 227-260, 2004.

SILVA, I.R.; MEDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo in: Fertilidade do solo. Novais, RF; Alvarez, VVH; Barros, NF; Fontes, RLF, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 275-374, 2007.

VILELA E.F. & MENDONÇA, E.S. Impacto de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: Modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, v. 8, p. 354-363, 2013.

WATLING, J; IRIARTE, J; MAYLE, F. E, SCHAAN, D; PESSEDA, L.C.R; LOADER, N.J; STREET-PERROTT, F.A; DICKAU, R.E; DAMASCENO, A; RANZI, A; Impact of pre-Columbian “geoglyph” builders on Amazonian forests. **PNAS**, v. 114, p. 1868-1873, 2017.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; VINHAL-FREITAS, I.C. Mudança no carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrossilvipastoril. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 641-653, 2011.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

WHEELER, T.; VON BRAUN, J. Climate change impacts on global food security. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 508-513, 2013.

ZUCCA, C.; BIANCALANI, R.; KAPUR, S.; AKÇA, E.; ZDRULI, P.; MONTANARELLA, L.; NACHTERGAELE, F. The role of soil information in land degradation and desertification mapping: **A review. Soil Security for Ecosystem Management**, Springer International Publishing, p. 31-59, 2014.