



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UNB PLANALTINA

MÁBIA KELLY DE ABREU SERPE

**PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS, RESISTIVIDADE E RELAÇÃO
CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL
MECANIZADO EM REGIÃO DE CERRADO DO BRASIL CENTRAL**

PLANALTINA-DF

2015

MÁBIA KELLY DE ABREU SERPE

**PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS, RESISTIVIDADE E RELAÇÃO
CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL
MECANIZADO EM REGIÃO DE CERRADO DO BRASIL CENTRAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso
de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto

PLANALTINA-DF

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Serpe, Mábia Kelly de Abreu

Parâmetros físicos e químicos, resistividade e relação carbono e nitrogênio em solo de sistema agroflorestal mecanizado em região de Cerrado do Brasil Central / Mábia Kelly de Abreu Serpe. Planaltina- DF, 2015 55f

Monografia - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.
Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.
Orientadora: Gabriela Bielefeld Nardoto

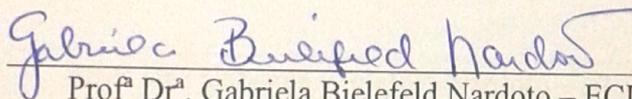
1. Carbono e nitrogênio no solo 2. Sistemas agroflorestais 3. Cerrado. I. Serpe, Mábia. II. Título.

**PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS, RESISTIVIDADE E RELAÇÃO
CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL
MECANIZADO EM REGIÃO DE CERRADO DO BRASIL CENTRAL**

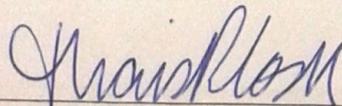
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

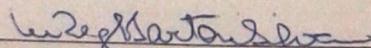
Planaltina-DF, 04 de Dezembro de 2015



Profª Drª. Gabriela Bielefeld Nardoto – ECL/IB/UnB
(Orientadora)



Drª. Thais Rodrigues Coser – FAV/UnB
(Examinadora Externa)



Dra. Maria Regina Silveira Sartori da Silva – ECL/UnB
(Examinadora Interna)

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão

João Carlos, Magda e João Lúcio,

que sempre me ofereceram amor e apoio incondicional.

Agradecimentos

À Deus, por conceder a vida e acalantar meu coração nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, João Carlos e Magda dos Reis e ao meu irmão João Lúcio que sempre deram apoio e incentivo pra voar mais alto, me ajudando a ser confiante mesmo quando perdi as forças.

À minha orientadora Gabriela Bielefeld Nardoto, por ter aceitado me orientar nesse desafio, pela oportunidade, e pela paciência com minhas dificuldades.

Ao Carlos Eduardo, pelo companheirismo, amizade, paciência e amor. Obrigada por segurar a minha mão, por estar sempre ao meu lado e me fazer acreditar que tudo posso.

Ao Maurício Hoffman por me permitir trabalhar em sua área,

Ao professor Carlos Tadeu, por me coorientar neste trabalho, por sua paciência e disposição e tirar todas as minhas dúvidas.

Ao Ray Alves e ao Tiago Kisaka, por sempre estarem de prontidão para me ajudar com todas as dúvidas, me dando conselhos e sugestões.

À todos os colegas do Laboratório de Solos, e aos colegas do NEAT (Núcleo de Estudos em Ambientes Tropicais), por contribuírem na minha percepção de ciência.

À todos os professores que já passaram pela minha jornada, me incentivaram e mostraram o valor do conhecimento.

Às queridas Muna e Izabel que influenciaram diretamente na escolha deste curso, obrigada por me apresentarem o Cerrado e me mostrarem que vale a pena lutar por ele.

Ao meu orientador de estágio Fernando Rocha – Embrapa Cerrados, pela disposição em esclarecer minhas dúvidas, e por contribuir com minha formação acadêmica.

À todos os meus colegas da Gestão Ambiental, que em algum momento tornaram a jornada mais divertida e mais doce. Obrigada.

À todos que contribuíram de forma direta e intensa para que este trabalho fosse realizado.

Meus sinceros agradecimentos.

“Procuro semear otimismo e plantar sementes de paz e justiça. Digo o que penso, com esperança. Penso no que faço, com fé. Faço o que devo fazer, com amor. Eu me esforço para ser cada dia melhor, pois bondade também se aprende. Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir.”

Cora Coralina

Sumário

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO	9
1.Introdução.....	11
2.Objetivo	13
3.Revisão Bibliográfica	13
3.1.O modelo agrícola atual.....	13
3.2.A influência do modelo de produção atual no Cerrado.....	14
3.3.Estado da qualidade do solo no Cerrado.....	15
3.4.Importância da dinâmica de Carbono e Nitrogênio no solo.....	16
3.5.SAF como alternativa de produção.....	17
3.5.1.Sistemas agroflorestais mecanizados	18
3.6.SAF como ferramenta de restauração dos ecossistemas	19
4.Material e Métodos	20
4.1.Área de estudo	20
4.2.Amostragem.....	22
4.3.Resistividade.....	24
4.4.Análises laboratoriais.....	25
4.5. Análises estatísticas	26
5.Resultados e Discussão.....	27
5.1.Composição Física do solo	28
5.2. Composição química do solo.....	33
6.Considerações Finais	42
7.Referências Bibliográficas.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1–Procedimento metodológico adotado para as áreas de estudo.....	22
Figura 2- Vista aérea do Sítio D'agrofloresta com destaque para a área em vermelho, onde foram realizadas as coletas. Adaptado de ALVES, 2012.....	23
Figura 3- Variação da média mensal de precipitação pluvial e temperatura no período de setembro/2014 abril/2015. Fonte: Embrapa Cerrados.....	24
Figura 4- Desenho experimental e amostragem realizada.....	25
Figura 5- Mapa de elevação da área de estudo.....	29
Figura 6 - Composição granulométrica do solo (0-15 cm de profundidade) da área de estudo, onde no eixo X se encontram os pontos amostrados e o eixo Y corresponde aos percentuais encontrados para silte, areia e argila.....	30
Figura 7 - Teor de argila no solo (0-15 cm de profundidade) da área de estudo.....	31
Figura 8 - Teor gravimétrico de água no solo (%), em 0-15 cm de profundidade, nas áreas de pousio e SAF sendo A- Estação seca e B- Estação chuvosa.....	31
Figura 9– Resistividade aparente do solo em Ohm.m (0-15 de profundidade), nas áreas de pousio e SAF, sendo A- Estação seca e B- Estação chuvosa.....	32
Figura 10 – Mapa de agrupamentos das variáveis físicas obtidas entre 0-15 cm de profundidade na área de estudo.....	34
Figura 11 Teores de carbono e nitrogênio total no solo (0-15 cm de profundidade) das áreas estudada. A- Carbono total. B- Nitrogênio total. C- Razão C/N.....	37
Figura 12- Agrupamentos formados pela análise de Cluster a partir das análises das variáveis químicas do solo da área estudada.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de pH coletados na seca e chuva nas áreas de pousio e SAF.....	35
Tabela 2- Composição química do solo na área de estudo (valores médios).....	36
Tabela 3 - Análises de normalidade e testes de hipóteses aplicados.....	39

RESUMO

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS, RESISTIVIDADE E RELAÇÃO CARBONO E NITROGÊNIO EM SOLO DE SISTEMA AGROFLORESTAL MECANIZADO EM REGIÃO DE CERRADO DO BRASIL CENTRAL

Com a intensificação na mudança de uso e cobertura do solo, cerca da metade do bioma Cerrado vem sofrendo conversão de paisagem nativa em pastagens e áreas agrícolas com influência direta na qualidade do solo. Os Sistemas Agroflorestais (SAF) têm se apresentado como uma alternativa conservacionista, visto que seu arranjo e forma de manejo tendem a melhorar a qualidade do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros físicos e químicos, a resistividade e a relação carbono e nitrogênio em solo de um SAF mecanizado e comparar com uma área de pousio adjacente, a fim de realizar o diagnóstico sobre o estado de conservação do solo. A área estudada está localizada na sub-bacia do Ribeirão Santa Rita, Planaltina, DF, sendo uma área de pousio com histórico de plantio convencional e posteriormente manejo de braquiária com leguminosas e um SAF mecanizado adjacentes. Amostras de solo no intervalo de 0-15 cm de profundidade foram coletadas e a resistividade elétrica do solo foi obtida em campo pelo método de corrente contínua. No laboratório, determinou-se o pH em H₂O e KCl, o teor gravimétrico de água no solo, a textura e composição química do solo, e a razão carbono e nitrogênio total do solo. A textura da área se classificou como muito argilosa, o teor gravimétrico variou entre 24,3 (±3,7) e 27,1 (±4,6) % no período de seca, e entre 43,2 (±4,06) e 47,5 (±6,4) % no período chuvoso. A resistividade ficou entre 4.292 (±933) e 1.896 (±1.036) Ohm.m no período de seca, e entre 1.048 (±155) e 666 (±125) Ohm.m no período chuvoso. A resistividade elétrica se mostrou como uma alternativa para caracterização do solo, visto que os dados encontrados foram condizentes com as análises de teor gravimétrico e textura do solo. Em relação aos parâmetros químicos, a análise de Cluster apresentou formação de dois grandes grupos, definidos pelo manejo adotado na área. A implementação do SAF proporcionou uma redução na razão C/N do solo. Mesmo o manejo implantado na área de pousio, se mostra benéfico para o solo, podendo assim, se apresentar como alternativa inicial de implantação para recuperação da qualidade do solo.

Palavras-Chave: Carbono, nitrogênio, resistividade elétrica, agrossistemas

ABSTRACT

**PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS, RESISTIVITY AND CARBON
AND NITROGEN RELATIONSHIP IN SOIL OF A MECHANIZED
AGROFORESTRY SYSTEM IN THE CENTRAL BRAZILIAN SAVANNAS**

With the intensification of land use and change about half of the Cerrado biome has been converted to pastures and agricultural areas with direct influence on soil quality. The agroforestry systems (SAF) have been presented as a conservative alternative, since their arrangement and form of management tend to improve soil quality. The objective of this study was to determine the physical and chemical parameters, resistivity and carbon and nitrogen in the soil of a mechanized SAF and compare with a fallow adjacent area in order to make a diagnosis on the state of soil conservation. The area studied is located in the sub-basin of the Ribeirão Santa Rita, Planaltina, DF, with the fallow area with conventional tillage and further management with braquiaria and leguminous history and an adjacent mechanized SAF. Soil samples in the range of 0-15 cm depth were collected and the electrical soil resistivity was obtained in the field by DC method. In the laboratory, the pH was determined in H₂O and KCl, the gravimetric water content in the soil, soil texture chemical composition, and the total carbon and nitrogen in the soil. The soil texture of the area was classified as very clayey, the gravimetric content ranged from 24.3 (\pm 3.70) and 27.1 (\pm 4.6) % in the dry season and between 43.2 (\pm 4.06) and 47.5 (\pm 6.4)% in the rainy season. The resistivity was among 4,292 (\pm 933) and 1,896 (\pm 1,036) ohm.m in the dry season, and between 1048 (\pm 155) and 666 (\pm 125) ohm.m in the rainy season. The electrical resistivity was shown as an alternative to characterize the soil, since the results were consistent with the gravimetric content analysis and texture. Regarding chemical parameters, the Cluster analysis showed a formation of two different groups defined by the management adopted in every area. The implementation of the mechanized SAF resulted in a decrease of the soil C/N ratio which may have direct influence the chemical composition of the soil in the area, and even the management adopted in the fallow area has showed to be beneficial to the soil and can thus present itself as an initial alternative of to recover soil quality after disturbance.

Keywords: Carbon, nitrogen, electrical resistivity, agro-systems, Cerrado.

1. Introdução

Dada a intensificação na mudança no uso e cobertura do solo, aproximadamente metade do bioma Cerrado, que possui em sua totalidade 2.036.448 km², vêm sofrendo conversão de paisagem nativa em áreas agrícolas de pastagens plantadas, e com outros tipos de uso (KLINK; MACHADO 2005; BEUCHLE *et al.* 2015). Diante deste cenário, é esperado que tenham ocorrido ou venham a ocorrer grandes alterações nos ecossistemas, e consequentemente nos ciclos biogeoquímicos (CHAPIN *et al.* 2011; ROCKSTROM *et al.* 2009).

O grande desafio atual, tem sido diminuir os fatores de degradação ambiental, perante a necessidade de fornecer continuação à produção e suprir a demanda agrícola (TEODORO, 2014), uma vez que, práticas inadequadas de manejo diminuem a qualidade do solo, tanto de parâmetros físicos e químicos, quanto biológicos; o que prejudica a prestação de serviços ambientais ao ecossistema (COSTA *et al.* 2003; NUNES, 2003; ALVES, 2012).

De acordo com Doran & Parkin (1994), a qualidade do solo consiste na capacidade de esse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são formas de uso da terra onde espécies perenes lenhosas, sejam estas, árvores, arbustos ou afins; são consorciadas com cultivos agrícolas e/ou animais. Entretanto, este consórcio só pode ser chamado agroflorestal se apresentar entre seus componentes pelo menos uma espécie nativa (DUBOIS, 2008). Tais agrossistemas tem se destacado por serem menos agressivos e de menor impacto ao meio ambiente, com foco na sustentabilidade do sistema, destacando-se práticas de redução/substituição de insumos externos e práticas prejudiciais ao meio, optando pela transição de práticas convencionais, com uso intensivo de adubos e fertilizantes químicos; para conservacionistas, buscando um maior aporte de resíduos vegetais no solo, e uso de adubos orgânicos, procurando substituir a intensidade de agentes degradantes, com foco na sustentabilidade do sistema (PALUDO; COSTABEBER, 2012).

Em síntese, estes sistemas têm se apresentado como uma alternativa de uso mais sustentável (AMADOR; VIANA, 1998), visto que seu arranjo e forma de manejo tendem a melhorar a qualidade do solo, promovendo aumento nos níveis de matéria orgânica no solo

(SOMARRIBA, 1992), além de possibilitar o aumento de produtividade e recuperação de áreas degradadas.

Nos SAF, a biomassa aérea e o solo funcionam como reservas para acumulação de grandes quantidades de carbono em seus compartimentos, estes, sob as condições de manejo adequadas podem estocar até 228 t ha⁻¹ de carbono, incluindo o que se encontra retido no solo em até 100 cm de profundidade (DIXON, 1995). De acordo com o manejo e o uso do solo, o mesmo pode trabalhar como um emissor de CO₂ para a atmosfera, ou em outros casos, pode funcionar como um sistema de drenagem, pelo seu acúmulo em forma de matéria orgânica. (PULROLNIK, 2009).

Quanto à dinâmica de nitrogênio no Cerrado, de forma geral esse bioma se mostra com limitações de N, e as taxas de ciclagem se diferem de acordo com alguns fatores, como a densidade de cobertura lenhosa, frequência de queima, mudanças de uso da terra, deposição e fixação de N. Além disso, a variação climática bem definida em ecossistemas savânicos como o Cerrado, e a variabilidade na quantidade de chuva interanual influencia a regulação da ciclagem biogeoquímica nos ecossistemas em questão, pois com início do período chuvoso atuam sobre a liberação de nutrientes e a dinâmica entre microrganismos e vegetação (BUSTAMANTE *et al.*, 2006; BUSTAMANTE *et al.*, 2012).

Na região central do Brasil, vários trabalhos de caracterização de solos têm sido realizados por meio da geofísica, visto que, seus métodos possibilitam a obtenção de estimativas acerca das condições do solo, com rapidez e de forma não invasiva (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Dentre os métodos geofísicos existentes a resistividade elétrica é uma ferramenta auxiliar na caracterização de solos, uma vez que pode ser condicionada pelos teores de umidade e textura do local (BECEGATO; FERREIRA, 2005).

De acordo com Davis (1986), as análises de agrupamentos buscam definir grupos dentro de um conjunto maior de objetos, com o intuito de estabelecer a semelhança entre eles. O procedimento habitualmente começa considerando cada objeto como sendo um conjunto unitário, e a partir daí os conjuntos são reunidos com base na sua similaridade. Em síntese, nesta análise é reconhecida uma estrutura que segue um padrão de variabilidade entre os objetos amostrados, e então os classifica em grupos homogêneos (VIDIGAL, 1988).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros físicos e químicos, a resistividade e a relação carbono e nitrogênio em solo de um sistema agroflorestal mecanizado e comparar com uma área de pousio adjacente, a fim de realizar o diagnóstico sobre o estado de conservação do solo.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. O modelo agrícola atual

Estudos recentes mostram que a agricultura têm ocupado aproximadamente 38% da porção terrestre do nosso planeta (FOLEY *et al.* 2011). Esta área é quase toda a área que há disponível para agricultura, pois todo o restante existe como desertos, montanhas, tundra, cidades, reservas ecológicas e outros tipos de áreas não agricultáveis (FOLEY *et al.* 2011, Ellis *et al.* 2010).

Em âmbito mundial, a agricultura tem se apresentado como uma força dominante que atua como possível causador de diversas mudanças ambientais. Tais como mudanças climáticas e de biodiversidade e degradação de solos e água, interferindo de forma significativa nos limites planetários (FOLEY *et al.* 2011, ROCKSTROM *et al.* 2009). Já em âmbito nacional, desde a década de 70 houve a implementação de um conjunto de programas que beneficiavam a população rural, no intuito de atrair a população urbana para o cultivo ; além de ser iniciada a adoção de tecnologias (NASCIMENTO, 2009) que aumentam a produção e a produtividade, o que foi compreendido ao longo dos anos como “desenvolvimento rural” (NAVARRO, 2001).

Esse último fator contribuiu de forma determinante para o cenário atual, onde a maior parte da economia brasileira se baseia na agricultura. O aumento da produção tem contribuído fortemente para o crescimento econômico do país, visto que uma grande parcela do que é produzido é destinado á exportação. Entretanto, este crescimento não se estabeleceu sem custos. A expansão agrícola no país tem levantado questionamentos acerca do aumento de emissão de gases e diminuição nos estoques de carbono e perda de biodiversidade (RICHARDS, 2015).

A expansão da área agrícola ocorreu em função do crescimento e valorização econômica do território, entretanto, este processo se deu com exploração extrema de espaços e recursos naturais (NASCIMENTO, 2009).

3.2. A influência do modelo de produção atual no Cerrado

Neste cenário de expansão da agricultura brasileira, o Cerrado têm se apresentado como uma grande fronteira agrícola (BORLAUG, 2002). Aproximadamente metade dos 2.036.448 km² do bioma já teve sua paisagem convertida em pastagens, plantios de culturas anuais e outros tipos de uso (KLINK; MACHADO, 2005; BEUCHLE *et al.* 2015). Desde a década de setenta, tem ocorrido um aumento significativo do crescimento demográfico, e a vegetação nativa do Cerrado tem sido substituída por monoculturas como soja e pastagens, além da ocupação para a habitação e pelas cidades. Esta ocupação humana e conversão de paisagem transformaram o Cerrado em um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (FERNANDES; PESSÔA, 2011; MYERS *et al.*, 2000).

Dias (1992) relata que o Cerrado não era um bioma valorizado por agentes de planejamento e financiamento, e pelos próprios agricultores, que apenas se utilizavam do bioma para atingir poucos objetivos específicos, como se houvesse muito pouco a se aproveitar na região.

Um dos fatores que auxiliou muito no estabelecimento da agricultura no Cerrado foi a topografia que, uma vez favorável à mecanização, diminui os custos de mão de obra na produção (GOEDERT, 1983). Além disso o Cerrado encontra-se próximo aos principais centros econômicos do país, o que favorece o potencial de competitividade de mercado, pelo grande número de exportações e implementação de inovação tecnológica. (MENKE *et al.*, 2009)

Mesmo com um solo inicialmente considerado pobre, não houveram obstáculos para a expansão da agricultura, principalmente a cultura da soja e de pastagens plantadas (KLINK; MACHADO, 2005).

Uma vez que os ritmos de expansão e a conversão do modo de uso do solo se apresentam de forma acelerada e contínua, este processo também acelera a degradação do meio. O que pode causar danos como perda de biodiversidade, erosão, poluição de corpos d'água dentre outros (KLINK; MOREIRA, 2002; FERNANDES; PESSÔA, 2011). Neste contexto de perda de biodiversidade, muitas espécies podem ser prejudicadas, o que pode resultar na perda de recursos genéticos importantes para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas (FERNANDES; PESSÔA, 2011).

Dentre os obstáculos que contribuem para a conservação do Cerrado, os principais consistem: no baixo valor atribuído aos seus recursos biológicos, na exploração não

sustentável dos recursos, e na insuficiência de conhecimentos sobre ecossistemas e espécies do bioma (KLINK *et al*, 1995; MAROUELLI, 2003).

3.3. Estado da qualidade do solo no Cerrado

Apesar de ter sido considerado durante muito tempo como impróprio para agricultura, o auxílio de pesquisas científicas, a implementação de tecnologias, e o desenvolvimento de produtos, favoreceu a expansão agrícola no bioma Cerrado (MAROUELLI, 2003).

Nos últimos anos, o Cerrado tem sido uma das áreas mais propícias para o cultivo de grãos por apresentar solos profundos, bem drenados e pouco inclinados, o que favorece a mecanização. A mecanização, o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos e o uso intensivo de irrigação, por meio da implantação de pivôs, contribuem para a perda da diversidade genética no ambiente (MAROUELLI, 2003).

Os solos do Cerrado são ácidos e apresentam altos índices de alumínio, além de uma alta capacidade de adsorção de fosfato, sendo assim precisam de grandes adições de fertilizantes fosfatados e calcário para atingir seu potencial produtivo (GOEDERT, 1983), De acordo com Cunha *et al*. (2001), estes sistemas de manejo aplicados na agricultura convencional provocam mudanças nas propriedades edáficas do solo que podem acarretar a perda de produção em poucos anos de uso.

No Brasil, o manejo com fogo tem sido utilizado durante muitos anos como alternativa para limpeza de áreas tanto agrícolas como florestais e para renovação de pastagens, Redin *et al* (2011), mostra que, o manejo com fogo, influencia diretamente os atributos físicos e químicos do solo, diminuindo o volume de macroporos, o tamanho de agregados, a taxa de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, sua umidade, aumento da resistência à penetração de raízes e da densidade do solo. Além de aumentar a susceptibilidade do solo a processos erosivos pela remoção de sua cobertura vegetal. Nos atributos químicos Redin *et al* (2011) mostra que muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com foco nas propriedades químicas, relatando aumento nos teores de N, P, K, Ca, Mg, entre outros nutrientes mineralizados após a passagem do fogo em conseqüência das cinzas possuírem alta concentração desses nutrientes. Além do que, a queima também reduz o aporte de matéria orgânica bruta e, conseqüentemente, altera o ciclo do carbono, contribuindo para a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera.

O modelo de produção intensiva baseado no crescente uso de fertilizantes, e revolvimento do solo têm prejudicado os serviços ambientais comumente prestados pelos ecossistemas e suas funções, pois, a partir do momento que o equilíbrio do ecossistema é alterado, podem ocorrer mudanças na dinâmica de matéria orgânica do solo. Os efeitos advindos dessa perturbação prejudicam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, visto que a estabilidade das frações minerais pode ser modificada pelo manejo da fração orgânica do solo. (CUNHA *et al.*, 2001)

Com todas estas alterações citadas, a capacidade de produção do solo fica comprometida ao longo do tempo e no decorrer dos processos produtivos, e devido à demanda de produção, a regeneração natural do solo é dificultada (MAROUELLI, 2003).

3.4. Importância da dinâmica de Carbono e Nitrogênio no solo

Os solos, a atmosfera e a vegetação são alguns dos principais reservatórios de carbono globais. O solo atua com protagonismo no processo de sequestro e emissão de carbono, o que torna possível observar sua existência em uma maior quantidade neste meio do que na atmosfera. Neste contexto, o solo se apresenta como uma alternativa para mitigação do aumento das concentrações de gases do efeito estufa. (LOVATO *et al.*, 2004).

O clima do planeta pode ser diretamente influenciado pelas atividades do uso da terra que atuam na modificação da quantidade de biomassa da vegetação e do solo, visto que podem transformar a quantidade de carbono que se encontra no solo, bem como a fração que é emitida para a atmosfera (PULRONIK, 2009). Desta forma, o estoque de carbono no solo pode sofrer mudanças com a alteração de sistemas naturais para sistemas de produção, por exemplo.

Para Nobre e Gash (1997), há uma maior conservação de matéria orgânica no solo em locais que mantêm a vegetação natural, uma vez que este solo não costuma ser revolvido. Assim, a quantidade de carbono na floresta costuma ser maior do que nas áreas de pastagem (ROSA *et al.* 2014).

É possível afirmar que o teor de carbono e nitrogênio do solo em diferentes sistemas dá subsídio para a avaliação da qualidade do mesmo. Além disso, a disponibilidade de nitrogênio no ecossistema revela os processos biogeoquímicos que acontecem no solo (ALVES, 2012). Neste contexto, procura-se o estabelecimento de sistemas de produção e manejo que favoreçam o aumento nos estoques de nutrientes no solo. Alguns estudos mostram que no Cerrado, pastagens que são bem manejadas podem

apresentar maiores estoques de carbono do que os registrados em vegetação nativa (PULRONIK, 2009, ROSCOE et al., 2006), pois estas, podem acumular maior biomassa.

Práticas conservacionistas poderiam ser utilizadas, a fim de se obter a diminuição das perturbações físicas no solo, o que garantiria a presença de matéria orgânica. Além disso, o uso racional de fontes de nitrogênio através de adubação ou inserção de espécies leguminosas consorciadas com gramíneas, poderia aumentar a biomassa e reduzir os níveis de degradação do solo (VALENTIM, 2004).

3.5. SAF como alternativa de produção

O sistema agroflorestal (SAF) pode ser definido como um sistema agropecuário que inclui componentes arbóreos ou lenhosos em sua composição (ENGEL, 1999), ou seja, pelo menos um dos componentes deve se constituir em árvore, arbusto, palmeira ou bambu (MACEDO, 2000).

Apresenta-se como um exemplo de prática agroflorestal, de acordo com sua composição biológica, arranjo, nível tecnológico de manejo e por fim pelas características socioeconômicas (ENGEL, 1999; YOUNG, 1991).

Pelo fato de existir a possibilidade de consorciar espécies frutíferas, madeiras, medicinais e forrageiras, podendo conter culturas anuais e de ciclo curto, passíveis de colheita logo no primeiro ano, os SAF unem vantagens econômicas, ambientais e sociais. (ARMANDO *et al*, 2003). Esses sistemas apresentam estrutura e funcionamento mais complexos que os de monoculturas (DANTAS, 1994). Estes podem ser considerados como sistemas de agricultura conservacionista, onde o objetivo é fazer com que as condições do solo permaneçam próximas as condições naturais (NAIR, 1993).

O SAF tem como objetivo a otimização do uso da terra, visando conciliar a produção florestal com a produção de alimentos, ao mesmo tempo em que conserva o solo e minimiza a pressão da produção agrícola (ENGEL, 1999).

Em seu estudo, Engel (1999) salienta que, os SAFs podem ser classificados de várias maneiras, seja por sua estrutura espacial, seu desenho ao longo do tempo, a função dos componentes, os objetivos da sua produção e as características socioeconômicas que forem dominantes.

Em relação á sua composição, eles podem se classificar como:

- sistemas agrossilviculturais, que compreendem árvores e culturas;
- sistemas silvipastoris, que compreendem árvores e animais; e os
- sistemas agrossilvipastoris, com árvores, culturas e animais em sua composição.

Além da classificação acima descrita, os SAFs são classificados inicialmente como sequenciais, simultâneos ou complementares, da seguinte forma:

- Os sistemas agroflorestais sequenciais: são baseados em sucessão temporal, onde a cultura plantada e as árvores se apresentam em uma linha de sucessão contínua.

- Os sistemas agroflorestais simultâneos: integram cultivos anuais e perenes simultânea e continuamente, em conjunto com espécies arbóreas madeireiras, ou de múltiplo uso. Além de haver a possibilidade de integração com a pecuária. Nesse tipo de sistema, os componentes sempre se encontram presentes na mesma unidade do terreno.

- Os sistemas complementares: podem complementar as categorias anteriores, onde se apresentam como fileiras de árvores normalmente utilizadas para delimitação da propriedade e a fim de servir de proteção para outros componentes ou sistemas.

Os sistemas agroflorestais sucessionais ou simultâneos, são geralmente baseados na compreensão dos mecanismos ecológicos fundamentais das florestas. Segundo Bertalot (2003), os sistemas agroflorestais simultâneos consistem na associação de árvores e, ou, arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com culturas anuais. Os indivíduos são podados periodicamente para utilização da biomassa como adubação verde, cujo objetivo principal é melhorar a fertilidade do solo e no caso de produção animal, como forragem de alta qualidade para complementar a alimentação do gado.

3.5.1. Sistemas agroflorestais mecanizados

Além das classificações citadas acima, outra separação comumente realizada se refere aos diferentes tipos de insumos (fertilizantes, agrotóxicos, mecanização) que podem vir a ser utilizados nos SAFs.

Nesta divisão, estão os sistemas que costumam utilizar pequena quantidade de insumos, e geralmente estão relacionados a agricultores de produção orgânica e comunidades tradicionais. Estes sistemas de produção seguem com baixo, ou nenhum uso de insumos de origem química, não utilizam de mecanização, contém alto índice de diversidade de espécies e são estruturalmente complexos (HOFFMAN, 2005).

Em contrapartida, outros sistemas ligados à práticas convencionais, normalmente utilizam de um elevado número de insumos, visto que seu arranjo estrutural simples e seus componentes de valor estimulam o uso de insumos externos em vistas ao aumento da produção (NAIR, 1993; HOFFMAN, 2005).

Podem ser necessários equipamentos motomecanizados nos SAFs para condicionamento físico inicial do solo, para auxílio no manejo de cobertura vegetal, para distribuição e deposição de sementes e para colheita. Entretanto, como a mecanização utilizada é similar à dos sistemas convencionais, pode haver compactação do solo em vista do tráfego das máquinas, o que se costuma evitar pela utilização de pneus adaptados para este tipo de sistema, que contém alta flutuação e baixa pressão (DANIEL, 1998; HOFFMAN, 2005).

3.6. SAF como ferramenta de restauração dos ecossistemas

Segundo Engel (1999), locais que apresentam vegetação secundária e que não contém expressão em âmbito econômico e social, estão passíveis de reabilitação e uso racional por meio das práticas agroflorestais, onde é visada a estabilidade na formação e continuidade dos ecossistemas, enfatizando a minimização da utilização de recursos externos e buscando atingir uma autossuficiência.

Muitos produtores têm utilizado os sistemas agroflorestais como ferramenta para a reabilitação da capacidade de produção de suas áreas, por trazerem possibilidades de benefícios sociais e agro ecossistêmicos (FEARNSIDE, 1998) uma vez que estes, podem auxiliar na solução de problemas em relação à utilização dos recursos naturais, o que pode ser justificado por suas funções biológicas. Ou seja, a presença de diferentes componentes de vegetação através dos consórcios pode trazer benefícios para o local, tais como controle de erosão, manutenção da fertilidade do solo, aumento de biodiversidade, produção diversificada e extensão do ciclo de manejo em alguns casos (GRIMALDI *et al.*, 1993; ENGEL, 1999; TAPIA-CORAL *et al.* 2005; LOSS *et al.* 2009).

Os SAF atuam como prestadores de serviços ecossistêmicos, como provisão de alimentos e matéria prima, disponibilidade de nitrogênio, fertilidade do solo, sequestro e armazenamento de carbono, manutenção de água no sistema, regulação do clima local, habitat para as espécies e controle da erosão (SAMPAIO, 2013)

Na modalidade de plantio simultâneo, a coexistência de espécies anuais e perenes facilita o aumento da produção de serapilheira (TAPIA-CORAL *et al.*, 2005), além do que

a deposição de material e sua decomposição tendem a auxiliar na recuperação de propriedades físico-químicas e biológicas do solo (XAVIER *et al.* 2006, LOSS *et al.* 2009). A implantação destes sistemas tende a colaborar com o aumento dos níveis de matéria orgânica no solo e fixação biológica de nitrogênio atmosférico (SOMARRIBA, 1992) e ciclagem de nutrientes (PAULA; PAULA, 2003).

Uma vez que projetos de recuperação convencionais são opções de alto custo para grande parte dos pequenos produtores rurais, este sistema de produção conservacionista se apresenta como uma nova alternativa a ser testada para a recuperação ambiental em propriedades privadas (AMADOR; VIANA, 1998). Em alguns estudos há menção de benefícios dos SAFs na forma de transferência de nutrientes para as camadas superiores do solo; redução de erosão e de lixiviação; aumento do teor de matéria orgânica, de umidade e de microbiota no solo; formação de microclima ameno, tanto para o solo quanto para os animais; transformação da paisagem; e aumento da biodiversidade (PAULA; PAULA, 2003).

4. Material e Métodos

A elaboração deste trabalho foi dividida nas seguintes etapas (Figura 1): 1- coletas de solo e obtenção de dados de resistividade elétrica. 2- Análises laboratoriais. 3- Análises estatísticas e análise de grupos. 4- Confecção de mapas para auxílio de visualização dos resultados.



Figura 1- Procedimento metodológico adotado para as áreas de estudo.

4.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada nas proximidades da BR-020, km 54, em uma propriedade rural particular chamada Sítio D'agrofloresta, inserida na Região

Administrativa de Planaltina DF (15°34'51" S, 47°22'42" W), dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita (Figura 2).



Figura 2- Vista aérea do Sítio D'agrofloresta com destaque para a área em vermelho, onde foram realizadas as coletas. (Adaptado de ALVES, 2012).

O clima segundo Köppen é classificado como Aw “tropical de savana”, com duas estações bem definidas (seca e chuvosa). A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/julho/agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual. Em termos de totais anuais, a precipitação média interanual, no Distrito Federal, varia entre 1.200 mm e 1.700 mm.

A temperatura média anual varia de 18° a 22°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22°C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16° e 18°C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2° C e máximas de 33°C são registradas, respectivamente, no Inverno e no início do Verão. A umidade relativa do ar diminui de valores superiores a 70%, no início da seca, para menos de 20%, no final do período. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 12% (HOFFMAN, 2013).

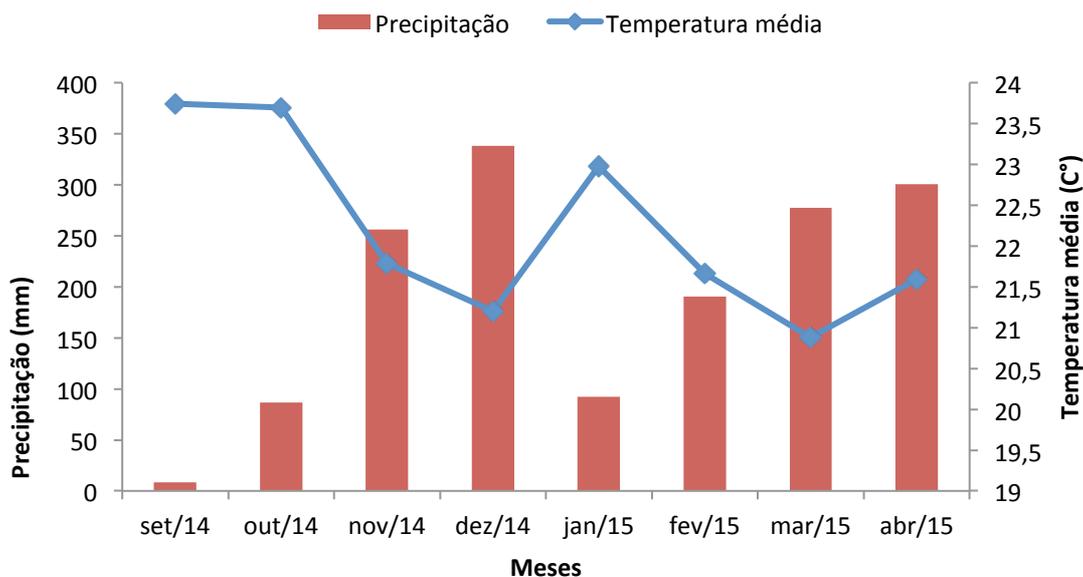


Figura 3- Variação da média mensal de precipitação pluvial e temperatura no período de setembro/2014 a abril/2015. Fonte: Embrapa Cerrados.

O experimento se localiza em uma área de Latossolo vermelho de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), que inicialmente foi cerrado – fitofisionomia do Cerrado, caracterizada pela grande proporção de estrato lenhoso (RIBEIRO; WALTER, 1998). O relevo é suave ondulado, altitude de 920 m, localização topográfica da área entre o vale e o divisor, com pequena inclinação.

4.2. Amostragem

Em setembro/2014 e abril /2015 foram realizadas coletas de solo com cavadeira tipo boca de lobo no intervalo de 0-15 cm de profundidade para análises laboratoriais. As coletas de dados de resistividade elétrica aparente foram feitas pelo método de corrente contínua (como descrito em detalhes abaixo), a fim de que após o processamento das informações, fossem obtidos mapas ilustrativos dos parâmetros que foram avaliados, visando a melhor compreensão da caracterização da área.

A amostragem de solo foi sistematizada, uma vez que, foram coletados 24 pontos, distribuídos em seis linhas no polígono da área, onde são retratadas três linhas da área do SAF (D até F) e três linhas dentro da área de pousio (A até C). A distância entre as linhas é de 40 metros e a distância entre os pontos em cada linha também é de 40 metros. Estas linhas foram orientadas de sudoeste para nordeste (Figura 4).

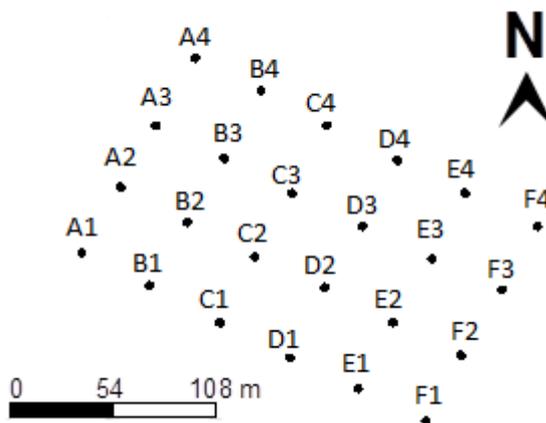


Figura 4- Desenho experimental e amostragem realizada nas áreas de estudo, sendo as linhas A a C correspondentes ao pousio e as linhas D a F correspondentes ao SAF mecanizado.

A área de pousio (talhão referência) foi lavoura de milho por mais de uma década e permaneceu abandonada do ano 2000 ao ano 2004, quando foi iniciado o seu manejo com a implantação de *Brachiaria decumbens* (braquiária) e *Pennisetum purpureum* (capim elefante) consorciadas com espécies como *Cajanus cajan* (feijão guandu), *Mucuna pruriens* (mucuna), *Crotalaria juncea* (crotalária) e *Tithonia diversifolia* (margaridão). Todo ano a área é roçada no final da estação chuvosa (abril/maio), com este material deixado como cobertura vegetal na área.

Em 2010, dentro desta área foi implantado em uma parcela de 100 por 170 metros, um SAF mecanizado com o foco no plantio de espécies cítricas. O plantio foi feito entre os anos de 2010 e 2012, e nas entrelinhas foram mantidas *Brachiaria decumbens* (braquiária), *Pennisetum purpureum* (capim elefante) e *Tithonia diversifolia* (margaridão) para formação de biomassa. Anualmente é realizado o corte desta biomassa com trator tipo tobata para incorporação da biomassa nas linhas de plantio, que são separadas em quatro tipos:

1. Produção de *Annona atemoya* (Atemóia) e *Citrus sp.*;
2. Produção de *Passiflora edulis* (maracujá) e *Carica papaya* (mamão), intercalados com *Inga sp.*;

3. Produção de biomassa *Cassia occidentalis* (fedegoso) e *Morus nigra* (amora) e incorporação de nitrogênio *Leucaena spp* (leucena) e

4. Madeireira *Hymenaea sp.* (jatobá) e *Swietenia macrophylla* (mogno).

Neste sistema as linhas são irrigadas por 15 h/semana na estação seca. A fertilização é feita por micro-aspersão após análise anual do solo para verificar a quantidade de fertilizante a ser usado, onde uma vez por mês usa-se a ferti-irrigação. Além disso, quatro vezes ao ano aplica-se nas linhas o fertilizante sólido do tipo bokashi (mistura de farelos com inoculadores).

De acordo com relato do agricultor e proprietário da área, e com auxílio análise de imagens de satélite; próximo ao ano de 2002 havia uma estufa nas proximidades do ponto F4. Ainda observando imagens do ano de 2011, é possível identificar o contorno da construção na área.

4.3. Resistividade

Foram coletados dados geofísicos de resistividade elétrica aparente, pelo método de corrente contínua, a fim de que após um processamento das informações, fossem obtidos mapas ilustrativos dos parâmetros que foram avaliados, visando a melhor compreensão da caracterização da área, o equipamento utilizado foi um resistímetro Geopulse, a distância dos eletrodos foi de 1 metro e foram realizadas leituras em set/2014 e abril de 2015, em conjunto com as coletas de solo.

No método elétrico de corrente contínua, trabalha-se com dois eletrodos de corrente (A e B) e dois eletrodos de potencial (M e N), os quatro fixados na superfície do terreno. Através dos eletrodos A e B aplica-se uma diferença de potencial e, como resultado desta diferença, uma corrente elétrica contínua começa a percorrer o terreno. O valor da corrente é medido e registrado. Utilizando os eletrodos M e N, mede-se uma diferença de potencial que se estabelece no terreno e que está associada à passagem da corrente. Conhecendo-se a corrente que percorre o subsolo, a geometria da disposição dos eletrodos e o potencial medido entre os eletrodos M e N, pode-se calcular um valor de resistividade elétrica, que por estar sendo medida em um meio heterogêneo e anisotrópico, é dita aparente (ORELLANA, 1972; TELFORD et al., 1990).

As vantagens de utilização do método consistem em que, as medições de

resistividade possibilitam estimar a profundidade, espessura e resistividade das camadas; os dados podem ser obtidos em campo; os valores de resistividade podem ser usados para identificar a provável composição geológica de uma camada ou para estimar a condutividade do solo. As desvantagens do uso do método são que: a interpretação quantitativa exige o uso de curvas padrão e/ou programas de computador e experiência na sua utilização; o método é lento e exige dois ou três operadores no campo.

4.4. Análises laboratoriais

Primeiramente foi separada uma sub amostra para realização de análise de teor gravimétrico. Em seguida, as amostras de solo coletadas foram secas pelo método Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e destorroadas em peneira de 2 mm; outra parte foi utilizada para a obtenção da análise textural e análise de pH, foram pesados 50g de cada uma das amostras a fim de serem enviadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – MG para a determinação da composição química; e para realização das análises de carbono e nitrogênio, foi feita a retirada dos restos de material vegetal foi feita com o uso de pinça. As análises físico-químicas de solo foram feitas de acordo com os métodos da EMBRAPA (1997).

O teor gravimétrico do solo foi obtido pela diferença entre o peso do solo fresco e seco após secagem em estufa a 105°C por 72 h; determinou-se o Potencial hidrogeniônico (pH) em H₂O e KCl 1 mol/L) utilizando-se a relação solo: solução de 1:2,5l, 10 de solo/25ml de solução pela leitura no potenciômetro (pHmetro Digimed). A análise textural do solo seguiu o método do densímetro de Bouyuocos (1932) e para determinação da classe textural do solo foi utilizado o triângulo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

A determinação do carbono (C) e nitrogênio (N) total foi efetuada pelo método da combustão total a 950°C de amostras secas em um analisador elementar modelo Truspec CHN628 (Leco Instruments Ltda, St Joseph, Michigan, USA 2013), que detecta carbono e nitrogênio sob a forma de CO₂ e N₂, respectivamente, por meio de células de infravermelho e de condutividade térmica. Para tal procedimento, as amostras de solo foram previamente secas a 60°C em estufa, peneiradas a 1mm e maceradas em cadinho de cerâmica. Posteriormente, foram colocadas em estufa por, pelo menos, 4h antes da análise. Foi utilizado cerca de 0,1g de cada amostra. Para calibração do equipamento, foi

construída curva-padrão com uso do padrão Leco 502-062 de solo. Estas análises foram realizadas na Universidade de Brasília-DF, no Laboratório de Bioquímica Vegetal.

Para as amostras enviadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – MG foram realizadas as análises de Fósforo disponível (P), Potássio disponível (K), Cálcio trocável (Ca^{2+}), Magnésio trocável (Mg^{2+}), Acidez potencial (H+Al), Soma das bases trocáveis (SB), Capacidade de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T), Índice de Saturação por Bases (V) e Fósforo Remanescente (P-rem). Onde, para P-rem, P e K e (mg/dm^3) foi usado extrator Mehlich -1; Ca^{2+} e Mg^{2+} (cmol/dm^3) foram extraídos com KCl- 1mol/L; H+Al (cmol/dm^3), foi extraído com acetato de Cálcio 0,5 mol/L a pH 7,0; SB é expressa em cmol/dm^3 ; T (cmol/dm^3) é a capacidade de troca catiônica a pH 7,0 e t (cmol/dm^3) é a capacidade de troca catiônica efetiva. V é expresso em porcentagem (%) e P-rem em mg/L.

4.5. Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas foram escolhidos os dados coletados em abril/2015, uma vez que no período de chuvas a área não recebe irrigação, e este fator poderia influenciar diretamente as análises.

Para as análises dos parâmetros físicos da área, foi criado um mapa de agrupamentos com o auxílio do software Surfer- 8.0 a fim de facilitar a caracterização visual da área e integrar os dados obtidos para melhor visualização dos resultados.

Para analisar as variáveis físicas, foi realizada uma interpolação dos dados pelo método de krigagem no Surfer seguido da padronização dos mesmos pelo método standardize. Logo após a padronização dos dados, foi realizada a aplicação da análise de agrupamento k-means, que consiste em um método de agrupamentos não hierárquicos; e após a formação dos grupos, foi realizada a escolha de grupo ideal com base em seu valor de SSI, também chamado de critério Calinski e Harabasz de validação, comumente utilizado para avaliar o melhor número de grupos formado pela análise.

Na análise das variáveis químicas, primeiramente foi realizada a padronização dos dados pelo método standardize, onde foi criada uma matriz de medida de dissimilaridade, baseada na distância Euclidiana, e em seguida foi utilizado o método de ligação UPGMA (método da ligação média não ponderada entre grupos.), escolhido pelo maior valor de CCC apresentado (Coeficiente de Correlação Cofenética).

Ao final da análise de cluster foram gerados quatro grupos considerando a linha de corte 4.5. Dois grandes grupos formados corroboram com a localização da área de pousio e de SAF. Para cada variável foi então realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk seguido do teste de hipótese a fim de verificar a importância de cada variável química do solo para o agrupamento destas duas classes de uso, pousio e SAF. Para dados paramétricos foram utilizados o teste-t e quando não paramétricos o teste de Wilcoxon.

Os resultados foram considerados significativos quando $p < 0.05$. As análises estatísticas deste estudo foram feitas usando funções do pacote “vegan” no programa “R” (The R Development Core Team 2005).

5. Resultados e Discussão

Com base nas análises das amostras e na matriz de dados coletados, foram gerados mapas de representação a fim de facilitar a caracterização da área e auxiliar na análise visual. Foi gerado um mapa de elevação para determinação da topografia da área (Figura 5), e outros para representar algumas das variáveis estudadas, sendo estas: resistividade do solo, umidade gravimétrica, teor de argila, carbono total, nitrogênio total e razão C/N. Na figura 4, é possível vislumbrar que a diferença de elevação da área de estudo é muito pequena, variando de 929-924 m cortando a área de estudo de forma transversal.

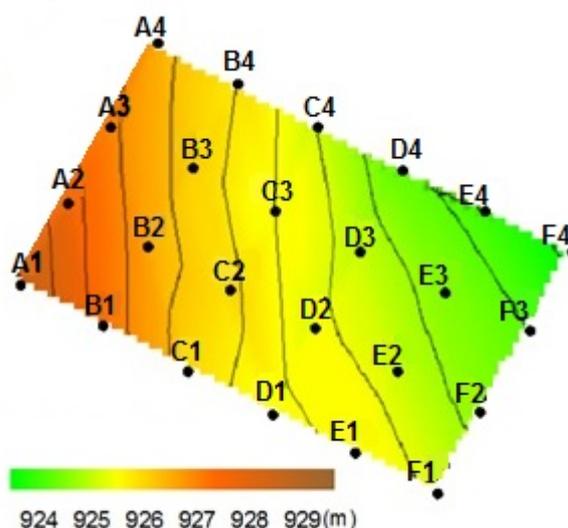


Figura 5 –Mapa de elevação da área de estudo no Sítio D'agrofloresta, inserida na Região Administrativa de Planaltina DF, dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita.

5.1. Composição Física do solo

A composição granulométrica das duas áreas se encontra na figura 6. Conforme o triângulo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) para classificação textural do solo, a área se classifica como Muito Argilosa em sua totalidade, o que possibilita a observação de que toda a área segue o mesmo padrão granulométrico.

Segundo a análise realizada em laboratório, a porcentagem de argila (Figura 6) variou de 63,61 a 72,3%, apresentando médias de 67,48 ($\pm 3,1$) e 67,8 ($\pm 2,91$) % respectivamente. No mapa confeccionado (Figura 7) é possível observar o ponto F4 com valores mais baixos de argila do que a média encontrada, apresentando assim diferença em relação ao padrão observado no restante da área.

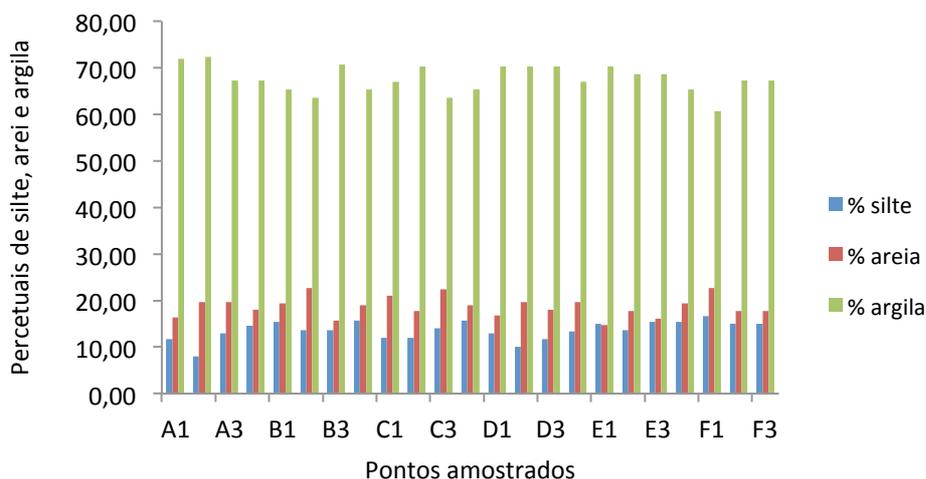


Figura 6 - Composição granulométrica do solo (0-15 cm de profundidade) da área de estudo, onde no eixo X se encontram os pontos amostrados e o eixo Y corresponde aos percentuais encontrados para silte, areia e argila.

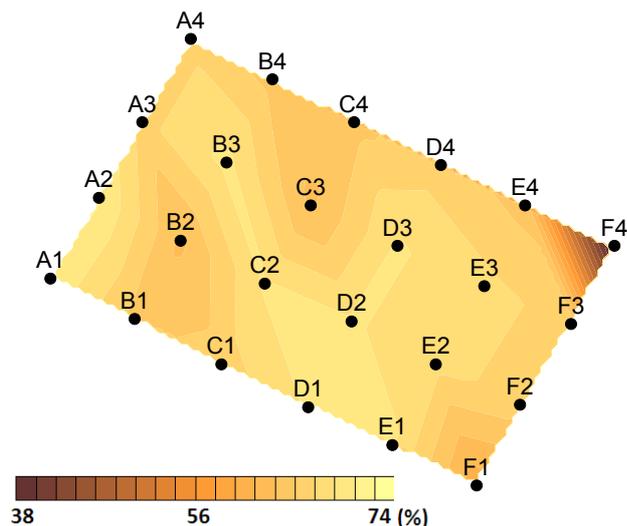


Figura 7- Teor de argila no solo (0-15 cm de profundidade) da área de estudo no Sítio D'agrofloresta, inserida na Região Administrativa de Planaltina DF, dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita.

O teor gravimétrico do solo na estação seca esteve entre 16,9 e 30,5 % com média de 24,3 ($\pm 3,70$)% na área de pousio, e entre 19,1 e 34,9% com média de 27,1 ($\pm 4,6$)% nas linhas do SAF. Na estação chuvosa a variação na área de pousio foi entre 35,1 e 49,2% com média de 43,2 ($\pm 4,06$)% e no SAF esteve entre 37,9 e 58,7%, com média de 47,5 ($\pm 6,4$)%. É importante ressaltar que os teores de umidade na área de SAF se mostraram mais altos nas duas estações.

Nos mapas de teor gravimétrico do solo, a seguir, pode-se observar essa variação temporal seca (Figura 8) com base na porcentagem de umidade observada em cada coleta.

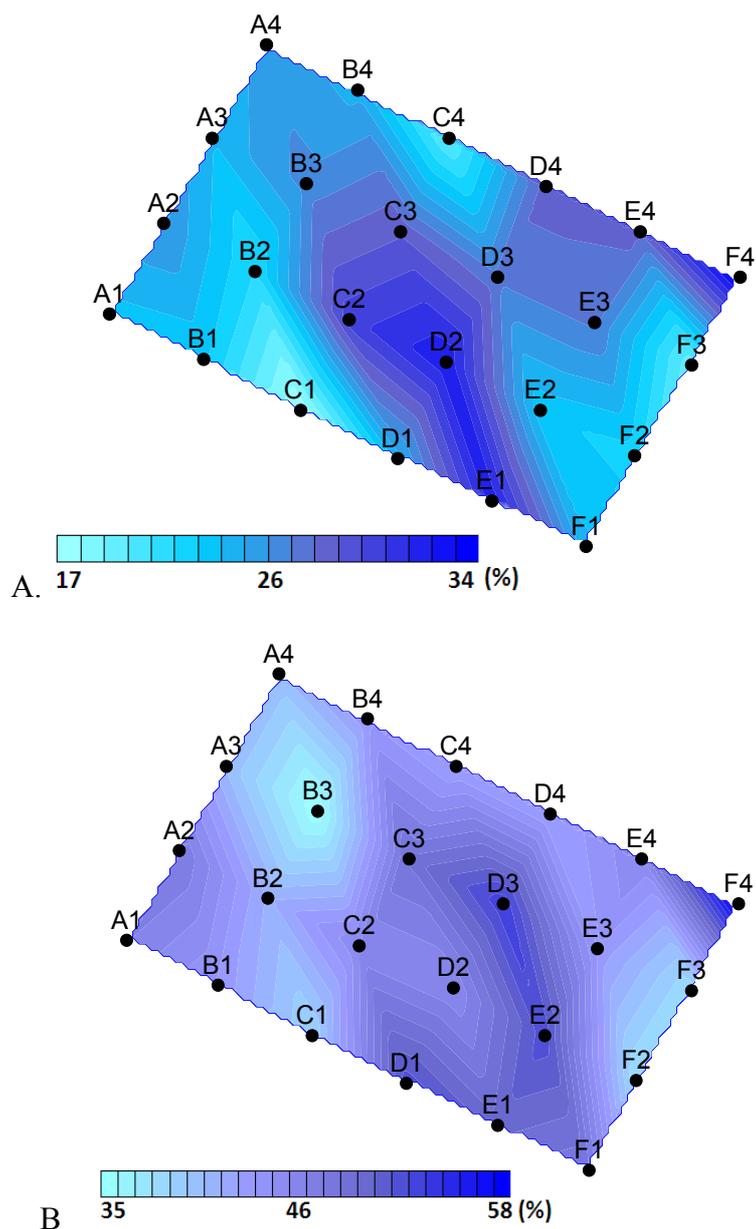


Figura 8 - Teor gravimétrico de água no solo (%), em 0-15 cm de profundidade, nas áreas de pousio e SAF sendo A- Estação seca e B- Estação chuvosa.

Na estação seca (set/2014) os valores de resistividade aparente variaram entre 3.203 e 6.544 Ohm.m, apresentando uma média de 4.292 (\pm 933) Ohm.m, na área de pousio; e na área de SAF, os valores encontraram-se entre 499 e 3.743 Ohm.m com média de 1.896 (\pm 1.036) Ohm.m (Figura 9).

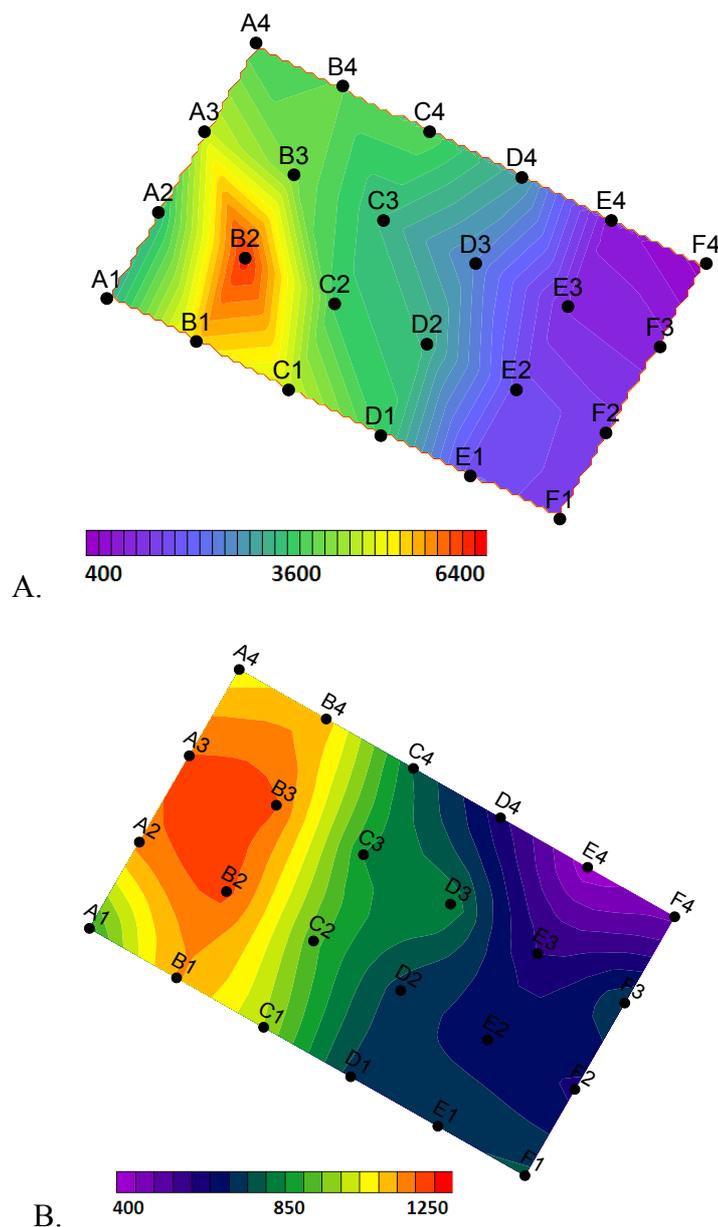


Figura 9– Resistividade aparente do solo em Ohm.m (0-15 de profundidade), nas áreas de pousio e SAF, sendo A- Estação seca e B- Estação chuvosa.

Na estação chuvosa (abr/2015), houve variação de 798 e 1.220 Ohm.m e média de 1.048 (\pm 155) Ohm.m no pousio; e valores de 409 e 852 Ohm.m, e média de 666 (\pm 125) Ohm.m nas linhas do SAF. Na figura 8, é possível observar a variação da estação seca, e da estação chuvosa respectivamente. Em relação as estações seca e chuvosa, é possível observar que os valores de resistividade elétrica diminuíram consideravelmente na estação da chuvosa.

Como resultado do teste k-means realizado somente com as variáveis físicas, o agrupamento que se apresentou mais significativo está representado na figura 10. A formação de três grupos mostra uma maior significância entre o número de grupos requisitados, de acordo com o valor de SSI encontrado. É possível observar a distinção de dois grandes grupos (em verde e marrom), e um terceiro menor (em vermelho) que se encontra no ponto mais baixo da área de estudo.

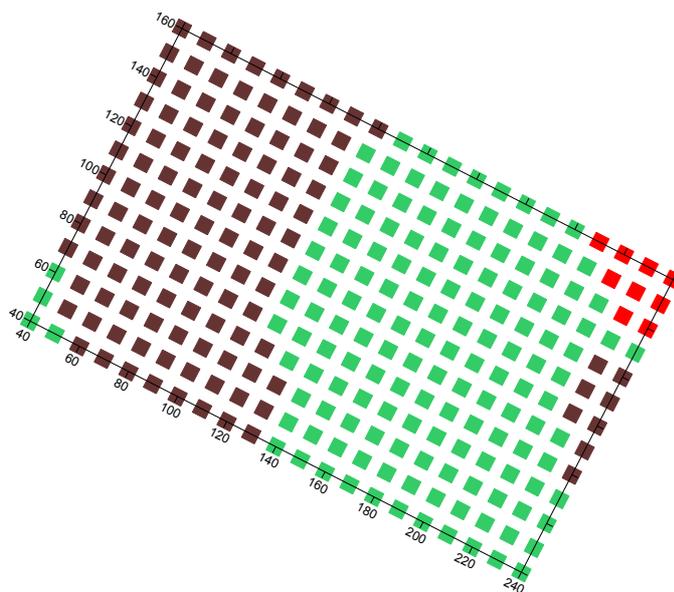


Figura 10 - Mapa de agrupamentos das variáveis físicas obtidas entre 0-15 cm de profundidade na área de estudo no Sítio D'agrofloresta, inserida na Região Administrativa de Planaltina DF, dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita.

Em relação à textura, como citado anteriormente existe um padrão na maioria dos pontos da área de estudo, não havendo distinção entre manejo. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados por Alves (2012) em área de SAF. A textura do solo age como fator importante nos solos, pois pode modificar o potencial de estoque de nutrientes, carbono e capacidade de retenção de água nos solos (BITTAR *et al.*, 2013). Em relação ao ponto F4, o esperado era que o mesmo apresentasse valores semelhantes ao restante da área, ou, por ser o ponto mais baixo de acordo com o mapa de elevação, se mostrasse com teores mais altos de argila. Entretanto, as diferenças na textura do solo deste ponto podem ser explicadas por seu histórico, que coincide com o local da antiga estufa, podendo ainda haver resquícios da ocupação, o que pode ter influenciado os resultados obtidos.

A umidade e a resistividade são características físicas do solo, e apresentam variação inversamente proporcional. Nos mapas de resistividade (Figura 9) é possível observar que os valores mais baixos se concentram em sua maioria na área que se encontra sob o SAF, e como observado na Figura 8 este local manteve os índices mais altos de umidade. Ainda que a área de SAF seja irrigada no período de seca, e este fator possa ter influenciado os resultados obtidos em set/2014, o mesmo padrão é observado no fim das chuvas. Estudos realizados por Nascimento *et al.* (2011; 2013), mostram que maiores teores de umidade no solo causam diminuição da resistividade elétrica em latossolo vermelho no Cerrado. Em conjunto, os resultados das três variáveis físicas estudadas corroboram com a afirmação de Becegato e Ferreira (2005), quando considera que o mesmo teor de umidade em solos argilosos pode favorecer a passagem de corrente elétrica, ao passo que em solos arenosos a resistividade esperada é maior. Em estudo semelhante a este, Nascimento *et al.* (2004), observou valores de resistividade aparente inferiores a 15000 Ohm.m para solos argilosos, o que condiz com os resultados encontrados no estudo.

A análise de agrupamentos realizada para estas análises mostra a divisão da área em três grupos, onde os dois maiores grupos (verde e marrom) podem ser justificados pelo manejo da área, visto as relações citadas e o terceiro grupo (em vermelho), representa o ponto (F4), justificado desta forma pelo seu histórico.

5.2. Composição química do solo

As aferições de pH em H₂O (água destilada- pH real) e KCl (Cloreto de potássio- pH potencial), se encontram na tabela 1 apresentando os valores para estação seca e chuvosa. Foram realizadas análises em H₂O e KCl porque o pH em água pode ser influenciado pela umidade das amostras até chegarem ao laboratório, o que provoca um aumento na concentração de sais o que pode influenciar na determinação do pH. No que se refere ao pH em H₂O, é possível observar um aumento nas medições na época de chuva em relação à seca, tanto na área de pousio, quanto no SAF. O pH em KCl também aumentou neste período em ambas as áreas. Os valores de pH no SAF se mostraram mais altos quando comparado ao pousio, tanto em H₂O, quanto em KCl.

Tabela 1- Valores de pH coletados na seca e chuva nas áreas de pousio e SAF.

Estação	pH no solo (0-15 cm)			
	seca (set/2014)		chuva (abr/2015)	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
Área de Pousio	5,88 (± 0,24)	4,99 (± 0,24)	6,17 (± 0,21)	5,28 (± 0,25)
Área de SAF	6,23 (± 0,59)	5,21 (± 0,60)	6,99 (± 0,37)	5,98 (± 0,52)

A composição química da área se encontra na Tabela 2, apresentando os resultados de valores médios das áreas de pousio e SAF respectivamente pelo meio de seus valores médios. Em síntese, o SAF apresentou valores mais altos em quase todas as propriedades avaliadas, com exceção da acidez potencial. Os resultados de P e P- rem se mostraram mais altos na área do SAF, sendo que P se apresentou com mais que o dobro do valor na área de SAF em relação ao pousio. O potássio disponível (K) se apresentou consideravelmente mais alto no SAF em relação ao pousio. O Ca²⁺ esteve mais alto em SAF; e o Mg²⁺ se apresentou com pouca diferença em relação aos dois sistemas de manejo. A Soma de Bases (SB), a capacidade de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T), e a Saturação por bases (V) também foram maiores no SAF.

Tabela 2- Características químicas do solo nas áreas de pousio e SAF (valores médios e desvio padrão).

	Pousio	SAF
H + Al (cmol/dm ³)	4,6 (± 0,96)	3,34 (± 0,83)
P (mg/dm ³)	4,06 (±1,47)	9,4 (± 6,91)
P- Rem (mg/L)	19,11 (± 2,06)	23,7 (± 1,97)
K (mg/dm ³)	130,83 (± 52,35)	193,8 (± 92,21)
Ca ²⁺ (cmol/dm ³)	3,43 (± 0,8)	4,95 (± 0,89)
Mg ²⁺ (cmol/dm ³)	1,53 (± 0,37)	1,54 (± 0,34)
SB (cmol/dm ³)	5,29 (± 1,11)	7,04 (± 0,86)
t (cmol/dm ³)	5,31 (± 1,07)	7,04 (± 0,86)
T(cmol/dm ³)	9,89 (± 0,78)	10,38 (± 0,88)
V (%)	53,32 (± 10,56)	67,97 (± 7,4)

O carbono total variou entre o pousio e SAF, com valores médios de 3,09 (± 0,35) e 3,71 (± 1,05) %, respectivamente, indicando um aumento no teor de carbono no solo no local onde se encontra implementado o SAF. O nitrogênio total foi de 0,16 (± 0,03) % na área de pousio e 0,23 (± 0,08) % no SAF, mostrando-se também com valor mais alto no SAF.

Os mapas a seguir (figura 11) mostram a variação dos valores encontrados na área tanto para carbono onde as porcentagens de carbono encontradas variaram de 2,4 a 6,2%; quanto para nitrogênio onde a concentração variou de 0,12 a 0,40%. De forma que os valores mais altos foram encontradas nos pontos F1 e F4. A razão C/N no solo é de 19,11(± 1,78) para área de pousio e 16,65 (± 1,12) para área de SAF. A variação pode ser melhor visualizada a seguir.

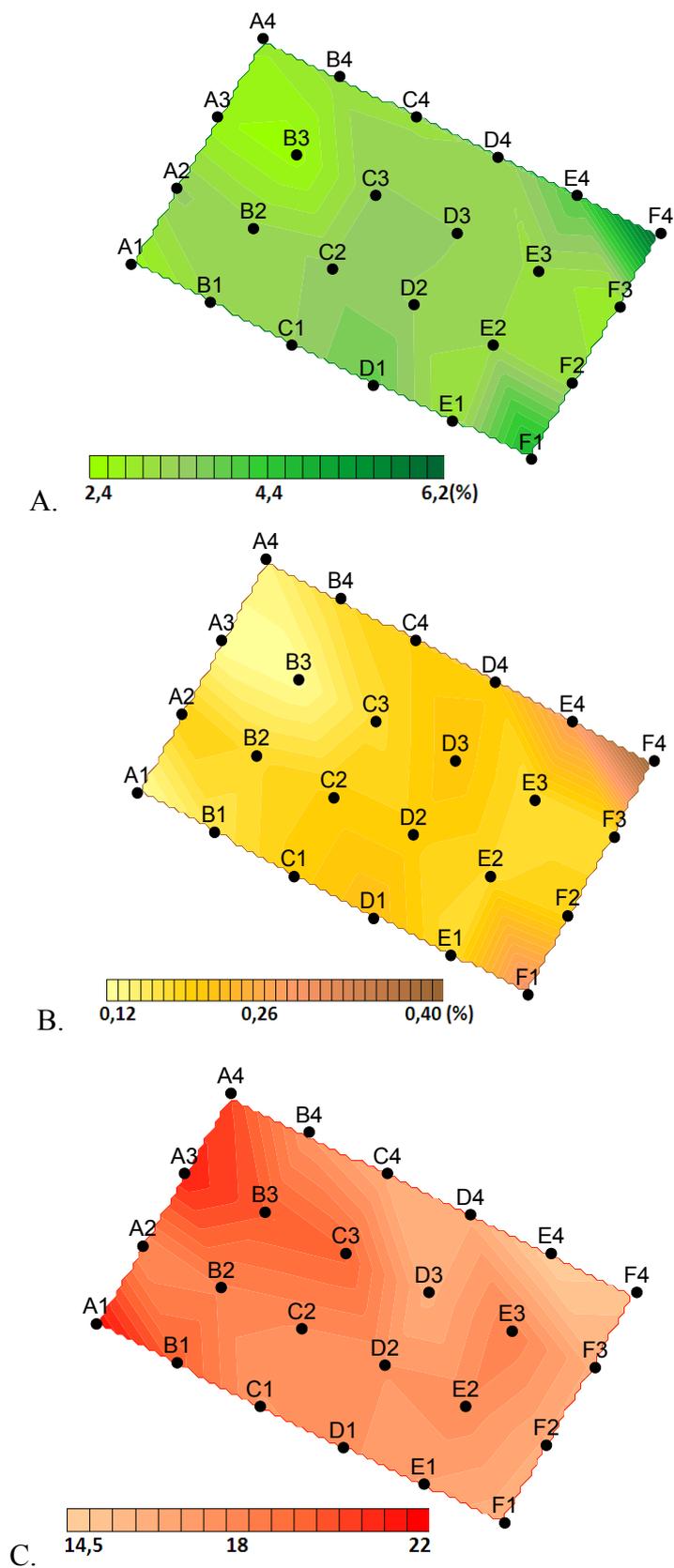


Figura 11 –Teores de carbono e nitrogênio total no solo (0-15 cm de profundidade) das áreas estudada. A- Carbono total. B- Nitrogênio total. C- Razão C/N.

Na análise de Cluster realizada com as variáveis químicas, o valor do coeficiente de correlação cofenética foi de 0.90. A análise realizada pode ser visualizada no dendrograma da Figura 12, onde, considerando a linha de corte 4.5 é possível visualizar a formação de dois grandes grupos corroborando com a localização da área de Pousio e de SAF, onde os pontos F4 e C2 se apresentam fora do padrão.

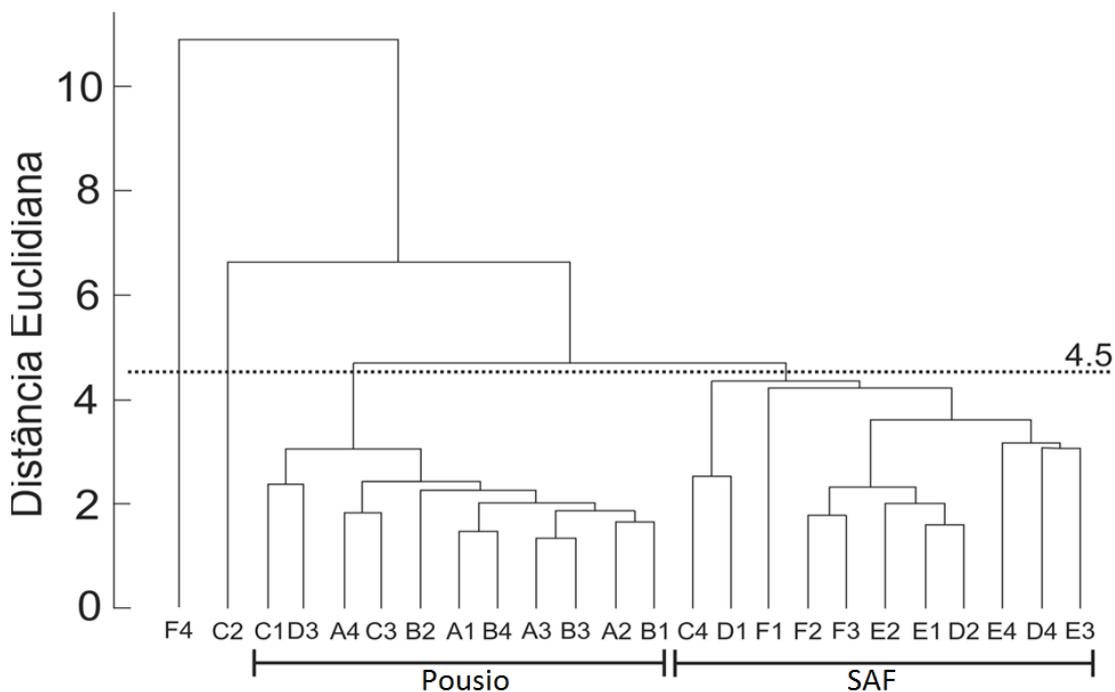


Figura 12- Agrupamentos formados pela análise de Cluster a partir das análises das variáveis químicas do solo da área estudada.

Após o teste de normalidade, foi possível inferir que, as variáveis C, N e P não se apresentaram paramétricas. E para os testes de hipótese aplicados, é possível observar que as variáveis K, T, C e Mg não apresentaram diferenças significativas, ou seja, estas, não se apresentaram com influência significativa para a formação dos dois grupos mostrados na análise de Cluster.

Tabela 3 - Análises de normalidade e testes de hipóteses aplicados.

	Normalidade	Hipótese
SB	0.38	0.0000005212
t	0.38	0.0000005212
V	0.62	0.000002533
P- Rem	0.66	0.00001018
Ca	0.13	0.00001168
pH real	0.66	0.0000325
H + Al	0.31	0.00007947
pH potencial	0.38	0.0001581
P	0.0000049*	0.01035
N	0.01*	0.03998
K	0.54	0.3261
T	0.82	0.4043
C	0.01*	0.4779
Mg	0.62	0.4923

**Dados não-paramétricos*

Segundo a classificação de Sousa e Lobato (2004), o pH em H₂O, encontrado nos valores de 5,88 ($\pm 0,24$) para pousio e 6,23 ($\pm 0,59$) para área de SAF na época de seca, são considerados ambos adequados, enquanto que na época de chuva, os valores de 6,17 ($\pm 0,21$) para pousio, e 6,99 ($\pm 0,37$) para SAF, são classificados como adequado e muito alto respectivamente. O pH registrado na áreas em ambas as estações se apresentou abaixo de 7,0 indicando que os valores se apresentam próximos à neutralidade. Resultados similares foram encontrados por Fageria (2001) em solo de cerrado, onde a máxima produção de grãos obtida foi com valores de pH 6,2. Os resultados apresentados são maiores dos que os encontrados por Mendes *et al* (2012) em cerrado *sensu stricto* e cerradão - 4,9, e mata de galeria- 5,0. Em estudo em SAFs para recuperação de matas ciliares, Silva (2002) também encontrou valores menores dos que os apresentados neste estudo (4,6). A manutenção dos

valores de pH próximos à neutralidade se apresenta como fator relevante em solos agrícolas, visto que a disponibilidade de nutrientes pode sofrer influência do pH do solo.

De acordo com a classificação de Alvarez *et al.* (1999), os valores de acidez potencial encontrados no estudo se apresentam médios. Alves (2015), encontrou valores aproximados em áreas de pastagens (entre 2,7 e 4,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e plantio direto (entre 3,4 e 5,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), enquanto Mendes *et al.* (2012), apresenta valores de acidez potencial mais altos em áreas de cerrado *sensu stricto*- 7,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, cerradão – 10,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e mata de galeria- 17,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Já Silva (2002), apresentou em seu estudo valores de $29 \pm 2,6 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para áreas de SAF simples e $28 \pm 1,9 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para áreas de SAF considerado complexo. A acidez potencial encontrada neste estudo, de 4,6 ($\pm 0,96$) $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para pousio e 3,34 ($\pm 0,83$) $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ se apresentam consideravelmente mais baixas do que a dos estudos realizados por Silva (2002). A H+AL deve ser levada em consideração e monitorada nas áreas agrícolas, uma vez que é comum seu uso na determinação da necessidade de calagem pelo método da saturação de bases. Esta pode limitar o desenvolvimento das raízes, o que possibilita a lixiviação de nutrientes, além de influenciar diretamente na disponibilidade de nutrientes no solo.

Segundo a classificação de Sousa e Lobato (2004), considerando o teor de argila maior que 60%, como encontrado em ambas as áreas, e levando em consideração o fator de que a área de SAF receber irrigação; o valor de P de 4,06 ($\pm 1,47$) mg/dm^3 encontrado no pousio, enquadra-se como médio em solos de Cerrado, e P de 9,4 ($\pm 6,91$) mg/dm^3 encontrado no SAF, é classificado como alto. Em seu estudo, Alves (2015) apresenta resultados entre 0,5 e 1,2 mg/dm^3 em fragmentos de cerrado, 2,8 e 11,4 mg/dm^3 em plantio direto e 0,7 e 11,6 mg/dm^3 nas pastagens. Silva (2002) traz valores de P de 13 ($\pm 1,9$) mg/dm^3 para SAF considerado simples e 11($\pm 3,7$) mg/dm^3 para SAF considerado complexo. Mendes *et al* (2012), apresenta valores de P mais baixos em áreas de cerrado *sensu stricto*- 0,5 mg/dm^3 , cerradão – 0,8 mg/dm^3 e mata de galeria- 2,6 mg/dm^3 . Observe-se que áreas de SAF, plantio direto e pastagens tendem a apresentar valores mais altos se considerados à área de Cerrado. Os valores de P-rem encontrados de 19,11 ($\pm 2,06$) mg/L para pousio e 23,7 ($\pm 1,97$) mg/L para SAF, apresentam-se mais altos do que os de Alves (2015), que encontrou valores entre 9,0 e 18,5 mg/L para fragmentos de cerrado.

Na área de estudo, os altos valores encontrados para P na área de pousio e SAF, podem estar relacionados ao plantio de *Tithonia diversifolia* (margaridão) para formação de biomassa, segundo Souza Júnior (2007), existem evidências de que esta espécie possui altos níveis de fósforo, além da capacidade de acumular nitrogênio nas folhas tanto quanto as leguminosas. Em seu estudo, o autor defende que o teor de fósforo em *Tithonia diversifolia* é considerado alto quando comparado à outras espécies que se usam comumente na agrofloresta, e ainda apresenta dados que mostram que a aplicação em grandes quantidades da biomassa fresca desta espécie, corresponde à aplicação de fertilizantes inorgânicos.

Considerando a área de estudo com solo de T maior que 4, os valores de K de 130,83 (\pm 52,35) mg/dm³ para pousio e 193,8 (\pm 92,21) mg/dm³ para SAF, são classificados como altos segundo a classificação utilizada por Sousa e Lobato (2004). Em seu estudo, Alves (2015) apresenta os valores entre 16 e 70 mg/dm³ para frações de Cerrado, entre 33 e 159 mg/dm³ em plantio direto e entre 32,3 e 70,7 mg/dm³ em área de pastagem. Mendes et al (2012) em seu estudo encontrou o valor mais alto de K em mata de galeria, de 94 mg/dm³.

Para Sousa e Lobato (2004), o Ca²⁺ encontrado em pousio (3,43 \pm 0,8) cmol_c dm³, e em SAF (4,95 \pm 0,89) cmol_c dm³, e o Mg²⁺ encontrado em pousio (1,53 \pm 0,37) cmol_c dm³, e em SAF (1,54 \pm 0,34) cmol_c dm³ são classificados como adequados; o que corrobora com de Alvarez *et al.*(1999), que classifica os resultados encontrados como bons e muito bons. Em fragmentos de Cerrado foram encontrados valores de Ca²⁺ entre 0,13 e 0,50 cmol_c dm³, e entre 1,94 e 4,35 cmol_c dm³ nas áreas de plantio direto e entre 1,01 e 3,38 cmol_c dm³ nas pastagens. Os valores de Mg²⁺ para o mesmo estudo se encontraram entre 0,09 e 0,27 cmol_c dm³ nas áreas de Cerrado e entre 0,69 e 1,31 cmol_c dm³ em plantio direto e entre 0,31 e 1,07 cmol_c dm³ na pastagem (Alves, 2015). O Ca²⁺ trocável em pousio se manteve dentro do intervalo de Alves (2015) encontrado para plantio direto, enquanto o Ca²⁺ encontrado em SAF esteve mais alto do que os resultados dos outros manejos apresentados. O Mg²⁺ trocável esteve mais alto em ambas as formas de manejo quando comparado aos resultados apresentados por Alves (2015).

O estudo de Alvarez *et al.* (1999), classifica os resultados de SB encontrados de 5,29 (\pm 1,11) e 7,04 (\pm 0,86) cmol_c dm³ para pousio e SAF respectivamente como “bom” e “muito bom”. Em comparação com valores encontrados por Alves (2015), de valores entre

0,31 e 0,94 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ para fragmentos de Cerrado, e entre 2,89 e 5,56 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em plantio direto e entre 1,44 e 4,21 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ nas pastagens; os resultados do presente estudo se apresentam entre os compreendidos para plantio direto e os resultados de SAF se mostraram mais altos do que as outras formas de manejo apresentadas.

O estudo de Sousa e Lobato (2004), classifica os valores de T de 9,89 ($\pm 0,78$) $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ e 10,38 ($\pm 0,88$) $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ encontrados em pousio e SAF respectivamente, como médios se encontrados sob textura muito argilosa. Segundo a classificação de Alvarez *et al.* (1999), os resultados de T e t são bons considerando os valores de t de 5,31 ($\pm 1,07$) $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em pousio e 7,04 ($\pm 0,86$) $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em SAF. Em comparação com o estudo de Alves (2015), para os valores de t entre 0,89 e 1,26 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ para fragmentos de Cerrado, e entre 2,95 e 5,56 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em plantio direto e entre 1,47 e 4,25 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em área de pastagem. No que concerne à capacidade de troca catiônica efetiva (t), o t de pousio se apresenta entre o intervalo encontrado em plantio direto, entretanto, t de SAF se apresenta maior do que os outros manejos apresentados. A capacidade de troca catiônica efetiva potencial (T) encontrada por Alves esteve entre 6,48 e 9,27 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ para os fragmentos de Cerrado e entre 6,41 e 10,09 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em plantio direto e entre 5,30 e 7,75 $\text{cmol}_c \text{ dm}^3$ em pastagem. Os resultados de T do presente estudo podem se aproximar de T em áreas de fragmento de Cerrado e em plantio direto.

Sousa e Lobato (2004) classifica os valores percentuais de V de 53,32 ($\pm 10,56$) % no pousio e 67,97 ($\pm 7,4$)% no SAF, respectivamente como adequado e alto. Alves (2015) obteve V entre 4,20 e 11,63% em fragmentos de Cerrado e entre 38,03 e 55,03 % em plantio direto e entre 25,73 e 55,93% em pastagens. Silva (2002) obteve V de $51 \pm 3,1$ % em SAF considerado simples e $50 \pm 6,0$ % para SAF considerado complexo. Os valores de V encontrados por Silva (2002) para SAF se mostram próximos aos apresentados neste estudo para área de pousio, contudo, V do presente estudo se mostra maior do que o apresentado em todas as formas de manejo citadas.

O teor de nitrogênio total foi de 0,16 ($\pm 0,03$) % na área de pousio e 0,23 ($\pm 0,08$) % no SAF. Os resultados corroboram com os valores encontrados para Alves (2012), também para um área de SAF, onde foram encontrados teores de 0,20% na superfície (0-5 cm) a 0,10% no intervalo de 10-20cm de profundidade. O teor de carbono total variou entre o pousio e SAF, com valores médios de 3,09 ($\pm 0,35$) e 3,71 ($\pm 1,05$)%, Silva (2013), encontrou uma média de 2,4% de carbono em área de SAF e 1,8% em uma área de pastagem degradada utilizada como testemunha de seu estudo. Possivelmente esses valores foram influenciados pela quantidade de matéria orgânica mantida no solo do SAF, uma vez

que os estoques de carbono tendem a aumentar de acordo com decomposição de matéria orgânica e estoque de biomassa. Segundo Pulrolnik (2009), os solos de Cerrado que se encontram em cultivos não convencionais (sistemas de plantio direto por exemplo), e que apresentam valores de menos de 20% de argila, perdem cerca de 20% do estoque de Carbono total, tomando como base áreas de Cerrado nativo. E comprova assim que os sistemas com aplicações alternativas, que é o caso dos SAFs por exemplo, em áreas de textura mais fina, podem conservar o Carbono. Esta conservação de carbono no solo influencia diretamente nos níveis de CO₂ na atmosfera. Além de contribuir com o ecossistema, existe a possibilidade de atrelar os SAF ao mercado de carbono, o que poderia contribuir diretamente com a renda dos produtores que buscarem adotar o sistema (DUBOIS, 2008).

A razão C/N no solo é de 19,11(± 1,78) para área de pousio e 16,65 (± 1,12) para área de SAF, os valores de razão C/N apresentados na área de estudo se mostraram menores do que os resultados encontrados em áreas de cerrado *sensu stricto* (NARDOTO; BUSTAMANTE 2003; NARDOTO, 2005) e mata de galeria (PARRON *et al.*, 2004), permanecendo abaixo de 20:1, valor considerado como limite entre os processos de mineralização e imobilização de N (KILLHAM, 1994).

Na análise de Cluster, é possível observar a formação de dois grandes grupos, onde estes representam SAF e o pousio. Esta separação se dá pelo fato de o SAF apresentar maiores valores nos resultados de composição química como visto na tabela 2, ou seja, mesmo com pouco tempo de implementação, o SAF se diferencia da área de pousio em relação à sua composição química, visto que, este tipo de manejo possibilitou a maior deposição de matéria orgânica no ambiente, maior disponibilidade e nutrientes, além de favorecer a ciclagem dos nutrientes no local, e favorecer a microbiota do solo. Estes valores podem ter sido influenciados tanto pelo manejo adotado na área atualmente, como uso de biofertilizantes e trato mecanizado, quanto pelo histórico da área.

6. Considerações Finais

Em relação aos parâmetros físicos da área, a resistividade elétrica se mostrou uma boa alternativa para caracterização do solo, visto que os dados encontrados foram condizentes com as análises de teor gravimétrico e textura.

A implementação do SAF proporcionou um aumento de matéria orgânica no solo, o que pode ter influenciado diretamente a composição química da área, o que mostra a capacidade do SAF de incorporação de nutrientes no solo, além de influência no teor gravimétrico, mesmo quando não irrigado.

Com base nos resultados apresentados e na comparação realizada com outros estudos, a área de pousio estudada apresenta valores maiores de composição química se comparada a as áreas de pastagem citadas, o que sugere que o manejo utilizado na área de pousio, com plantio de indivíduos formação de biomassa, visando o corte para incorporação desta no solo, seria uma boa alternativa para início do processo de recuperação da qualidade do solo.

7. Referências Bibliográficas

ALVAREZ V.; V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32, 1999.

ALVES, R. P. **Dinâmica de nitrogênio em sistema agroflorestal na Região de Cerrado (Brasil Central)**. Dissertação de Graduação. Faculdade UnB de Planaltina – UnB, Planaltina – DF, 61 p., 2012.

ALVES, R. P. **Carbono no solo e sua relação com a paisagem no Alto São Bartolomeu, região de Cerrado do Brasil Central**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia– UnB, Brasília– DF, 107 p. , 2015.

AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série Técnica**. IPEF, Piracicaba, v. 12, n.32, p. 105-110, 1998.

ARMANDO, M. S; BUENO, Y. M; ALVES, E. R. da S; **Agrofloresta para agricultura familiar**, Circular técnica 16. 11p. Brasília, Embrapa, 2003.

BECEGATO, V. A.; FERREIRA, F. J. F. Gamaespectrometria, resistividade e susceptibilidade magnética de solos agrícolas no noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geofísica**. 23 (4):371-405, 2005.

BERTALOT, M. J. A. **Cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em áreas sob manejo agroflorestal em aléias com *Leucaena diversifolia***. 2003. 88f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BEUCHLE, R., GRECCHI, R.C., SHIMABUKURO, Y.E., SELIGER, R., EVA, H.D., SANO, E., ACHARD, F., 2015. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography* 58, 116–127.

BITTAR, I.M.B.; FERREIRA, A.S. & CORRÊA, G.F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma Cerrado sob condições de incubação. **Biosci. J**, 29:1952-1960, 2013.

BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: Bailey, R. (Ed.). **Global warming and other eco-myths**. Roseville, Competitive Enterprise Institute, EUA, p. 29-60, 2002.

BUSTAMANTE, M.M.C., MEDINA, E., ASNER, G.P., NARDOTO, G.B. GARCIA MONTIEL, D.C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, 79: 209–237, 2006.

BUSTAMANTE, M.M.C., NARDOTO, G.B., PINTO, A.S., REZENDE, J.C.F., TAKAHASHI, F.S.C., VIEIRA, L.C.G. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Braz. J. Biol.** 72, 655–671, 2012

CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. Springer Science & Business Media, 2011.

COSTA, F.S., ALBUQUERQUE, J.A., BAYER, C., FONTOURA, S.M.V., WOBET, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:527-535, 2003.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L. & AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 27-36, 2001.

DANIEL, L. A. **Curso de Plantio Direto**. Módulo 8 – Mecanização Agrícola. 126 p..Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. 1998

DANTAS, M. **Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ECOSSISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. Anais... Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.433-453. (Documentos, 27)

DAVIS, J. C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. 646p.

DIAS, B. F. *Alternativas de Desenvolvimento dos Cerrados*. Brasília: Ibama, 97 p,1992.

DIXON, R. K. *Sistemas agroflorestales y gases invernadores*. *Agrofloresteria en las Américas*, n. 2 (7), p. 22-27, 1995.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. *Defining and assessing soil quality*. In: DORAN, J.W. & COEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F & STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-21.

DUBOIS, J. **Classificação e Breve Caracterização de SAFs e Práticas Agroflorestais**, Capítulo 1, In: *Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008.

ELLIS, E. C., KLEIN GOLDEWIJK, K., SIEBERT, S., LIGHTMAN, D. & RAMANKUTTY, N. *Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000*. **Glob. Ecol. Biogeogr.** 19, 589–606 (2010).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. 212p. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. 353p. Brasília: Embrapa, 2013.

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

FAGERIA, N K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, V. 5, n.3, p. 416-424, set/dez. 2001

FEARNSIDE P.M. Agro-silvicultura na política de desenvolvimento na Amazônia brasileira: a importância e os limites de seu uso em áreas degradadas. In: Gascon C. and Moutinho P. (eds), **Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo**. INPA, Manaus, AM. pp. 293–312. 1998.

FERNANDES, P. A. & PESSÔA, V. L. S. N. O Cerrado e suas Atividades Impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **Observarium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.7, p. 19-37, 2011.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S. ; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D. ; O’CONNELL, C. ; RAY, D. K. ; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; 84 POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; DAVID, P.; ZAKS, M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**. v. 478, p. 337 – 342, 2011.

GOEDERT, W.J., Management of the cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science** 34, 405–428,1983.

GRIMALDI M., SARRAZIN M., CHAUVEL A., LUIZÃO F., NUNES N.,LOBATO RODRIGUES M., AMBLARD P. AND TESSIER D. Effets de la déforestation et des cultures sur la structure des sols argileux d’Amazonie brésilienne. **Cahiers Agricultures** 2:36–47. 1993.

HOFFMANN, M. R. M. **Sistemas agroflorestais para agricultura familiar: análise econômica**. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) –Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária–UnB, Brasília, 2013.

HOFFMANN, M. R. M. **Sistema Agroflorestal Sucessional – Implantação mecanizada. Um estudo de caso**. Dissertação de Graduação. 59p. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília ,2005,

KILLHAM, K. **Soil Ecology**. University Press, Cambridge, Inglaterra. 242p., 1994.

KLINK, C.A.; MACEDO, R.F.; MUELLER, C.C. De grão em grão o Cerrado perde o espaço – Cerrado: impactos do processo de ocupação. **WWFPROCER**. . 86 p. Brasília, DF. 1995.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. **Past and current human occupation, and land use**. In: OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. (Ed.). The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88

LOSS A., PEREIRA M.G., SCHULTZ N., DOS ANJOS L.H.C., DA SILVA E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 44 (1): 68-75, 2009.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 175-187, 2004.

MACEDO, R. L. G. **Fundamentos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais**. In: MACEDO, R. L. G. Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras: UFLA/Faepe, p.5-35. 2000.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 54 f. Dissertação de Graduação -Especialização lato-sensu em Gestão Integrada da Agricultura Irrigada, ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, 2003.

MENDES, I. C.; FERNANDES, M.F.; CHAER, G.M.; JUNIOR, F.B.R. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant Soil**, DOI 10.1007/s11104-012-1195-6, 2012.

MENKE, A.B.; JUNIOR, O.A. DE C.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; OLIVEIRA S.N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no Município de Luis Eduardo Magalhães (BA-Brasil). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 21, (2009) p. 315-326.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, fev. 2000.

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 38, n. 8, p. 955---962, 2003.

NARDOTO, G.B. **Abundância natural de ^{15}N na Amazônia e Cerrado- implicações para a ciclagem de nitrogênio**. 100 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

NASCIMENTO, C. T. C. ; PIRES, A. C. B.; MORAES, R. A. V. Reconhecimento de solos por meio de resistividade elétrica e radiação gama. **Revista Brasileira de Geociências**,34(3):383-392, 2004.

NASCIMENTO, C. T. C.; MENDES, I. C.; DIAS, L. E. R. **Efeito de diferentes sistemas de manejo na resistividade elétrica de latossolos**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 12., 2011. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2011. CD-ROM.

NASCIMENTO, C. T. C.; ALMEIDA, A.; MENDES, I. C.; SÁ, M. A. C. **Correlação entre dados geofísicos e de umidade gravimétrica em Latossolos sob diferentes sistemas de manejo** In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 13., 2013. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2013. CD-ROM.

NASCIMENTO, H. M. Questão agrária, território e meio ambiente no Brasil: Os limites da transição para uma agricultura sustentável. **Economía, Sociedad y Territorio**, vol. IX, núm. 31, 723-758, 2009,

NAIR, P.K.R. **An Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499p.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Estud. av.**, São Paulo , v. 15, n. 43, p. 83-100, Dec. 2001

NUNES, L.A.P.L., **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no Município de Viçosa-MG**. Universidade Federal de Viçosa, 2003. Tese (Doutorado em

Solos e Nutrição de Plantas) Viçosa: UFV, 102p., 2003.

OKSANEN, J. BLANCHET, F.G. KINDT, R. LEGENDRE, P. O'HARA, R. B. SIMPSON, G.L. SOLYMOS, P. STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. (2011). **vegan: Community Ecology Package**. R package version 1.17-6. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

ORELLANA, E. **Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua**. Madrid: Paraninfo, 523p , 1972.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.2, p.63-76, 2012.

PARRON, L.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; CAMARGO, P.B. **Composição isotópica de carbono e nitrogênio em solos e plantas de uma mata de galeria: efeito do gradiente topográfico**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 127). 24 p. 2004.

PAULA R. C. & PAULA N. F. **Sistemas Agroflorestais** IN: VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. (EDITORES) Manejo e recuperação Florestal. Jaboticabal, Funep. 2003, 180p.

PULROLNIK, K. **Transformações do carbono no solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. (Embrapa Cerrados Documentos, 264). 36 p. 2009.

Redin, M., Santos, G.F., Miguel, P., Denega, G.L., Lupatini, M., Doneda, A., Souza, E.L., 2011. Impactos da queima sobre atributos químicos físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal** 21, 381–392

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P., ed. Cerrado Ambiente e Flora. Planaltina, Df: Embrapa/Cpac, p.89-166. 1998.

RICHARDS P. (2015) **What Drives Indirect Land Use Change? How Brazil's Agriculture Sector Influences Frontier Deforestation**. *Annals of the Association of American Geographers*, 105:5, 1026-1040, (2015) DOI: 10.1080/00045608.2015.1060924

ROCKSTRÖM, J. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475. Setembro, 2009.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. D. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Soc. & Nat**, p. 333-351. (2014)

ROSCOE, R. et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R. et al. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.

SAMPAIO, J. A. G. **Disponibilidade de serviços ecossistêmicos de um sistema agroflorestal na região de Cerrado (Brasil Central)**. Dissertação de Graduação. Faculdade UnB de Planaltina – UnB, Planaltina – DF, 73 p., 2013.

SILVA, P.P. V; **Sistemas Agroflorestais para Recuperação de Matas Ciliares em Piracicaba, SP**. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA S.M. **Quantificação de Carbono de um sistema agroflorestal em área de Cerrado no Brasil central**. 58 p. Dissertação de Graduação. Faculdade UnB de Planaltina – UnB, Planaltina – DF, 2013.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, 19:233-240, 1992.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Interpretação dos resultados da análise química do solo para culturas anuais. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2. ed. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, 416 p. 2004.

SOUZA JUNIOR, O. F. **Influência de espaçamentos e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray**. Dissertação (Mestrado). – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Marília, Unimar– Marília, SP 43 f. 2007

TAPIA-CORAL S.C., LUIZÃO F.J., WANDELLI, E., FERNANDES, C.M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil.

Agroforestry Systems 65:33–42, 2005.

TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. **Applied Geophysics**. 2.ed. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 770p.

TEODORO, D. A. A. (2014). **Biomassa, Estoque de Carbono e Nutrientes no Cerrado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília-UnB, Brasília, DF, 59 p. 2014

XAVIER F.A.S., MAIA S.M.F., OLIVEIRA T.S., MENDONÇA E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** 30(2): 247-258, 2006.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International, (ICRAF Science and Practice of Agroforestry, n.4). 275p. 1991