

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE PLANALTINA - FUP**

**DISPONIBILIDADE DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NA REGIÃO DE CERRADO (BRASIL CENTRAL)**

**Jéssica Airisse Guimarães Sampaio**

**Planaltina – DF  
2013**

JÉSSICA AIRISSE GUIMARÃES SAMPAIO

**DISPONIBILIDADE DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NA REGIÃO DE CERRADO NO 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: Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Gabriela Bielefeld Nardoto

**Planaltina – DF  
2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Sampaio, Jéssica Airisse Guimarães

Disponibilidade de Serviços Ecosistêmicos em um Sistema Agroflorestal na Região de Cerrado do Brasil Central/ Jéssica Airisse Guimarães Sampaio. Planaltina – DF, 2013. 73 f.

Monografia – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientadora: Gabriela Bielefeld Nardoto

1. Funções ecossistêmicas, 2. Serviços Ecosistêmicos, 3. Sistemas Agroflorestais, 4. Cerrado. I. Sampaio, Jéssica. II. Título.

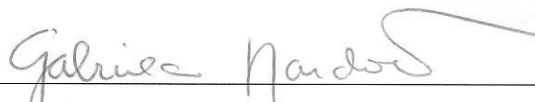
JÉSSICA AIRISSE GUIMARÃES SAMPAIO

***DISPONIBILIDADE DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NA REGIÃO DE CERRADO NO 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.

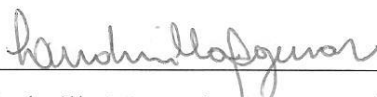
Banca Examinadora:

Planaltina – DF, 17 de dezembro de 2013.



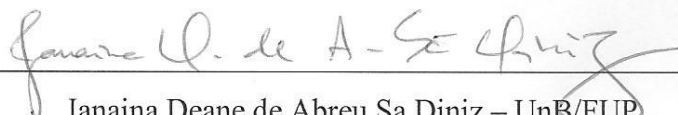
Profa Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto –UnB/FUP

(Orientadora)



Ludmilla Moura de Souza Aguiar – UnB/ZOO

(Examinadora Externa)



Janaina Deane de Abreu Sa Diniz – UnB/FUP

(Examinadora Interna)

**Dedico este trabalho a minha mãe,  
Martha, por sempre me incentivar a  
lutar pelos meus sonhos e ideais.**

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Gabriela Nardoto pela orientação, pela dedicação e por acreditar desde o início no trabalho e pela confiança depositada. Por me ensinar a guiar com meus próprios pés, compartilhando suas ideias e reflexões a cerca deste trabalho e pelo estímulo ao crescimento profissional.

Pelo apoio de toda minha família e em especial, a minha mãe Martha que esteve sempre disposta em ajudar, pelas leituras e contribuições. Agradeço também por toda dedicação voltada a minha educação e pelo apoio desde sempre regado de incentivo e confiança. Ao meu irmão Vítor Augusto por toda ajuda. Aos meus avós por todo carinho e incentivo, a minha tia Márcia e a minha querida afilhada Larissa por todo apoio dado desde o dia matrícula na UnB.

Ao Fernando Ramos pelas leituras, contribuições no desenvolvimento da pesquisa. Pela experiência de poder compartilhar a construção deste trabalho ao seu lado. Pelos momentos repletos de companheirismo, amizade, carinho e apoio incondicional.

A minha querida amiga Stephanie, pela amizade e companheirismo desde o primeiro dia de UnB e durante o período de escrita da monografia pelas sugestões dadas ao trabalho e por compartilhar as angústias e dúvidas que tivemos ao longo do caminho.

À Mariana que mesmo estando tão longe esteve tão presente. Por sempre compartilhar uma amizade verdadeira e pelo estímulo excepcional dado para a conclusão deste trabalho.

Ao Tiago Kisaka pela amizade, por toda ajuda durante a graduação e, em especial, na participação deste trabalho pela colaboração na composição da ilustração chave do meu trabalho. Obrigada de coração!

À Carla Roberta Gonçalves Reis, Hugo Silva e Maria Regina Silveira Satori pela ajuda e apoio nas análises realizadas no Laboratório de Ecologia de Ecossistemas (ECL/UnB);

Ao Maurício Hoffmann que contribuiu com esta pesquisa cedendo a área de estudo para as intervenções e pelos esclarecimentos oferecidos sobre o SAF estudado;

Ao Ray pela disponibilidade em esclarecer dúvidas, pela amizade, pelas conversas, incentivos e conselhos acadêmicos.

Não poderia deixar de agradecer à Samara pelas contribuições e esclarecimentos prestados mesmo estando distante. À Manu que sempre esteve preocupada e incentivando,

pela companhia e observações acerca desta pesquisa e à Pryscila Otanásio pela amizade e pela demonstração de incentivo singular que recebi no princípio da construção deste trabalho.

Ao Zulu *in memorian*, eterno amigo de quatro patas que sempre se mostrou companheiro nos momentos de escrita do TCC e em todos os momentos de nossa convivência. Agradeço a ele por sempre estar ao lado e com um olhar de carinho e amizade e, principalmente, pelas grandes lições de vida consentidas.

A professora Regina e ao professor Mário pelas aulas de TCC e pela disposição em sempre ajudar e nortear os estudantes para o objetivo final.

Agradeço a professora Mônica por todo o trabalho dedicado ao curso de Gestão Ambiental e pela dedicação e atenção com todos os estudantes.

Aos integrantes do grupo Núcleo de Estudos de Ambientes Tropicais (NEAT) pelas contribuições dadas a este trabalho.

Aos amigos da Gestão Ambiental que durante esses anos tornaram esse período mais leve e divertido cheio de boas lembranças.

Agradeço à UnB, que me proporcionou o encontro com professores maravilhosos que muito me ensinaram.

À vida pelas oportunidades de conhecer, aprender e sempre evoluir.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos!**

**“É preciso força pra sonhar e perceber  
que a estrada vai além do que se vê”.**  
**Marcelo Camelo**



## RESUMO

### DISPONIBILIDADE DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE UM SISTEMA AGROFLORESTAL NA REGIÃO DE CERRADO NO BRASIL CENTRAL

Diante do cenário de mudanças do uso da terra das áreas nativas de Cerrado com destinação para atividades agropecuárias tradicionais, as quais são sustentadas pelo emprego de alta tecnologia, uso de agroquímicos e pesada mecanização, esses e outros mecanismos utilizados modificam o fluxo das funções ecossistêmicas e, assim a provisão dos serviços ecossistêmicos. Em contrapartida ao modelo de produção rural vigente, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) têm sido apresentados como alternativa de uso sustentável dos recursos naturais, uma vez que consistem na promoção da agricultura alternativa e são baseados na relação biodiversidade e funcionamento dos serviços ecossistêmicos. Nos Serviços Ecossistêmicos são considerados os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir do funcionamento dos ecossistemas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi identificar os serviços ecossistêmicos de um Sistema Agroflorestal Sucessional Biodiverso localizado na região de Cerrado do Brasil Central (Região Administrativa de Planaltina-DF). As funções ecossistêmicas foram identificadas por meio de trabalhos científicos desenvolvidos no SAF em questão, de pesquisas na literatura, entrevista com o proprietário do SAF e visitas a propriedade. Para o mapeamento das funções avaliou-se os aspectos do SAF: características físico-químicas do solo, dinâmica de nitrogênio, qualidade e estimativa da taxa de decomposição da serapilheira, mineralização de nitrogênio, carbono orgânico do solo, retranslocação de nitrogênio, estoque de carbono na biomassa e no solo, evapotranspiração e produção de alimentos e de matéria prima. Dessa forma, a partir da análise dos dados da entrevista, da literatura e dos estudos foi possível mapear as funções ecossistêmicas do SAF com a intenção de compreender a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos. A função identificada conversão de energia solar em biomassa pode ser associada a dois serviços: provisão de alimento e provisão de matéria prima. A função mapeada regulação de gases promove o serviço de sequestro e armazenamento de carbono. A função de refúgio é responsável pela geração do serviço de habitat para as espécies do SAF. A função de regulação da água foi associada a dois serviços: manutenção da água no sistema e regulação do clima local. Identificou-se a função de retenção do solo, a qual gera o serviço de controle a erosão do solo. A função de informação foi relacionada ao serviço de uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico. Constatou-se um grupo de funções compartilhando a geração de um serviço no caso da disponibilidade de nitrogênio, formado pelas funções regulação e uso dos nutrientes pelas espécies do SAF, conservação de nutrientes no sistema e ciclagem de nutrientes e no caso do serviço fertilidade do solo, que é gerado pelas funções ecossistêmicas ciclagem de nutrientes, formação de solo fértil e retenção do solo. O manejo de sistemas agroflorestais pode proporcionar bom funcionamento dos ecossistemas e prover serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano. O sistema agroflorestal estudado tem capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos de todas as categorias e tem potencial para a implementação da política de pagamentos por serviços ambientais (PSA).

Palavras-chave: funções ecossistêmicas, serviços ecossistêmicos, sistemas agroflorestais, Cerrado.

## ABSTRACT

### ECOSYSTEM SERVICES AVAILABILITY OF AN AGROFORESTRY SYSTEM IN THE CERRADO REGION OF CENTRAL BRAZIL

Facing the changes in the land use of native areas of Cerrado with destination to traditional agriculture activities, which are sustained by the use of high technology, agrochemicals and heavy mechanization, this and others mechanisms utilized modify the flow of the ecosystem functions and therefore the provision of ecosystem services. As an alternative to the current model of rural production, the agroforestry systems (SAFs) have been presented as an alternative of sustainable use of the natural resources, based on the biodiversity and functioning of the ecosystems services relationships. Ecosystems Services are considered the direct and indirect benefits gained by men from the functioning of the ecosystems. The objective of the work was to identify the ecosystems services in the Cerrado region of the Central Brazil (Planaltina's - DF administrative region). The ecosystem functions were identified through scientific works developed in the referred SAF, searches in literature, interview with the SAF owner and visits to the property. To mapping the functions were evaluated aspects of the SAF: physical-chemical characteristics of the soil, nitrogen dynamic, quality and estimation of the rate of decomposition of litter, mineralization of nitrogen, organic carbon in the soil, nitrogen retranslocation, biomass and soil carbon stocks, evapotranspiration and production of food and raw material. From the analysis of the interview data, literature and previous experimental studies, it was possible to identify the ecosystem functions of the SAF with the intention of understanding the availability of the ecosystem services. The identified function solar energy conversion to biomass can be associated with two services: food provision and raw material provision. The function of gases promotes the service of carbon kidnapping and storage. The refuge function is responsible for the generation of the habitat service to the species. The regulation function of the water was associated with two services: maintaining the water in the system and regulation of the local climate. It was identified the function of the soil retention, which generates the service of control of the soil erosion. The function of information was related to the service of the use of the ecosystems to traditional and scientific knowledge. It was noted a group of functions sharing the generation of a service in the case of the nitrogen availability, formed by the functions regulation and use of the nutrients by the species, conservation of nutrients in the system and nutrients cycling and in the case of the service of soil fertility, which is generated by the ecosystem functions of nutrients cycling, fertile soil formation and soil retention. The agroforestry systems management can provide high functioning quality of the ecosystems and provide ecosystems services to the human well-being. The studied agroforestry system has the capability of providing all categories of ecosystems services and has potential to the implementation of the paying for environmental services (PSA) policies.

Key-words: ecosystem functions, ecosystem services, agroforestry systems, Cerrado.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, SÍTIO DAGROFLORESTA, PLANALTINA-DF (ÁREA 1, DELIMITADA EM VERMELHO); SAF ESTUDADO (ÁREA 2, DELIMITADA EM VERDE). .....	19
FIGURA 2 - VARIAÇÃO DA MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E TEMPERATURA JANEIRO/2012 A SETEMBRO/2013. ....	19
FIGURA 3– HISTÓRICO DA ÁREA DO SAF EM UM HORIZONTE DE VINTE ANOS. ....	20
FIGURA 4 - ASSOCIAÇÕES ENTRE AS FUNÇÕES E OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DO SAF. ....	40

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS.....	9
TABELA 2 - CATEGORIAS DAS FUNÇÕES ECOSISTÊMICAS, COMPONENTES, PROCESSOS E SERVIÇOS QUE PODEM SER GERADOS.....	10
TABELA 3 - CATEGORIAS DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS.....	11
TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA DO SAF ESTUDADO PARA O INTERVALO DE 0 A 20 CM DE PROFUNDIDADE .....	22
TABELA 5 - PERCENTUAL DE DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR EM CADA PERÍODO DE COLETA; K = RAZÃO INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO. ....	27
TABELA 6 - VALORES DE CONCENTRAÇÃO DE N FOLIAR E TAXA DE RETRANSLOCAÇÃO. ....	31
TABELA 7 - SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DO SAF. ....	43

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xii
SUMÁRIO.....	xiii
1 Introdução.....	1
2 Objetivos .....	4
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos Específicos .....	5
3 Revisão Bibliográfica.....	5
3.1 Mudanças de uso da terra.....	5
3.2 Funções Ecosistêmicas .....	6
3.3 Serviços Ecosistêmicos .....	7
3.4 Funções Ecosistêmicas e Serviços Ecosistêmicos e suas categorias.....	10
3.5 Sistemas Agroflorestais (SAFs).....	11
3.6 Serviços Ecosistêmicos em áreas rurais .....	13
3.7 Funções Ecosistêmicas e Serviços Ambientais em áreas de SAFs .....	14
4 Material e Métodos.....	18
4.1 Área de Estudo.....	18
4.2 Obtenção das informações e dados .....	21
4.3 De função ecossistêmica a serviço ecossistêmico .....	22
5 Resultados e Discussão .....	22
5.1 Características físico-químicas do solo.....	22
5.2 Dinâmica de NITROGÊNIO .....	23
5.2.1 Qualidade da serapilheira do SAF.....	25
5.2.2 Estimativa da taxa de decomposição da serapilheira.....	26
5.2.3 Mineralização de N.....	28
5.3 Origem do carbono orgânico incorporado no solo .....	29
5.4 Retranslocação de NITROGÊNIO.....	31
5.5 Estoque de carbono.....	32
5.5.1 Estoque de C na biomassa .....	32

5.5.2	Estoque de C no solo .....	33
5.5.3	Sequestro e armazenamento de carbono.....	33
5.6	Evapotranspiração.....	34
5.7	Produção de alimentos do SAF.....	35
5.8	Produção de Matéria prima do SAF .....	35
5.9	De Funções Ecológicas aos Serviços Ecológicos do SAF .....	36
5.10	Serviços Providos pelo SAF .....	41
5.11	Categorias dos Serviços Ecológicos do SAF .....	42
5.12	Descrição dos Serviços do SAF.....	43
5.12.1	Provisão de alimentos .....	43
5.12.2	Provisão de matérias primas .....	43
5.12.3	Sequestro e armazenamento de Carbono.....	44
5.12.4	Fertilidade do solo .....	44
5.12.5	Disponibilidade de Nitrogênio.....	45
5.12.6	Manutenção da água no sistema .....	46
5.12.7	Regulação do clima local.....	46
5.12.8	Controle da erosão .....	46
5.12.9	Habitat para as espécies .....	47
5.12.10	Uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico.....	47
6	Conclusão .....	48
7	Considerações Finais.....	48
	REFERÊNCIAS .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas possuem um papel fundamental na manutenção do sistema suporte de vida na Terra e no fornecimento de bens e serviços essenciais à satisfação das necessidades humanas (CHAPIN et al., 2011). A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (A.M, 2005) constatou que quinze de vinte e quatro serviços avaliados são degradados ou utilizados de forma insustentável, ou seja, estão sendo utilizados e/ou degradados sem respeitar a capacidade recuperação dos recursos naturais e dos processos ecológicos do ambiente.

A conversão de áreas nativas para a expansão da agricultura e pecuária tem transformado as paisagens em todo o planeta (ACHARD et al., 2002) e para a realidade brasileira esse o cenário de degradação e conversão de área nativa para atividades agropecuárias é alarmante, o que altera as interações bióticas e a disponibilidade de recursos no ecossistema (MATSON et al., 1997) resultando na perda de biodiversidade e causando danos à provisão de serviços do ecossistema (CHAPIN et al., 2000).

Particularmente, o Cerrado nos últimos 50 anos foi palco de uma acelerada e intensa ocupação econômica tendo o agronegócio como carro-chefe (DIAS, 1994). Estima-se que entre 40 e 65% da área do Cerrado foi convertida ou modificada, essencialmente para usos agropecuários (KLINK e MACHADO, 2005; MANTOVANI e PEREIRA, 1998).

Em termos de manejo da terra para preparo e produção agrícola, nos sistemas agrícolas convencionais a intervenção humana é necessária o tempo todo para suprir funções que supostamente deveriam ser reguladas pela interação entre a diversidade de espécies e os processos ecológicos. Na agricultura convencional os pesticidas químicos substituem o controle natural de plantas invasoras, doenças e insetos; a manipulação genética substitui processos naturais de evolução e de seleção de plantas; fertilizantes substituem processos de reciclagem de nutrientes; e o preparo mecanizado do solo procura substituir a interação entre raízes, organismos vivos e matéria orgânica do solo na promoção de condições favoráveis para a germinação das sementes (ALTIERI, 1999).

Em uma perspectiva agroecológica, o sistema agroflorestal (SAF) é um dos diversos tipos de agrossistema que tem recebido atenção especial da academia nos últimos anos por ser um sistema menos agressivo e que produz menos impacto ao meio ambiente pela sua concepção de manejo e de produção sem o uso de fertilizantes e agrotóxicos, bem como pelo não uso de maquinário pesado na preparação do solo e sobretudo pelo uso da diversidade de

espécies em sua área melhorando as condições ambientais no local (NAIR, 1983; SCHROTH et al., 2004, ALTIERI, 1999, PENEIREIRO, 1999; SCHERR e MCNEELY, 2002).

Em síntese, os sistemas agroflorestais (SAFs) são entendidos como arranjos sequenciais de espécies ou de consórcios de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, através dos quais se busca, ao longo do tempo, reproduzir a dinâmica sucessional da vegetação original, sua estrutura e funcionalidade, visando atender demandas humanas de modo sustentável ao longo do tempo (MICHON, 1998).

O manejo de SAFs tem potencial de recuperar as propriedades físico-químicas do solo, sua produtividade e a sua biodiversidade, bem como promover melhorias na qualidade da matéria orgânica do solo (TAPIA-CORAL et al., 2005; LOSS et al., 2009; SZOTT et al., 1991, XAVIER et al., 2006).

A adoção de práticas de uso da terra que respeitam o ambiente é essencial para a proteção dos serviços ecossistêmicos. Modelos de agricultura de base ecológica estão se estabelecendo como alternativas viáveis aos modelos convencionais, que são incompatíveis com a conservação dos ecossistemas (SCHERR e MCNEELY, 2002). Os SAFs fornecem serviços ecossistêmicos com potencial de serem convertidos em valoração ambiental, aumentando o valor agregado da propriedade agrícola.

Em decorrência da crescente preocupação sobre as interconexões entre o estado dos ecossistemas, o bem-estar das populações e os impactos negativos provocados por mudanças nos fluxos dos serviços prestados pelos ecossistemas, o interesse pelos ecossistemas e seus serviços tem aumentado exponencialmente nos últimos anos, o que vem sendo refletido no amplo aumento de pesquisas científicas sobre essa temática (DE GROOT, 1992; DAILY et al., 1997; COSTANZA et al., 1997; DE GROOT et al., 2002; DALY e FARLEY, 2004; A.M, 2005; TURNER e DAILY, 2008; ANDRADE e ROMEIRO, 2009; PATTERSON e COELHO, 2009).

As atividades econômicas, a coesão das sociedades e o bem-estar humano são profunda e irremediavelmente dependentes dos serviços gerados pelos ecossistemas (ANDRADE e ROMEIRO, 2009), portanto as atividades humanas afetam a capacidade de provisão dos serviços, devido às pressões antrópicas sobre os recursos naturais. Segundo Avaliação Ecosistêmica do Milênio (A.M, 2005) a degradação dos ecossistemas é resultado do aumento exacerbado ou acelerado da demanda por serviços ecossistêmicos de forma superior a que os ecossistemas têm capacidade de prover.



Há décadas tem-se observado o aumento acelerado da degradação dos ecossistemas e, portanto, reconhece-se que existe um limite da natureza para a sustentação da produtividade, adaptabilidade e capacidade de renovação dos recursos naturais (RICKLEFS, 2003; BEGON et al., 2007). Nesta mesma linha Rockström et al. (2009) definiram dez limites físicos para a Terra que a humanidade não deve transgredir, pois isso pode causar a instabilidade abrupta nos sistemas essenciais de suporte da vida. Os limites listados pelos autores são: acidificação dos oceanos, mudanças no uso da terra, mudanças climáticas, poluição química, perda de biodiversidade, carga de aerossóis atmosféricos, destruição do ozônio estratosférico, uso da água doce, alterações no ciclo do fósforo e no ciclo do nitrogênio.

Desses limites de segurança, estima-se que três já foram superados (perda de biodiversidade, ciclo do nitrogênio e mudanças climáticas), acrescentando a esse quadro o fato de que esses limites são interdependentes, o que significa que ultrapassar um pode ter implicações nos demais aspectos listados pelos pesquisadores.

Nesta perspectiva, começou-se a usar o termo “serviços ecossistêmicos” devido ao aumento acelerado de degradação dos ecossistemas causado pelas diversas atividades humanas na busca de suas demandas de produção e consumo, ou seja, uma crise ambiental foi estabelecida. Em resposta a essa crise, se baseou na lógica vigente da economia liberal na tentativa de atribuir à natureza o papel de prestador de serviços, com a ideia de tornar visíveis e valorizar os benefícios concedidos pelos ecossistemas e, sobretudo mostrar a importância do meio ambiente equilibrado para a humanidade.

No que diz respeito ao equilíbrio dos ecossistemas, Andrade e Romeiro (2009) afirmam que para garantir o equilíbrio das funções ecossistêmicas é cada dia mais urgente compreender a dinâmica dos sistemas naturais, seus mecanismos de interação, a capacidade de geração de serviços ecossistêmicos e os impactos adversos que podem alterar sua disponibilidade.

Os ecossistemas têm ganhado cada vez mais atenção dos cientistas devido à crescente preocupação com seu estado de conservação, pois o aumento da população tem causado inúmeros impactos negativos, que vão desde a fragmentação, perda de habitat e biodiversidade (A.M., 2005), até alterações nos fluxos das funções e dos serviços ecossistêmicos. Com essas perdas, os ecossistemas têm-se tornado cada vez mais frágeis e incapazes de sustentar os processos ecológicos básicos que suportam a vida no planeta (NAEEM et al., 1999), diminuindo consideravelmente sua capacidade de proporcionar bens e serviços ecossistêmicos (A.M., 2005).

O conhecimento a respeito da ecologia dos serviços do ecossistema ainda é muito incipiente, o que tem limitado o entendimento da sua importância, seu valor e, sobretudo em planejar a conservação e manejo dos ecossistemas (KREMEN, 2004), logo há necessidade de maior entendimento quanto às funções ecossistêmicas e os diferentes serviços fornecidos pelos ecossistemas.

Ressalta-se também a importância de ter conhecimento sobre os serviços mantidos, perdidos e modificados de acordo com os tipos de manejo e usos da terra, uma vez que fornece conhecimentos essenciais para a conservação, e o uso sustentável dos ecossistemas. Portanto, a compreensão sobre a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos é especialmente importante para a gestão ambiental.

Para a consecução do estudo foi escolhida uma área de SAF implantado há aproximadamente treze anos com o intuito de obter dados e informações sobre a dinâmica das funções ecossistêmicas de forma a contribuir para o entendimento da disponibilidade de serviços ecossistêmicos de SAFs implantados no Cerrado.

Este trabalho teve intenção de agregar um número maior de informações sobre as funções ecossistêmicas e processos ecológicos a fim de auxiliar na elaboração de um panorama mais abrangente sobre a disponibilidade de serviços ecossistêmicos de uma área trazendo uma perspectiva mais integradora sobre a provisão dos serviços ecossistêmicos em SAFs.

O objetivo do trabalho foi analisar e mapear as funções ecossistêmicas e a disponibilidade de serviços ecossistêmicos de um SAF localizado na região de Cerrado do Brasil Central, contribuindo assim para um melhor entendimento de como as funções ecossistêmicas e seus mecanismos de interação são fundamentais para a geração de serviços ecossistêmicos em sistemas de produção como SAFs.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Identificar os Serviços Ecossistêmicos de um SAF localizado na região de Cerrado do Brasil Central.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Categorizar os serviços ecossistêmicos identificados no SAF;
- ii. Descrever os serviços ecossistêmicos identificados no SAF.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 MUDANÇAS DE USO DA TERRA

O Cerrado ocupa originalmente uma área de dois milhões de km<sup>2</sup>, o que equivale aproximadamente a 22% do território nacional (KLINK e MACHADO, 2005). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a biodiversidade do bioma. O Cerrado possui a savana tropical mais diversa do mundo e 44% de sua flora é endêmica (KLINK e MACHADO, 2005).

Embora o Cerrado possua relevante diversidade biológica e abundância de espécies endêmicas, e seja reconhecido como a savana mais rica do mundo em espécies, é um dos biomas mais ameaçados por perda de habitat. Segundo Mendonça (2010) é o segundo bioma brasileiro que mais perdeu área para as ocupações humanas, ficando atrás apenas da Mata Atlântida.

A formação de pastagens plantadas e de lavoura comercial são as principais atividades econômicas na região, sendo a primeira a mais significativa em extensão, cobrindo cerca de 25% da área de Cerrado (KLINK e MOREIRA, 2002), o que demonstra que as mudanças de uso da terra no Cerrado ocorrem de forma acelerada e fazem do segundo maior bioma brasileiro, possuidor de terras férteis e profundas, o principal alvo para produção agropecuária do país (SILVA, 2013). A intensa conversão de áreas nativas de Cerrado em áreas agrícolas e pastagens prejudica a provisão dos serviços prestados pelos ecossistemas.

A expansão agrícola tem sido potencializada por meio de incentivos econômicos às atividades agropecuárias como: subsídios agrícolas, ampliação de créditos rurais e a expansão da política comercial agrícola (HELFAND e REZENDE, 2003).

Esta expansão da agropecuária tem sido feita com uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes e corretivos, irrigação sem controle, pisoteio excessivo de animais, monocultura e cultura em grande escala, uso inadequado de fatores de produção, traduzido, no caso

específico, no emprego de alta tecnologia, química e pesada mecanização (CUNHA, 2005) gerando altos custos e prejuízos ambientais decorrentes deste modelo de produção.

A degradação ambiental aliada à grande biodiversidade, fez com que o Cerrado fosse considerado um dos 25 *hotspots* mundiais, ou seja, há alto grau de endemismo e perda de habitats e dessa forma necessita de áreas prioritárias para a conservação (MYERS et al., 2000), bem como de políticas públicas de proteção ao bioma.

A fragmentação dos habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação dos ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios nos ciclos biogeoquímicos do carbono e do nitrogênio e possivelmente modificações climáticas regionais, são alguns exemplos dos danos causados pela conversão de áreas nativas de Cerrado, de acordo com Klink e Machado (2005).

### 3.2 FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS

Os ecossistemas são sistemas que englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos em seus ambientes físicos e químicos, nos quais o homem é parte integrante (RICKLEFS, 2003; M.A, 2005). Este conjunto de recursos bióticos, bem como sua idade e distribuição espacial, juntamente com os recursos abióticos formam a estrutura ecossistêmica, a qual fornece a base para que ocorram os processos e as funções ecológicas (DALY e FARLEY, 2004; TURNER e DAILY, 2008; ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Essa rede complexa de interações do conjunto de recursos bióticos e abióticos permite o funcionamento do ecossistema e a provisão dos chamados serviços ecossistêmicos.

O entendimento da dinâmica dos ecossistemas requer um esforço de mapeamento das chamadas funções ecossistêmicas, as quais podem ser definidas como as constantes interações existentes entre os elementos estruturais de um ecossistema, incluindo transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gás, regulação climática e do ciclo da água (DALY e FARLEY, 2004).

Funções ecossistêmicas são definidas por De Groot (1992) como a capacidade de processos naturais e componentes para fornecer bens e serviços que satisfaçam às necessidades humanas (direta ou indiretamente).

De modo geral, uma função ecossistêmica gera um determinado serviço ecossistêmico quando os processos naturais subjacentes desencadeiam uma série de benefícios que podem ser direta e indiretamente apropriáveis pelo ser humano (DAILY et al., 1997; COSTANZA et

al., 1997; DE GROOT et al., 2002). Em outras palavras, uma função ecossistêmica passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade ou potencial de ser utilizada para fins humanos (HUETING et al., 1998)

Tais funções, consideradas um subconjunto dos processos ecológicos e das estruturas ecossistêmicas (DE GROOT et al., 2002), possibilitam integridade ambiental dos ecossistemas.

Kay e Schneider (1992) definem o que é um ecossistema integrado como: "a habilidade de absorver mudanças ambientais sem algumas mudanças permanentes no ecossistema". Além disso, esses autores delimitaram três aspectos da integridade dos ecossistemas, são eles: i) saúde do ecossistema, enquanto habilidade para manter operações normais sob condições ambientais normais; ii) convivência com mudanças (perturbações) e iii) processo de auto-organização em base contínua. Esses aspectos tem relação direta com a capacidade dos ecossistemas se desenvolverem e terem a capacidade de manutenção do seu funcionamento.

A definição do que são funções ecossistêmicas é especialmente importante para compreender outro conceito chave: serviços ecossistêmicos. A partir das diversas funções do ecossistema os serviços ecossistêmicos são gerados e geram benefícios diretos e indiretos para a humanidade. Mejía (2005) sugere a existência de um amplo número de funções do ecossistema e de seus bens e serviços associados.

Conforme o que foi apresentado, é clara a dependência da integridade dos ecossistemas para que os processos ecológicos e as funções ecossistêmicas conservem-se regulados e os bens e serviços ecossistêmicos sejam fornecidos (DE GROOT et al., 2002).

### 3.3 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

As primeiras referências para a concepção das funções e serviços ecossistêmicos datam de meados da década de 1960 e início dos anos 1970 (KING, 1966; HELLIWELL, 1969; ODUM E ODUM, 1972; HUETING, 1980). O termo função ecossistêmica ainda apresenta várias e contraditórias interpretações, sendo que alguns autores utilizaram o conceito como forma de descrever o funcionamento interno do ecossistema, como por exemplo, manutenção dos fluxos de energia e ciclagem de nutrientes (DE GROOT et al., 2002; DALY e FARLEY, 2004; KREMEN, 2005; A.M., 2005; DE GROOT et al., 2006).

Para CHRISTIAN et al. (2005) o conceito de “clusters” funcionais implica que

sistemas reconhecidamente únicos podem compartilhar funções gerais que são agregadas a diferentes processos e estruturas. Sendo assim, um conjunto mais genérico de funções pode ser definido independentemente da distribuição geográfica, tendo como base os diferentes componentes do sistema. Com isso, este autor definiu função ecológica como sendo o resultado do comportamento do ecossistema, podendo existir dois tipos de funções: as funções que mantêm o ecossistema e aquelas que provêm bens e serviços à humanidade.

O conceito de serviços ecossistêmicos começou a permear as discussões de políticas públicas, no meio acadêmico e na sociedade. Porém, sua definição ainda necessita ser melhor conhecida, entendida e difundida para e pela sociedade.

Basicamente da mesma forma que o corpo humano tem uma série de funções involuntárias que são necessárias à vida, que geralmente passam despercebidas, os sistemas naturais produzem uma série de serviços que dão suporte à produção e à vida no planeta. (NICODEMO et. al., 2008).

Alguns dos serviços prestados pelos sistemas naturais de acordo com Daily et al., (1997) são: (1) manutenção da qualidade do ar e controle da poluição, por meio da regulação da composição dos gases atmosféricos; (2) controle da temperatura e do regime de chuvas, por meio do ciclo biogeoquímico do carbono e da evapotranspiração da vegetação que contribui para manter a umidade relativa do ar; (3) regulação do fluxo de águas superficiais e controle das enchentes; (4) formação e manutenção do solo e da fertilidade do solo, pela decomposição da matéria orgânica e pelas interações entre raízes de plantas, bactérias e micorrizas; (5) degradação de dejetos industriais e agrícolas e ciclagem de minerais; (6) redução da incidência de pragas e doenças pelo controle biológico; e (7) polinização de plantas agrícolas e de plantas silvestres.

Os bens produzidos pelos ecossistemas incluem alimentos, água, combustíveis e madeira, enquanto os serviços incluem o fornecimento de água e a purificação do ar, a reciclagem natural de resíduos (matéria orgânica), a formação do solo, a polinização e os mecanismos de regulação que a natureza, por si mesma, utiliza para controlar as condições climáticas e as populações dos organismos.

Serviços Ecossistêmicos também denominados Serviços Ambientais são considerados os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir do funcionamento dos ecossistemas. Enquanto serviços essenciais de suporte à vida há clara necessidade em se

preservar os ecossistemas, garantindo a manutenção dos fluxos e processos ecológicos e assim, mantendo a capacidade de geração e provisão dos diversos serviços.

O interesse sobre o funcionamento dos ecossistemas e os estudos sobre os serviços ecossistêmicos é recente, entretanto vários autores preocuparam-se em conceituar os serviços ecossistêmicos para aplicações na ecologia e na economia (PATTERSON e COELHO, 2009).

Na tabela seguinte serão apresentados os principais conceitos desenvolvidos por alguns autores e utilizados para subsidiar os estudos sobre serviços ecossistêmicos.

**Tabela 1 – Principais definições de serviços ecossistêmicos.**

<b>Definições de serviços ecossistêmicos</b>	<b>Referência</b>
Condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que o compõem, mantêm e suportam a vida humana.	<b>DAILY, 1997</b>
Consistem em fluxos de materiais, energia e informação de estoques de capital natural, que combinam com os serviços de capital manufaturado e humano para produzir bem-estar humano.	<b>COSTANZA et al. 1997</b>
São os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas.	<b>A.M., 2005</b>
Resultam das funções ecossistêmicas e de forma direta ou indireta, contribuem para o bem-estar social, ou tem potencial de fazê-lo no futuro.	<b>US EPA, 2006</b>

*Fonte: Adaptado Hackback, (2012).*

O conceito de serviços ecossistêmicos desenvolvido pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (A.M, 2005) é o mais utilizado atualmente, pois este conceito pressupõe que exista uma interação dinâmica entre as pessoas e os ecossistemas, onde as condições humanas impulsionam as mudanças nos ecossistemas, tanto de forma direta como indireta e vice-versa.

Este conceito elaborado pela A.M. segue a definição de Costanza et al. (1997) na inclusão dos ecossistemas como fontes de serviços ecossistêmicos e a definição de Daily (1997) para a inclusão do termo “serviços” para abranger os benefícios tangíveis e intangíveis que as pessoas obtêm dos ecossistemas, sendo reconhecidos por alguns autores como “bens e serviços”.

Para que os serviços sejam plenamente oferecidos pelos ecossistemas, as funções ecossistêmicas, responsáveis por gerar tais serviços, precisam apresentar um bom funcionamento (DE GROOT et. al, 2002). Portanto, a integridade e o estado de conservação dos ecossistemas (A.M., 2005) influenciam diretamente na sustentação dos processos básicos do ecossistema e no fluxo das funções ecossistêmicas, que por sua vez geraram os serviços.

### 3.4 FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E SUAS CATEGORIAS

Vários autores preocuparam-se em categorizar as funções ecossistêmicas e os serviços ecossistêmicos com o intuito de entender melhor sua dinâmica e sistematizar a diversidade de funções e de serviços constatados.

Com este intuito Costanza et al. (1997), De Groot (1992), De Groot et al. (2000; 2002) apresentaram uma relação das principais funções e seus componentes, processos, bens e serviços ecossistêmicos.

A despeito de sua grande variedade, De Groot et al. (2002) propuseram uma divisão das funções ecológicas em quatro grandes categorias, quais sejam: i) funções de regulação, ii) funções de habitat, iii) funções de produção e, por fim, iv) funções de informação.

**Tabela 2 - Categorias das funções ecossistêmicas, componentes, processos e serviços que podem ser gerados.**

Funções	Definição	Exemplos de Funções	Exemplos de serviços associados
Regulação	<b>Manutenção dos processos ecológicos essenciais e do sistema de suporte vital.</b>	<b>Regulação de Gases Regulação do Clima Regulação da água Formação do solo</b>	<b>Manutenção da qualidade do ar e da água; Prevenção de inundações; Proteção contra tempestades; Drenagem e irrigação natural.</b>
Habitat	<b>São os espaços adequados para a sobrevivência da flora e da fauna e manutenção da diversidade biológica e genética.</b>	<b>Função de Refúgio Função de Berçário</b>	<b>Manutenção de espécies.</b>
Produção	<b>Relaciona-se ao suprimento dos recursos naturais.</b>	<b>Provisão de Alimento Matéria-Prima Recursos Genéticos Recursos Medicinais Recursos Ornamentais</b>	<b>Alimentos Combustível e energia; Forragem e fertilizantes; Medicamentos e produtos farmacêuticos;</b>
Informação	<b>Aptidão do ecossistema para o desenvolvimento cognitivo.</b>	<b>Informação Estética Recreação Espiritual Histórica Cultural e Artística Ciência e Educação</b>	<b>Natureza como motivo de livros, filmes, pinturas, folclore, símbolos nacionais, arquitetura; Educação Ambiental; Valor histórico e patrimonial dos ecossistemas; Uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico.</b>

*Fonte: Hackback, (2012) adaptado de DE GROOT et al., (2002).*



Tendo como base a divisão proposta por De Groot et al. (2002) os serviços ecossistêmicos foram agrupados em categorias principais, sendo elas: suprimento, regulação, cultural e de suporte. Essa organização dos serviços foi proposta pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (A.M, 2005):

**Tabela 3 - Categorias dos Serviços Ecossistêmicos**

Serviços de Suprimento	<b>resultam dos bens ou produtos ambientais com valor econômico, obtidos diretamente pelo uso e manejo dos ecossistemas como alimento para o consumo humano, provisão de matéria prima, madeira, etc.</b>
Serviços de Regulação	<b>relaciona-se com a capacidade natural do ecossistema de regular processos ecológicos e com a manutenção dos processos ecossistêmicos como a regulação do clima, controle biológico, regulação dos ciclos biogeoquímicos.</b>
Serviços Culturais	<b>relacionam-se com os valores e manifestações culturais promovendo funções de reflexão, enriquecimento espiritual e recreação.</b>
Serviços de Suporte	<b>garantem todos os serviços porque mantém as condições dos recursos naturais como biodiversidade, variabilidade genética, ciclos biogeoquímicos, fotossíntese.</b>

*Fonte: A.M (2005).*

A classificação das modalidades dos serviços ecossistêmicos elaborada pela A.M (2005) se baseou nas categorias de funções feitas pelo pesquisador De Groot et al. (2002), onde os serviços ecossistêmicos foram organizados em quatro categorias, por isso, a categorização feita pela A.M. é bastante semelhante à feita para as funções ecossistêmicas, já apresentada na Tabela 2. Assim como o conceito elaborado pela A.M., esta categorização de modalidades tem sido utilizada por muitos autores e foi adotada no presente trabalho.

### 3.5 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFS)

O desenvolvimento de agrossistemas conservacionistas contrapõe o modelo de práticas de produção agrícola convencional a fim de minimizar impactos negativos adversos ao meio ambiente. Viana et al. (1997), apontam que a busca de sistemas de produção apropriados em termos socioambientais e viáveis economicamente são meios centrais de estratégias voltadas para o desenvolvimento rural sustentável.

Os sistemas agroflorestais consistem na promoção da agricultura alternativa aos meios convencionais e são baseados na relação biodiversidade e funcionamento dos serviços ecossistêmicos. Desta forma, o uso de SAF de alta diversidade surge como uma opção sustentável e estratégica para produtores familiares, graças à diversificação da produção e rentabilidade (EMBRAPA, 2011).

O termo - Sistemas Agroflorestais - foi criado para nomear de forma científica práticas de agricultura de comunidades tradicionais, em que o plantio de espécies arbóreas é feito em consórcio com sistemas de produção agrícola (SUGASTI, 2008; DUBOIS et al., 1996).

Por definição, SAFs são formas de uso ou manejo da terra, nas quais se combinam espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras) com cultivos agrícolas que promovem benefícios econômicos e ecológicos. Tais sistemas são capazes de alavancar níveis de produtividade das lavouras de pequenos agricultores com consequentes melhorias na qualidade da matéria orgânica do solo (CARDOSO et al., 2005).

Há uma condição estabelecida para que as combinações de espécies (consórcios) possam ser chamadas de agroflorestais: deve-se ter na sua composição ao menos uma espécie florestal típica (nativa ou aclimatada) de estrato arbóreo ou arbustivo em estado natural, florestas ou capoeiras (DUBOIS, 2008).

Esse tipo de sistema pode permitir ganhos diretos e indiretos ao produtor devido a diversificação da produção, uma vez que diminuem os efeitos de sazonalidade econômica, além de aumentar os níveis de matéria orgânica no solo, aumentar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico e a ciclagem de nutrientes (SOMARRIBA, 1992).

Mcneely e Schroth (2006) destacam também que os SAFs podem favorecer a redução de insumos, possibilitar a extração de madeira, frutas e demais produtos oriundos do mesmo, e, principalmente, favorecer a biodiversidade local.

Determinadas espécies nesse sistema são escolhidas para gerar renda, mas outras de pouco ou nenhum valor comercial também podem fazer parte dos sistemas tendo como função incrementar a capacidade produtiva do solo. Como exemplifica Dubois (2008) as espécies adubadoras são podadas ou rebaixadas periodicamente. São chamadas de espécies de serviço, pois possuem o papel de favorecer as condições adequadas ao ambiente para o desenvolvimento de outras espécies que mais tarde serão plantadas no sistema.

Os SAFs podem ser classificados de acordo com suas diferentes formas, estruturas espaciais, dinâmicas ao longo do tempo, funções de diferentes componentes, bem como os objetivos produtivos (MACEDO et al., 2000).

No que diz respeito à classificação de acordo com o manejo do sistemas temos dois tipos: o sistemas agroflorestal estático, o qual é caracterizado pelas e intervenções de manejo que não modificam a composição e estrutura do consórcio (DUBOIS, 2008) e o sistema agroflorestal sucessional, que é caracterizado por caracterizados por serem multiestratificados,

implementados e manejados sob a orientação de reproduzir a dinâmica de sucessão ecológica natural de uma floresta nativa (MICHON, 1998).

### 3.6 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM ÁREAS RURAIS

Segundo Vilar (2009) a utilização dos recursos ambientais no processo produtivo interfere nas relações econômicas de duas maneiras. Em primeiro lugar, a utilização desses recursos pode ser entendida como um serviço prestado pelo meio ambiente. Nesse sentido, o não pagamento desse serviço representa um subsídio à produção, que deveria ser considerado no cálculo do produto agregado. Em segundo lugar, a utilização dos recursos ambientais implica em impactos ao meio ambiente, seja pela exaustão dos recursos ou pela degradação, o que resulta em custos, tanto para as atuais quanto para as futuras gerações.

Em sistemas agrícolas, a biodiversidade oferece serviços que vão muito além da produção de alimentos, de fibras, de combustível, dos quais podemos destacar: a qualidade da água, a conservação do solo, a biodiversidade, a qualidade do ar, a ciclagem dos nutrientes, entre outros dentre os serviços que são prestados pelos ecossistemas rurais. Para tanto, é importante reconhecer os produtores rurais como produtores de serviços ambientais, incentivando-os a manter os recursos naturais protegidos, garantindo assim a sustentabilidade dos ecossistemas e da produção.

O reconhecimento dos serviços ambientais fornecidos pelas propriedades particulares, com o pagamento de tais serviços, pode ser uma alternativa para promover a recuperação de áreas degradadas e a manutenção das áreas de preservação permanente e de reserva legal para benefício de toda a sociedade, sem que o ônus recaia apenas sobre o produtor rural.

Por fim, para áreas agrícolas bem como para SAFs são fundamentais a manutenção da vegetação nativa próxima (DE MARCO e COELHO, 2004), pois, estes proporcionam aumento da diversidade de espécies no local e auxiliam na manutenção do equilíbrio desses sistemas. Longe de representar apenas um custo a mais para o produtor rural, a manutenção de áreas de vegetação natural na propriedade, como a reserva legal e a área de preservação permanente, provê serviços ambientais que não podem ser gerados apenas com o emprego das práticas agrícolas dominantes (ALTIERI, 1999).

Embora a manutenção da reserva legal e da área de preservação permanente nas propriedades particulares seja fundamental na integração de ações para manutenção da biodiversidade, fica cada vez mais claro que é preciso também mudar a maneira de pensar os

espaços agrícolas, e, sobretudo pensar e modificar as práticas agrícolas empregadas no espaço rural.

### 3.7 FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SERVIÇOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE SAFS

O manejo de SAFs, em geral, busca reproduzir ao máximo a arquitetura das formações florestais naturais, para melhor aproveitar a radiação, umidade e nutrientes, entre outros aspectos relevantes para o bom funcionamento do ecossistema local. Dessa forma, a provisão de serviços ambientais em SAFs tende a aumentar se comparada com a oferta de serviços em áreas de agricultura e/ou agropecuária convencional.

Segundo Jackson (2002) a baixa heterogeneidade dos sistemas produtivos dificulta a manutenção dos serviços do ecossistema. E, além disso, a produção rural que não for pautada pela sustentabilidade, ou seja, aquela que explora indiscriminadamente dos recursos ambientais levará invariavelmente a um contexto de esgotamento dos recursos (ALTIERI, 1999).

Muitos serviços ambientais providos por áreas rurais como polinização, controle de pragas, renovação da fertilidade do solo, controle de inundação, produção de madeira, manutenção de umidade relativa do ar e garantia de maior tempo de fotossíntese, estabilização de temperatura, armazenamento de água das chuvas são importantes em escala local, portanto, dependem da capacidade e da integridade ecológica local do meio rural para gerá-los (DAILY et al., 2001).

O uso de técnicas agrícolas tradicionais trazem inúmeros prejuízos ao meio ambiente e impactos consequentes para a provisão dos serviços ecossistêmicos. Frente a isso manejo de SAFs vem sendo avaliado como uma alternativa apropriada de uso sustentável dos recursos naturais.

Segundo Viana (1997) os sistemas agroflorestais apresentam uma série de vantagens, algumas já comprovadas cientificamente e outras não, em relação aos sistemas convencionais. Dentre estas podem ser incluídas: (a) diminuição do uso de fertilizantes; (b) conservação dos solos e bacias hidrográficas; (c) redução do uso de herbicidas e pesticidas; (d) diminuição dos custos de recuperação de matas ciliares e fragmentos florestais; (e) adequação a pequena produção; (f) adequação a populações tradicionais; (g) melhoria da qualidade dos alimentos.

As funções ecossistêmicas, as quais serão apresentadas adiante, são, em sua maioria, mediadas pela atividade biológica e a manutenção delas depende da conservação da biodiversidade.

Em se tratando de biodiversidade, esses sistemas apresentam maior capacidade de comportá-la (BAGGIO e MEDRADO, 2003). Gandara (2009) por meio da avaliação do potencial de SAFs na manutenção da riqueza e diversidade da fauna de macro invertebrados do solo e de plantas espontâneas do banco de sementes do solo encontrou que áreas de SAFs mostraram maior capacidade de manter uma biodiversidade associada ao sistema. Segundo Gandara (2009) este fato deve estar relacionado a maior diversidade de espécies vegetais e o sombreamento da área, o que torna o ambiente mais propício aos macroinvertebrados. Ainda vale destacar que, nestes sistemas há maior produção e deposição de serapilheira sobre o solo, o que garante maior quantidade e diversidade de recursos aos organismos.

A biodiversidade é fundamental para a produção agropecuária, que utiliza de forma dependente os processos biológicos que ocorrem no ecossistema, os quais permitem a produção de alimentos, outros produtos e serviços (BAGGIO e MEDRADO, 2003).

A conservação da biodiversidade é fator chave para o funcionamento dos ecossistemas e é indispensável para a manutenção dos serviços ambientais.

Desse modo, os conceitos de biodiversidade e ecossistema são fundamentais para a compreensão do papel de um sobre o outro, no que diz respeito ao funcionamento e estrutura dos ecossistemas:

Biodiversidade engloba a diversidade dentro de espécies (variabilidade genética), entre espécies e de ecossistemas. Ecossistema constitui um complexo dinâmico de comunidades vegetais e animais e de microrganismos e o seu meio inorgânico, que interagem como uma unidade funcional (ODUM, 1983).

Não se sabe ao certo a função e a importância individual de cada um dos organismos para a manutenção da vida na Terra, mas estudos têm mostrado que a biodiversidade é fundamental para a saúde e a resiliência dos sistemas naturais (JONSSON, 2011; DAILY, et al., 1997).

Conforme a FAO (1995) os SAFs são estimulantes à sustentabilidade ambiental, por beneficiar a preservação da fauna, flora, fixação biológica de nitrogênio e a ciclagem de nutrientes, de tal modo que o manejo de sistemas agroflorestais (SAFs) pode contribuir

significativamente para recuperar a produtividade do solo assim como sua biodiversidade (TAPIA-CORAL et al., 2005; LOSS et al., 2009).

O plantio simultâneo ou sucessional, consorciando espécies leguminosas e perenes de interesse madeireiro tendem a aumentar produção e qualidade da serapilheira (TAPIA-CORAL et al. 2005). A decomposição deste material favorece a recuperação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo em áreas de SAF (SZOTT et al., 1991; XAVIER et al., 2006; LOSS et al., 2009), uma vez que a serapilheira depositada proporciona uma cobertura para o solo minimizando os processos de lixiviação e erosão hídrica, além disso serve como importante fonte de nutrientes, particularmente N e P, potencialmente mineralizáveis. Além disso, a serapilheira armazena em seu conteúdo uma grande quantidade de sementes aptas a germinar ou em estado de dormência, abriga uma abundante fauna composta por micro e macro invertebrados que atuam na decomposição desses materiais, fertilizando naturalmente os solos (ADUAN, 2003).

A quantidade e qualidade de resíduos vegetais são importantes variáveis a serem consideradas, uma vez que a serapilheira produzida é uma importante fonte de nutrientes potencialmente mineralizáveis, conforme apresentado por Nardoto e Bustamante (2003) os fatores que levam a variações na ciclagem dos nutrientes em ecossistemas naturais são o clima, a composição de espécies, o estado sucessional e a fertilidade do solo.

A ciclagem de nutrientes é fundamental na regulação do funcionamento e do desenvolvimento dos ecossistemas, bem como para manutenção e/ou aumento da produtividade em SAFs. Um modelo genérico para a ciclagem de nutrientes possui as seguintes etapas: (i) as entradas e saídas do sistema – por exemplo, chegada de nutrientes por intermédio de deposição seca e úmida, fixação biológica, intemperização de rochas e saída por meio das águas dos rios, lixiviação e formas gasosas; (ii) transferência de nutrientes planta-solo, pela mediação da serapilheira, lixiviação, decomposição de raízes e indivíduos mortos; e (iii) redistribuição interna de nutrientes móveis pela intervenção do floema (retranslocação) (ATTIWILL e ADAMS, 1993).

O processo de decomposição é influenciado por parâmetros intrínsecos da planta como a composição química dos resíduos vegetais, razão C:N, teores de celulose e lignina, polifenóis (ANDERSON, 1992), bem como fatores externos como microrganismos do solo, época de corte das plantas sucessionais, umidade do solo influenciam este processo (CARVALHO et al., 2008).

Os nutrientes tornam-se disponíveis novamente para as plantas através do processo de mineralização da matéria orgânica, tendo esta um papel chave em regular a disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio, que é limitante da produção primária, e assim, determinante para a taxa de crescimento vegetal.

Outros processos ecológicos importantes para a manutenção do ecossistema são os denominados mineralização e nitrificação, os quais transformam N das formas orgânicas para inorgânicas (minerais) que ficam disponíveis para as plantas e microrganismos, sendo a única forma que as espécies vegetais conseguem absorver.

Pode-se afirmar, portanto, o quão importante é para o sistema essa transformação química do N e sua ciclagem no ecossistema, uma vez que por suas características de estoque e ciclagem é considerado um nutriente limitante para a produção primária (SCHIMEL e BENNETT, 2004).

Outro aspecto positivo do manejo de SAFs é a maior cobertura do solo, uma vez que o consórcio de várias espécies cultivadas em uma mesma área de produção possibilita a não derrubada de parte da vegetação como também altera pouco sua dinâmica de serviços ecossistêmicos, auxiliando na ciclagem de nutrientes e de importância para a manutenção das espécies vegetais e de outros processos ecossistêmicos, como a produtividade vegetal.

Por ser um sistema de consórcios de plantio de espécies arbóreas com espécies de produção agrícola é considerado um importante sistema de fixação de carbono tanto na biomassa vegetal como no solo contribuindo para a geração de serviços ambientais (SILVA, 2013).

A quantidade de carbono presente no solo está amplamente relacionada ao processo de decomposição da biomassa por atividades bacterianas, conforme Tito et al. (2009) e a quantidade de carbono na biomassa aérea decorrente do processo de fotossíntese. A biomassa aérea e do solo atuam como reservatório no SAF capazes de promover a acumulação de grandes quantidades de carbono em seus compartimentos (SILVA, 2013).

Em comparação com diversos sistemas agrícolas e agropecuários, os SAFs são os que possuem a capacidade de acumular mais ativo de biomassa, segundo Von Oosterroht et al. (2002). Os mais variados sistemas de uso da terra, como exemplo os agroecossistemas, os sistemas silviculturais e/ou agroflorestais sob ótimas condições de manejo, possuem capacidade de estoque de até 228 t/ha de carbono, incluindo o carbono retido no solo até 100 cm de profundidade (DIXON, 1995).

Deve-se mencionar também outra função ecológica importante: a retranslocação de nutrientes de folhas senescentes. Os nutrientes que são retranslocados pelas plantas destinam-se para outros órgãos em crescimento ou de armazenamento da planta. Dessa forma, essa função mantém uma considerável quantidade de nutrientes em plantas adultas, reduzindo a energia gasta na aquisição do nutriente por meio das raízes (MEDINA, 1984) aumentando a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e pelo sistema.

Nardoto et al. (2006) investigaram se a eficiência de retranslocação de N em uma área de Cerrado com ocorrência de queimada e uma não-queimada e encontrou uma eficiência de retranslocação de N para dez espécies arbóreas variando entre 14,5 e 37,2%.

O processo de retranslocação é um indicador que fornece indícios da disponibilidade de N no sistema. As taxas de retranslocação foliar de N para as espécies indicam a importância da ciclagem interna para a manutenção do nitrogênio no sistema, o qual é essencial para a manutenção da produtividade primária.

A informação dos valores da taxa de retranslocação por espécies pode subsidiar a seleção de espécies para o consórcio florestal mais rentável para o produtor (OLIVEIRA et al., 2013) como também com maior provisão de serviços ambientais.

Em síntese, os SAFs possibilitam vários benefícios ambientais como melhoria da fertilidade do solo, qualidade da serapilheira e favorecimento de estágios avançados de macrofauna edáfica (PENEIREIRO, 1999), o aumento da incorporação de matéria orgânica assim como a incorporação de nitrogênio no sistema, auxiliando na recuperação de áreas degradadas, bem como na produção diversificada de cultivos (SILVA, 2013).

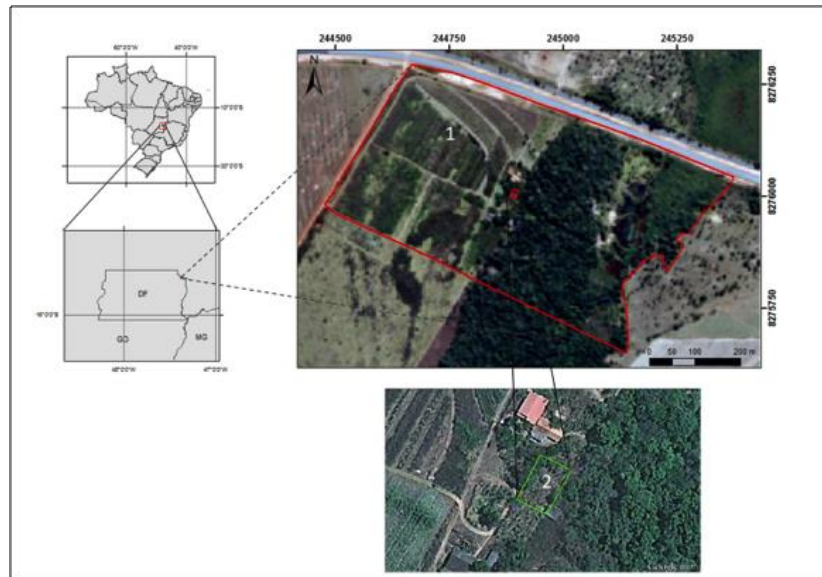
## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado em um SAF sucessional, os quais são caracterizados por serem multiestratificados, implementados e manejados sob a orientação de reproduzir a dinâmica de sucessão ecológica natural de uma floresta nativa.

A área de estudo (Figura 1) está localizada nas proximidades da BR-020, Km-54, em uma propriedade rural particular (Sítio Dagrofloresta <http://www.dagrofloresta.com.br>), inserida na Região Administrativa de Planaltina-DF (15°34'51" S, 47°22'42" W), dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Rita.

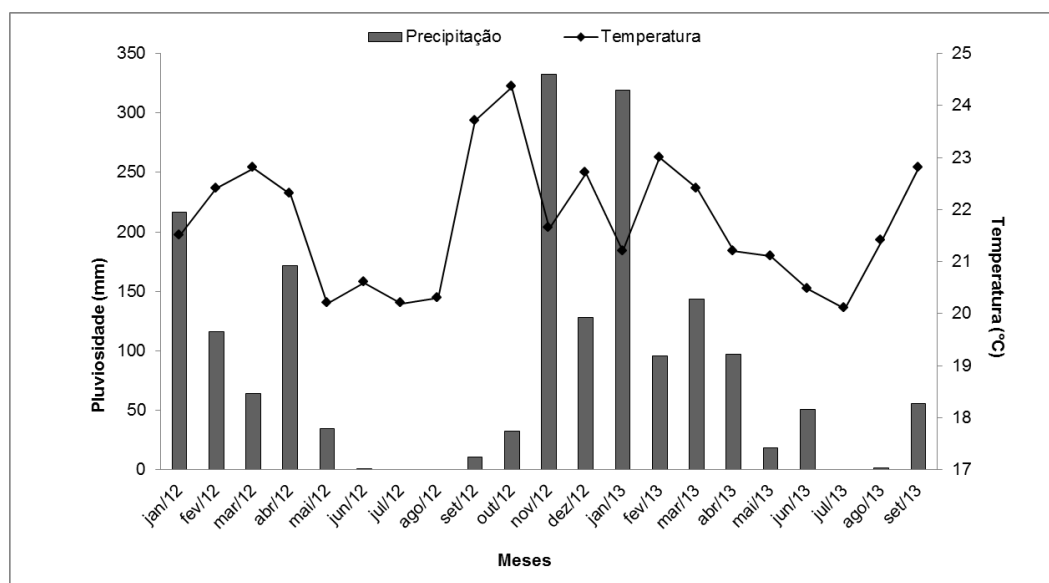




**Figura 1 - Localização da área de estudo, Sítio Dagrofloresta, Planaltina-DF (área 1, delimitada em vermelho); SAF estudado (área 2, delimitada em verde).**

*Fonte: (ALVES, 2012)*

O clima segundo Köppen é classificado como Aw, com duas estações bem definidas (seca e chuvosa) e com ocorrência de veranicos durante a estação chuvosa. Precipitação anual média de 1500 mm, sendo que mais de 90% da precipitação acontece entre outubro e abril (Figura 2). A figura 2 apresentada abaixo compreende a variação média mensal de precipitação pluvial e temperatura do período de janeiro de 2012 a setembro de 2013, onde foram realizados todos os experimentos e estudos do SAF Dagrofloresta.



**Figura 2 - Variação da média mensal de precipitação pluvial e temperatura Janeiro/2012 a Setembro/2013.**

*Fonte: Embrapa Cerrados.*

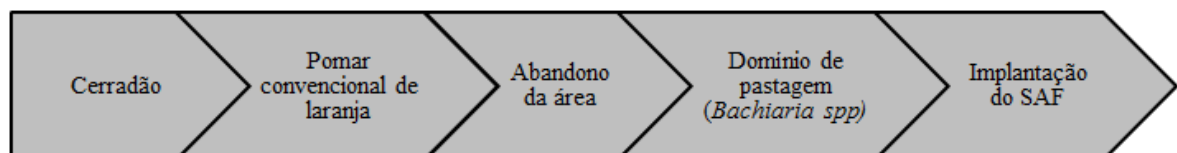
O experimento se localiza em uma área de latossolo vermelho de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), que inicialmente foi uma área de cerrado – fitofisionomia do Cerrado, caracterizada pela grande proporção de estrato lenhoso em relação a outras fitofisionomias do Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Depois de a vegetação nativa ser desmatada, houve implantação de um pomar convencional de laranja. Em 2000, a área estava dominada por *Brachiaria decumbens* (braquiária), que foi manejada por capina seletiva juntamente com leguminosas como *Mucuna pruriens* (mucuna cinza) e *Canavalia ensiformis* cv. (feijão de porco).

Em 2001, iniciou-se o desenvolvimento do SAF (20x20m), plantou-se espécies por semeadura direta como *Cajanus cajan* (feijão-guandu), *Pennisetum purpureum* (capim elefante) e *Leucaena spp* (leucena), juntamente com espécies frutíferas, madeiras de lei e nativas do Cerrado. Somente as amoreiras foram plantadas por estaca. Classifica-se este SAF como sucessional biodiverso quanto à sua forma e estrutura e simultâneo em relação ao tempo, por comportar o plantio dessas espécies na mesma época (HOFFMANN, 2005). O manejo do *Pennisetum purpureum* foi feito de 2001 a 2006, de forma mais intensa no período chuvoso devido ao incremento de biomassa neste período. A partir de 2006 indivíduos de *Morus nigra* (amoreiras) e *Leucaena spp* eram dominantes, dominantes, com extrato arbóreo bem desenvolvido promovendo a saída do *Pennisetum purpureum* do sistema.

No período de 2006 a 2010, houve domínio de *Leucaena spp* e *Morus nigra*, as podas das árvores deste consórcio foram feitas a partir de 2007, quando as suas copas estavam proporcionando bastante sombra. Nas podas, retirava-se aproximadamente 50% da biomassa destas plantas. No ano de 2010 começou o domínio do consórcio de *Inga spp*. (Ingá).

A figura 3 apresenta um esquema da mudança do uso do solo em etapas da área do SAF Dagrofloresta em um horizonte de vinte anos.



**Figura 3– Processo de mudança do uso do solo da área do SAF implantado.**

## 4.2 OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES E DADOS

Este trabalho enquadra-se na modalidade teórico-empírica, pois envolve a articulação entre a pesquisa (enquanto levantamento ordenado de dados sobre a realidade estudada) e a aplicação de conceitos. Além disso, o trabalho em questão pode ser caracterizado como descritivo-qualitativo, pois considera que a interpretação dos fenômenos naturais e a atribuição de significados são premissas do processo das pesquisas qualitativas. Silva e Menezes (2001) consideram que em uma pesquisa descritiva-qualitativa o ambiente é a fonte direta para a coleta de dados.

Inicialmente realizou-se uma entrevista com o proprietário do SAF e visitas a propriedade com o intuito de coletar informações sobre o manejo do SAF.

O passo seguinte para a concretização deste trabalho foi a análise de sete estudos desenvolvidos na área do SAF, analisando as seguintes seções: metodologia, resultados e discussão.

Dessa forma, a partir da análise dos dados de cada estudo foi possível mapear as funções ecossistêmicas do SAF, a fim de compreender a provisão dos serviços ecossistêmicos.

O mapeamento das funções ecológicas foi obtido a partir de trabalhos realizados na área do SAF. Foram estudados e analisados trabalhos sobre o processo implantação do SAF (HOFFMANN, 2005), sobre a dinâmica de nitrogênio do SAF (ALVES, 2012), quantificação de carbono do solo e da biomassa epígia do SAF (SILVA, 2013), sobre a taxa de decomposição da serapilheira do SAF e qualidade da serapilheira do SAF (SAMPAIO et al., 2013) sobre a taxa de mineralização do solo do SAF (SILVA et al., 2013) e por fim sobre a taxa de retranslocação foliar de nitrogênio das espécies do SAF (OLIVEIRA et. al., 2013).

Os resultados destes trabalhos (traduzidos em diversas funções ecossistêmicas) foram integrados permitindo melhor conhecimento sobre a dinâmica de funcionamento de sistemas agroflorestais implantados em áreas de Cerrado com o intuito de identificar os serviços ecossistêmicos associados.

A partir dos cálculos pelas equações alométricas realizados no trabalho de Silva (2013) obteve-se a quantidade de dióxido de carbono armazenado pelas biomassa do SAF conforme a estimativa de armazenamento de carbono elaborada por Ditt et al. (2007), ou seja, os valores obtidos são referentes à remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

### 4.3 DE FUNÇÃO ECOSSISTÊMICA A SERVIÇO ECOSSISTÊMICO

Identificadas as funções ecossistêmicas presentes no SAF, estas foram convertidas em serviços ecossistêmicos, de acordo com Costanza, et al. (1997), De Groot (2002) e A.M (2005). Para tanto, foi elaborado um esquema de associação das funções ecossistêmicas identificadas apresentando as ligações com os serviços ecossistêmicos e tendo como base a abordagem proposta pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (A.M, 2005), a partir de onde foi possível realizar a categorização dos serviços ecossistêmicos.

A partir do esquema de associação das funções com os serviços ecossistêmicos do SAF foi elaborada uma tabela contendo as funções ecossistêmicas, os processos ecossistêmicos e componentes e por fim os bens e serviços constatados do SAF.

Em seguida foi feita a descrição e caracterização de cada serviço ecossistêmico constatado no SAF com o intuito de trazer mais detalhes sobre a provisão e disponibilidade desses serviços, bem como sua importância para a manutenção do ecossistema e o bem-estar humano.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os trabalhos sobre o SAF selecionados para análise elegeu-se aspectos que foram considerados relevantes para o mapeamento das funções ecossistêmicas.

### 5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO

No trabalho de Alves (2012) foram determinadas as características físico-químicas do solo do SAF, as quais estão apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4 - Características químicas do solo da área do SAF estudado para o intervalo de 0 a 20 cm de profundidade**

Prof.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	Mg.dm <sup>-3</sup>			Mmolc dm <sup>-3</sup>				%
0-20cm	15,6	3,9	40,8	11,4	42,0	55,7	97,6	57,2

*Fonte: Adaptado de Alves (2012).*

A composição granulométrica dos perfis amostrados bem como os valores de pH em H<sub>2</sub>O encontrados no SAF por Alves (2012) estão na mesma faixa dos encontrados por Mendes et al. (2012) em Cerrado *sensu stricto*, cerradão e mata de galeria na Reserva Ecológica da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

Em relação às características químicas do solo do SAF, os valores encontrados para CTC equiparam-se aos encontrados por Mendes et al. (2012) para Cerrado *sensu stricto* e cerradão. Todavia notou-se que a concentração de H<sup>+</sup>Al é consideravelmente menor que as áreas nativas de Cerrado e de mata de galeria, além de apresentar uma concentração de P disponível cerca de três vezes maior do que o solo de mata de galeria e oito a dez vezes maior que os solos de Cerrado *sensu stricto* e cerradão estudados por Mendes et al. (2012).

Isto indica que após dez anos de implementação do SAF, puderam-se observar mudanças significativas em algumas propriedades químicas do solo, que aumentam a sua qualidade, tendendo ao incremento da produtividade primária devido à maior disponibilidade de P (ALVES 2012).

## 5.2 DINÂMICA DE NITROGÊNIO

O valor médio da razão C/N (~14,3) do solo observado por Alves (2012) está abaixo de 20:1, valor considerado como limite entre os processos de mineralização e imobilização de N (KILLHAM, 1994).

Deve-se destacar que a mineralização líquida se relaciona com a concentração de N total no solo, qualidade da matéria orgânica, variações sazonais dos substratos orgânicos associados com a produção de serapilheira e condições ambientais (HOSSAIN et al., 1995).

A concentração de N total no solo variou de 0,20% na superfície (0-5 cm) a 0,10% no intervalo de 10-20 cm de profundidade, ao passo que houve um incremento de <sup>15</sup>N de acordo com a profundidade variando entre 6,3‰ na superfície (0-5 cm) a 7,4‰ (10-20 cm). O estoque de N variou com a profundidade, apresentando o maior valor médio 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> na camada superficial do solo (0-5 cm).

Alves (2012) observou um incremento significativo na disponibilidade de nitrogênio no solo quando comparado a fitofisionomias com predominância de estrato arbóreo em áreas nativas de Cerrado encontradas por Nardoto e Bustamante (2003), embora o estoque de N não tenha aumentado no solo.

Ao analisar a concentração de N das espécies do SAF, Alves (2012) notou que a %N foliar média foi maior nas leguminosas ( $p < 0,05$ ) quando comparado às espécies não leguminosas. Tal evidência pôde ser constatada em estudos em outros ecossistemas como florestas tropicais (AIDAR et al., 2003; OMETTO et al., 2006; VITOUSEK et al., 2002) e no Cerrado (BUSTAMANTE et al., 2004; NARDOTO, 2005).

Sabe-se que apenas as espécies leguminosas utilizam o mecanismo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), ou seja, são capazes de fixar nitrogênio da atmosfera através do processo de simbiose entre bactérias do gênero *Rhizobium* e as raízes das plantas. O nitrogênio absorvido, além de contribuir para o desenvolvimento da própria planta, é posteriormente incorporado na biomassa da leguminosa, tornando-se disponível para outras plantas do sistema quando essa leguminosa retornar ao solo após sua morte (GLIESSMAN, 2001).

Alves (2012) também em seu trabalho classificou as espécies leguminosas do SAF em nodulantes ativas, nodulantes inativas e não nodulantes. Essa categorização das espécies foi possível por meio dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  obtidos das espécies avaliadas do SAF. Para tanto, considerou-se a ocorrência de FBN quando a diferença entre o  $\delta^{15}\text{N}$  foliar da espécie de leguminosa e o valor médio do  $\delta^{15}\text{N}$  foliar das não leguminosas (2,7‰) ficou  $\geq 1\%$ , de acordo com Nardoto et al. (2012).

Ao considerar a ocorrência de FBN através da metodologia isotópica, Alves (2012) pôde dividir as espécies em grupos. No grupo das não nodulantes identificou-se as espécies do SAF: *Caesalpinia peltophoroides*, *Cassia occidentalis*, *Hymenaea courbaril*, *Schizolobium parahybae*, que não possuem registro de nodulação na literatura e com ausência de FBN em campo através da metodologia isotópica. E no grupo das nodulantes ativas identificou as espécies: *Centrolobium tomentosum*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipteryx alata*, *Leucaena leucocephala*, as quais possuem registro de nodulação na literatura e apresentaram FBN em campo através da metodologia isotópica.

As leguminosas possuem um modo de vida com alto requerimento de N, desta forma, este fato pode relacionar-se com a maior capacidade de assimilação de N por tais espécies (McKEY, 1994).

Somente quatro espécies do SAF (quatorze indivíduos) apresentaram evidências de FBN no SAF. Portanto, a maior disponibilidade de N no SAF mostra que as leguminosas conseguem manter a alta demanda deste elemento (com folhas ricas em N e baixa razão C/N)

sem necessariamente despende grande quantidade de energia com FBN (Alves, 2012). Logo, as leguminosas potencialmente fixadoras que não estão realizando FBN possivelmente estão economizando energia, devido ao aumento da disponibilidade de N-mineral no sistema.

Mesmo com as diferenças de composição isotópica de N entre as leguminosas, a alta concentração de N foliar nas leguminosas, independentemente de fixar ou não o N atmosférico, confirma que as leguminosas possuem um desempenho que requer alta necessidade de N. Esta alta incidência de N nas folhas de leguminosas foi identificada em florestas tropicais (VITOUSEK et al., 2002) e no Cerrado (BUSTAMANTE et al., 2004). A alta necessidade de N das leguminosas culmina em uma baixa razão C/N foliar, favorecendo a qualidade do material vegetal produzido. Por isso, desempenham uma função importante tanto na redistribuição de N, sua mineralização e disponibilidade para a comunidade vegetal, como na de outros nutrientes. Além disso, as evidências encontradas de FBN por algumas espécies do SAF mostram a importância das leguminosas como fonte de N para o sistema.

Diante disso, essas informações são importantes, pois espécies leguminosas possuem um estilo de vida com alto requerimento de N, logo alta concentração de nitrogênio foliar (%N), e baixa razão carbono nitrogênio (C/N) o que fornece uma boa qualidade à serapilheira e a disponibilidade dos nutrientes.

Através da avaliação da dinâmica de N em um SAF, Alves (2012) concluiu pelas análises feitas que o sistema apresentou um incremento na disponibilidade de N quando comparado a fitofisionomias com predominância de estrato arbóreo no Cerrado. Este fato indica que há abertura na ciclagem de N e aumento de sua ciclagem externa no SAF Dagrofloresta.

### **5.2.1 Qualidade da serapilheira do SAF**

Os resíduos orgânicos provenientes da serapilheira contribuem com a produção de biomassa e acumulação de nutrientes (PALM e SANCHEZ, 1991). A decomposição destes resíduos vegetais pode favorecer os microrganismos do solo, que são os principais componentes para a manutenção da ciclagem de matéria orgânica e dos nutrientes no sistema solo-planta (LUIZÃO e LUIZÃO, 1991).

Um fator que diz respeito à qualidade de toda matéria orgânica é a razão carbono/nitrogênio (C/N). Para esta relação entende-se que quanto menor o valor, mais fácil será a sua decomposição. Myers et al. (1994) relata que substratos com a relação C:N < 25 têm uma maior taxa de liberação de N.

Segundo Malavolta (1976) matéria orgânica com relação C/N baixa resulta em um incremento na produção de húmus e na adição continuada da matéria orgânica e na disponibilidade de N para as espécies associadas. Os ácidos húmicos (húmus) são a base de fertilidade do solo e desempenham um papel importante na estrutura do solo (GROS e VIVANCOS, 1992).

Em seu estudo Alves (2012) constatou que a serapilheira mista do SAF apresentou boa qualidade nutricional devido à sua baixa razão C/N ( $20,4 \pm 1,4$ ).

O valor de C:N da serapilheira encontrado é próximo aos valores encontrados nas folhas verdes das espécies arbóreas estudadas no SAF por Alves (2012), o que indica a contribuição para a manutenção da baixa razão C:N no solo, favorecendo processos de decomposição e ciclagem mais rápidos no sistema solo-planta-serapilheira. Geralmente, as folhas e outros materiais de rápida decomposição configuram as principais fontes de C e nutrientes na serapilheira de SAFs (TAPIA-CORAL et al., 2005).

### **5.2.2 Estimativa da taxa de decomposição da serapilheira**

O experimento de decomposição da serapilheira do SAF foi realizado por meio do método dos *litterbags* e a taxa de decomposição da serapilheira foi avaliada por Sampaio et al., (2013). A estimativa da taxa de decomposição foi obtida a partir do cálculo do coeficiente de decomposição ( $K'$ ) e da constante de decaimento (K) (OLSON, 1973).

O experimento de decomposição durou cerca de oito meses e teve início no período de transição chuva-seca. De modo geral, as maiores porcentagens de decomposição de serapilheira ocorreram no período de transição da seca-chuva e no período de chuva. O aumento da decomposição nesses períodos pode ser um indicador dos índices menores de decomposição no período de seca mostrando uma resposta dos decompositores ao estresse hídrico, evidenciando, assim, que o processo de decomposição no SAF é bastante sensível à sazonalidade.

A estação chuvosa proporciona condições de umidade favoráveis a uma intensa atividade de organismos decompositores, tanto de microdecompositores como, principalmente, dos macro-artrópodos, que removem a serapilheira e que parecem ser mais afetados pelas condições adversas de umidade durante a estação seca ou parte dela (BACKES, et al. (1998).



Na tabela 5 são apresentados os percentuais médios de decomposição do material foliar com diferentes períodos de permanência no SAF.

**Tabela 5 - Percentual de decomposição do material foliar em cada período de coleta; K = razão instantânea de decomposição.**

Período (dias)	K	% decomposta	Desvio Padrão
0	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
15	<b>0,098</b>	<b>9,62</b>	<b>0,03</b>
30	<b>0,194</b>	<b>17,54</b>	<b>0,07</b>
57	<b>0,232</b>	<b>19,92</b>	<b>0,19</b>
80	<b>0,218</b>	<b>31,58</b>	<b>0,15</b>
139	<b>0,278</b>	<b>19,16</b>	<b>0,43</b>
226	<b>0,642</b>	<b>45,64</b>	<b>0,31</b>

*Fonte: Sampaio et al., (2013).*

Por meio do experimento de decomposição observou-se com o passar de quinze dias que apenas 9,62% havia sido decomposto e que o coeficiente de decomposição (K) nesse período foi de 0,098, com trinta dias de experimento o percentual decomposto foi de 17,54 e o valor do K foi de 0,194, com cinquenta e sete dias o percentual de decomposição foi 19,92 e o K foi igual 0,232, com oitenta dias a porcentagem decomposta foi de 31,58 e o valor do K foi igual 0,218, já com 139 dias de permanência dos *litterbags* no SAF a porcentagem de decomposição alcançada foi de 19,16 e o valor do K foi de 0,278. Na última coleta dos *litterbags* com 226 dias a porcentagem decomposta foi de 45,64 e o K foi igual a 0,642.

Apesar da boa qualidade da serapilheira do SAF a dinâmica de decomposição no mesmo apresentou-se lenta, o que indica que outros fatores podem estar influenciando com maior potencialidade o processo de decomposição do SAF como a disponibilidade de água no solo, os microrganismos do solo, a época de corte das plantas sucessionais, a temperatura do ar e do solo, a precipitação pluviométrica, a umidade do solo e a composição química dos resíduos vegetais (CARVALHO et al., 2008; CARVALHO et al., 2009).

E ainda, é importante destacar que a qualidade da matéria orgânica (relação C/N) produzida pelos vegetais pode apresentar características distintas quanto à sua composição química (como lignina, taninos e poli fenóis). Algumas apresentam compostos químicos que inibem a atividade de microrganismos, dificultando a sua decomposição (PENEIREIRO et al., 2009).

### 5.2.3 Mineralização de N

Dos processos de decomposição e mineralização é que surgem os principais efeitos benéficos da matéria orgânica sobre a fertilidade do solo (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2008).

Os nutrientes tornam-se disponíveis novamente para as plantas através do processo de mineralização da matéria orgânica, tendo esta um papel chave em regular a disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio, que é limitante da produção primária, e assim, determinante para a taxa de crescimento vegetal.

Silva et al., (2013) determinaram as taxas de nitrificação e mineralização líquida do nitrogênio do solo do SAF e quantificou 63,5 Kg de N mineral por hectare por ano disponibilizado diretamente no solo do SAF. Para fins de comparação, em uma área de cerrado strictu sensu essa taxa foi de 14,7 Kg ha<sup>-1</sup> por ano (NARDOTO e BUSTAMANTE, 2003), o que mostra que no sistema agroflorestal estudado, o próprio sistema está fornecendo um serviço ecossistêmico que se traduzirá em uma redução nos custos com o uso de fertilizantes.

Deve-se destacar que a mineralização líquida se relaciona com a concentração de N total no solo, qualidade da matéria orgânica, variações sazonais dos substratos orgânicos associados com a produção de serapilheira e condições ambientais (HOSSAIN et al., 1995).

Segundo Silva et al. (2013), o padrão verificado ao longo do período estudado para as taxas de mineralização e nitrificação líquidas de nitrogênio no solo do SAF indica que a qualidade do material foliar produzido pelas espécies de SAF plantadas, está favorecendo o aumento na disponibilidade de N no sistema planta-serapilheira-solo.

A concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> variou entre 9,5 mg N kg<sup>-1</sup> na estação chuvosa e 44,3 mg N kg<sup>-1</sup> na estação seca, enquanto o nitrato variou entre 2,1 mg N kg<sup>-1</sup> na transição chuva-seca e 7,4 mg N kg<sup>-1</sup> na estação seca. Apesar da variação na concentração de amônio no solo ao longo do ano, houve predominância de amônio em relação a nitrato em todos os períodos amostrados.

A predominância de amônia em quantidades superiores ao nitrato indica que o manejo do SAF não alterou a dinâmica de mineralização, uma vez que o pH não foi alterado e assim, a microbiota do solo ao contrário do que ocorre nos sistemas convencionais também não foi alterada.

Como mostrado, os valores de pH em H<sub>2</sub>O encontrados no SAF (ALVES, 2012) estão na mesma faixa dos encontrados em diferentes fitofisionomias de Cerrado na Reserva Ecológica da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF (MENDES et al., 2012).

Em sistemas convencionais de produção agrícola onde a mudança de uso do solo é intensa, tem se observado um aumento no pH do solo, o que provoca a alteração da microbiota e, conseqüentemente, alteração do padrão observado entre amônio e nitrato, com predominância do último nutriente no solo do sistema após calagem.

D'Andréa et al. (2004) avaliaram diferentes sistemas sob o mesmo tipo de solo e identificaram o predomínio de nitrato no solo na camada superficial dos sistemas convencionais com culturas anuais e sob plantio direto. Em contrapartida, este mesmo estudo identificou o predomínio da forma de N amoniacal no solo, evidenciando que o predomínio de uma das formas de N mineral no solo depende do tipo de uso do solo.

Portanto, o processo de mineralização da matéria orgânica do solo, da qual fazem parte as reações de amonificação e nitrificação, é influenciado pelo uso e manejo do solo.

Neste mesmo estudo, os autores constataram que os teores de amônio estiveram negativa e significativamente correlacionados com o pH do solo.

Os dados e as informações sobre os aspectos dos trabalhos sobre a dinâmica de N (ALVES, 2012), decomposição e qualidade da serapilheira (SAMPAIO et al., 2013) e mineralização de N (SILVA et al., 2013) no SAF evidenciam as função ecológica de **ciclagem de nutrientes**.

### 5.3 ORIGEM DO CARBONO ORGÂNICO INCORPORADO NO SOLO

Segundo Silva (2013), a mudança de uso da terra compreendida pelo histórico de implementação do SAF do Sítio Dagrofloresta, resulta da transição de plantas do tipo C<sub>4</sub> para plantas do tipo C<sub>3</sub>. As mudanças na composição isotópica de fluxo associadas a mudanças nas taxas fotossintéticas decorrentes da variação no tipo de vegetação, refletem a dinâmica de carbono em ocorrência no sistema (OMETTO, et al. 2002).

Levando em conta o histórico da área de SAF estudada, verificaram-se diferentes estágios no tipo de vegetação, no que diz respeito a utilização do ciclo fotossintético. Inicialmente havia predominância de C<sub>4</sub> (pastagem) e posteriormente a introdução de plantas do tipo C<sub>3</sub> (laranja, SAF), o que evidencia diferentes proporções da composição isotópica do carbono absorvido no solo ao longo do tempo.

Somado a isso, tem-se que o solo acumula carbono de forma relativamente contínua, logo, camadas mais profundas normalmente contêm carbono incorporado em tempos passados (DOMINGUES et al., 2006).

Portanto, quando variações na composição isotópica do carbono em perfis de solo são avaliadas, pode-se obter informações sobre o histórico de mudanças na cobertura vegetal de uma região, ou seja, o valor de  $\delta^{13}\text{C}$  do carbono orgânico acumulado no solo refletirá tal proporção. De acordo com Silva (2013) no SAF estudado pôde-se constatar que o intervalo de 0-5 cm de profundidade apresentou valores mais negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  em comparação com os demais intervalos, indicando uma incorporação mais recente de carbono de origem C3 (árvores plantadas no SAF).

Parron et al. (2004) apontam que devido às diferenças dos processos bioquímicos fotossintéticos, as plantas com ciclo fotossintético C3 e C4 apresentam discriminação isotópica do C. Os tecidos das plantas C3 apresentam valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  próximo a -28‰ enquanto as C4 possuem valor médio em torno de -12 ‰. No SAF a influência das plantas do tipo C3 foi constatada pelo valor do  $\delta^{13}\text{C}$  contido na serapilheira amostrada do SAF com -28,4‰, enquanto a influência das plantas do tipo C4 no sistema ainda pode ser notada no solo do SAF com aproximadamente -20,4‰ (SILVA, 2013).

A origem do carbono orgânico incorporada no solo do SAF foi obtida por meio dos cálculos do modelo de mistura isotópica (utilizando o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  da serapilheira, de uma pastagem degradada adjacente ao SAF e do solo do SAF).

Dessa maneira, Silva (2013) constatou que aproximadamente 40% em média de carbono orgânico incorporada nos primeiros 20 cm de solo do SAF são provenientes do SAF estabelecido há aproximadamente 12 anos, que é 100% composto de plantas do tipo C3.

Tal ocorrência demonstra a importância dos processos de decomposição da matéria orgânica, que promove a acumulação de nutrientes no solo do SAF (PALM e SANCHEZ, 1991) para o enriquecimento do solo. O carbono é um elemento fundamental no solo, uma vez que melhora a sua estrutura física proporcionando melhor agregação das partículas, favorecendo maior porosidade e melhor infiltração e armazenamento de água. Nestas condições, as plantas têm a possibilidade de produzir sistemas radiculares profundos, o que lhes confere a vantagem de buscar nutrientes e água nas camadas mais profundas do solo.

Por meio dessas informações podemos definir a função ecológica: **decomposição**.

#### 5.4 RETRANSLOCAÇÃO DE NITROGÊNIO

Oliveira et al. (2013) determinaram as taxas de retranslocação foliar de N para as espécies arbóreas do SAF. Foram selecionadas doze espécies, das quais oito eram frutíferas e quatro madeireiras, apresentando taxa de retranslocação de N média de 36,6 e 32,7%, respectivamente. A taxa de retranslocação entre espécies variou de 9,55 a 67%, enquanto a taxa de retranslocação foliar de N média para as 12 espécies arbóreas do SAF foi de 35,77%. Após o ajuste proposto por Van Heerwaarden et al. (2003), a taxa de retranslocação foliar média de N ficou em 49,3%.

Neste mesmo estudo também foi determinada a média da concentração de N foliar (folha verde) para as 12 espécies arbóreas do SAF tendo como resultado de 2,3% e a média de concentração de N da serapilheira das mesmas espécies apresentou um valor de 1,49%.

Em termos da concentração de N foliar a manga apresentou menor concentração tanto na folha verde como na folha seca, enquanto o Guapuruvu apresentou o oposto (maior concentração entre as espécies para folha verde), já a maior concentração de N nas folhas secas das espécies estudadas foi o café. Após ajuste (VAN HEERWAARDEN et al., 2003) observou-se a maior taxa de retranslocação foliar na Jaca, ao passo que o café apresentou o menor valor.

**Tabela 6 - Valores de concentração de N foliar e taxa de retranslocação.**

Espécie	% N folha verde	% N folha seca	Taxa de retranslocação N	MRE
Graviola	2,1	1,38	34,10	47,9
Banana	2,53	1,19	53	62,9
Abacate	1,73	1,11	35,60	49,1
Guapuruvu	2,68	1,75	34,88	48,6
Jatobá	2,26	1,37	39,27	52
Araribá	2,23	1,51	32,30	46,5
Jaca	2,6	0,85	67,37	74,2
Ingá	2,55	1,85	27,59	42,8
Sibipiruna	2,35	1,66	29,51	44,3
Manga	1,34	0,71	47,27	58,3
Café	2,65	2,40	9,55	28,5
Amora	2,67	2,17	18,76	35,8

Fonte: Oliveira et al., (2013).

Segundo Medina (1984) o mecanismo de retranslocação mantém uma considerável quantidade de nutrientes em plantas adultas, reduzindo a energia gasta na aquisição do nutriente por meio das raízes, portanto aumentando a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e pelo sistema, proporcionando a ciclagem interna.

O conjunto das informações obtidas sobre o mecanismo de retranslocação das espécies do SAF possibilita a existência de duas funções ecológicas: **regulação do uso dos nutrientes pelas espécies e conservação de nutrientes no sistema.**

## 5.5 ESTOQUE DE CARBONO

### 5.5.1 Estoque de C na biomassa

Silva (2013) estimou da biomassa aérea através do uso de equações alométricas pela medida do diâmetro da altura do peito (DAP) e da altura dos indivíduos.

Os maiores valores de DAP e classes de altura do SAF, em média foram para as espécies *Schizolobium parahybae* (14,4 cm), *Musa* spp. (11,1 cm) e *Persea americana* (9,5 cm) e *Parapiptadenia rigida* (8,0 cm) e as maiores médias nos níveis de altura para *Schizolobium parahybae* (10,7 m), *Hevea brasiliensis* (8,0 m) e *Parapiptadenia rigida* (8,0 m). Os indivíduos no SAF estão inseridos na classe de altura que varia entre 1 a 4 metros, contendo 45 indivíduos. Em comparação com áreas da Amazônia que apresentam 80% da floresta amostrada com DAP entre 10 a 29,9 cm e altura da floresta relativamente baixa segundo Vieira et al. (2004), os valores de DAP e altura das espécies amostradas do SAF do Sítio Dagrofloresta se mostraram similares aos DAPs encontrados em áreas de florestas tropicais altamente relevantes para o estoque de carbono no ecossistema.

A biomassa epígea do SAF do Sítio Dagrofloresta ficou entre 28,4 e 39,5 Mg C.ha<sup>-1</sup> em comparação com áreas de floresta amazônica que apresentaram valores máximos entre 120 a 180 Mg.ha<sup>-1</sup> (VIEIRA et al., 2004). Em áreas de Cerrado sentido restrito os valores médios ficam em torno de 40 Mg C.ha<sup>-1</sup>, Cerrado denso 51 Mg C.ha<sup>-1</sup> e Cerrado ralo 21,8 Mg C.ha<sup>-1</sup> (OTTMAR et al., 2001).

Segundo Silva (2013) a introdução de espécies madeireiras nativas é uma excelente alternativa para o armazenamento de carbono na biomassa epígea, pois certas espécies introduzidas no SAF Dagrofloresta como *Parapiptadenia rigida* (14,4 cm), *Musa* spp. (11,1 cm), apresentam grandes taxas de incremento de carbono na biomassa, possuindo as maiores médias de DAP das espécies nativas introduzidas neste sistema. Os dados mostram que os SAFs são excelentes mecanismos para promover a recuperação de áreas degradadas, assim como possuem a capacidade de estocar quantidades relativamente altas de carbono em sua estrutura.

A equação alométrica para SAFs em áreas de Cerrado indicou uma biomassa para o SAF em estudo de 28,4 Mg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, o carbono estocado na biomassa epígea do SAF após 10 anos de implantação foi de 14,2 Mg C ha<sup>-1</sup>.

### 5.5.2 Estoque de C no solo

Silva (2013) em seu trabalho quantificou o carbono orgânico no solo do SAF. O estoque médio de C orgânico no solo do SAF foi de 43,6 Mg C.ha<sup>-1</sup> para os primeiros 20 cm de profundidade. Na comparação entre os intervalos de profundidade amostrados, entre 5 a 10 cm houve um decréscimo no estoque de carbono quando comparado aos outros intervalos de profundidade.

A incorporação de carbono no solo origina-se no processo de deposição da serapilheira sobre a superfície do solo, cujo material teve seu carbono incorporado através do processo de fotossíntese realizada pelas plantas e transformado em matéria orgânica. A quantidade de carbono presente no solo é intrinsecamente relacionada ao processo de decomposição da biomassa por atividades bacterianas e a quantidade de carbono na biomassa aérea decorrente do processo da fotossíntese (TITO et al., 2009).

O estoque de carbono no solo do SAF estudado ficou na faixa encontrada das áreas de formação savânica do bioma Cerrado (LILIENFEIN et al., 2001; CORAZZA et al., 2009; MIRANDA, 2012), mas inferior ao encontrado em áreas com formações florestais do Cerrado MIRANDA (2012). Já Neves et al. (2004), encontraram um estoque de carbono (0-20 cm de profundidade) de 25 Mg C.ha<sup>-1</sup> em um sistema de consórcio de eucalipto com arroz assim como em um consórcio de eucalipto e soja; de 29,3 Mg C.ha<sup>-1</sup> em um consórcio de eucalipto e pastagem e de 26,6 Mg C.ha<sup>-1</sup> em um sistema de eucalipto e pastagem mais gado bovino.

As ações antrópicas têm gerado considerável aumento na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, seja pela queima de combustíveis fósseis e/ou pela mudança de uso da terra. O carbono torna-se disponível para os seres vivos pelo processo de fotossíntese, e pelo fato deste ficar armazenado, costuma ser chamado de carbono fixado.

### 5.5.3 Sequestro e armazenamento de carbono

A partir dos cálculos pelas equações alométricas foram obtidos os valores de armazenamento de CO<sub>2</sub> da biomassa do SAF. Estimou-se que o SAF acumulou 104,16 de toneladas de CO<sub>2</sub>/ha em sua biomassa em 13 anos.

Tais constatações evidenciam a função ecológica **regulação de gases**.

## 5.6 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Em seu trabalho Silva et al. (2013) constatou que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  das plantas no SAF variaram entre -33,4 e -27,8‰ com média de -30,7‰. A grande variação nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  foliar encontrada indica variações consideráveis na composição isotópica das folhas, devido à própria variabilidade entre as espécies do SAF estudado. Essa variação sugere a existência de estratégias distintas empregadas pelas plantas na assimilação de carbono e mecanismos de economia de água.

Por outro lado, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  observados são mais semelhantes com a dinâmica hídrica de áreas florestais do Cerrado do que com áreas de formação savânica. Parron et. al. (2004) observaram valores de  $\delta^{13}\text{C}$  da serapilheira em uma mata de galeria de -28‰, valor próximo à média dos valores encontrada no SAF estudado (-30,7‰), o que sugere que as espécies do SAF estão alterando a dinâmica do balanço hídrico do sistema, uma vez que quanto menores os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  das plantas os estômatos estão permanecendo mais abertos, ou seja, estão transpirando mais. Enquanto isso Coletta et al. (2009) encontraram valores que variam de -33,6 a -24,4‰ em áreas mais abertas de Cerrado. Esses valores e indicativos sobre a evapotranspiração são ratificados pelo argumento de que a presença de árvores leva também a um aumento na evapotranspiração, porém o microclima criado pelo sistema sombreado favorece a redução da evapotranspiração pela menor temperatura e radiação, maior retenção de água do solo, redução da velocidade do vento e outros efeitos que afetam o uso da água pela planta (MIGUEL et al., 1995).

A grande variação nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados por Silva (2013) indicam uma variação na eficiência do uso na água pelas plantas do SAF, devido à diversidade das espécies do SAF. No consórcio de espécies do SAF observa-se a existência de padrões ecofisiológicos diferentes que determinam as nuances nas respostas fotossintéticas das plantas, o que influencia no balanço hídrico do sistema.

A umidade do solo no SAF foi aferida por Silva et al. (2013) e os valores permaneceram semelhantes aos encontrados para áreas de Cerrado sentido restrito (NARDOTO e BUSTAMANTE, 2003). A umidade em torno de 20 a 30% no período de seca e no período chuvoso ficou entre 40 e 50%.

Tais informações demonstram a função denominada **regulação da água** no sistema por meio da evapotranspiração.



## 5.7 PRODUÇÃO DE ALIMENTOS DO SAF

O manejo de agrossistemas fornecem as condições adequadas para o cultivo de alimentos. O manejo de SAFs permite a produção de alimentos diversificados e com a possibilidade de colheita durante todo o ano. Dentre algumas espécies cultivadas no SAF podemos citar: graviola, banana, abacate, jaca, manga, café, mandioca, feijão guandu, e amora.

Os SAFs têm potencial de produzir alimentos de maior qualidade durante todo ano (principalmente porque este tipo de manejo promove a manutenção do potencial produtivo dos recursos naturais).

Entre as vantagens relacionadas à produção de alimentos em SAFs destacam-se a não utilização de agrotóxicos e de adubos químicos o que torna o alimento mais saudável para o consumo (NARDELLE e CONDE, s.d). A produção de alimentos dos SAFs integra a conservação ambiental à produção de alimentos diversificados, promovendo a qualidade de vida do agricultor e do consumidor (MAY, 2009).

Os SAFs são considerados uma opção estratégica para pequenos agricultores devido à baixa demanda de insumos e o seu maior rendimento líquido por unidade de área em comparação a sistemas convencionais de produção (GANDARA e KAGEYAMA, 2001).

A produção de alimentos em SAFs e em demais ecossistemas é diretamente dependente da função ecossistêmica: **conversão da energia solar em biomassa**.

## 5.8 PRODUÇÃO DE MATÉRIA PRIMA DO SAF

No manejo do SAF algumas espécies são eleitas para serem utilizadas como adubo verde. Assim como assinala Dubois (2008) essas espécies são podadas periodicamente e tem o papel de favorecer as condições adequadas ao ambiente para as próximas espécies que serão adicionadas no sistema.

No SAF estudado podemos citar algumas espécies que foram selecionadas para potencializar a capacidade produtiva do solo, ou seja, essas espécies devem fornecer adubo como matéria prima para a produção do SAF. Algumas espécies utilizadas atualmente no sistema com essa função são: guapuruvu, ingá, sibipiruna e amora.

Segundo Gliessman (2001), a biomassa resultante da poda das árvores, queda natural de ramos e folhas, e outras formas pode ser incorporada ao solo ou deixada na superfície como cobertura protetora até se decompor e disponibilizar os nutrientes.

Essas informações evidenciam a função ecossistêmica de decomposição da matéria orgânica, a qual permite a manutenção dos solos produtivos.

Outra matéria prima que o SAF produz é a madeira que pode ser utilizada para subsistência da propriedade ou mesmo comercializada. Jatobá e araribá são alguns exemplos de espécies de interesse madeireiro empregadas no SAF no consórcio atual.

A produção de madeira ocorre, principalmente, do processo de fotossíntese que transforma radiação solar em biomassa. Portanto, a produção de matéria prima em SAFs e em demais ecossistemas é diretamente dependente da função ecossistêmica: **conversão da energia solar em biomassa.**

## 5.9 DE FUNÇÕES ECOSSISTÊMICAS AOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DO SAF

Por meio das informações e dados obtidos através da entrevista com o proprietário do SAF, dos trabalhos desenvolvidos no SAF e pesquisas na literatura pôde-se mapear os processos e componentes do ecossistema em estudo e, portanto, identificar funções ecossistêmicas com o intuito de identificar os serviços providos.

CHRISTIAN et al. (2005) definiram função ecológica como sendo o resultado do comportamento do ecossistema, podendo existir dois tipos de funções: as funções que mantém o ecossistema e aquelas que provêm bens e serviços à humanidade. Portanto, as funções mapeadas no SAF em estudo são funções com potencial de fornecer serviços ecossistêmicos.

Cada função pode ser mapeada pelo resultado dos processos naturais do total do subsistema ecológico. Os processos naturais, por sua vez, são o resultado de complexas interações entre componentes bióticos (organismos vivos) e abióticos (química e física) dos ecossistemas (DE GROOT et al., 2002). Portanto, esta análise de associações requer compreensão das interconexões existentes entre os componentes do ecossistema, resguardando a capacidade dinâmica dos ecossistemas em gerar seus serviços (LIMBURG e FOLKE, 1999).

Diante disto, as funções ecossistêmicas mapeadas pelos processos ecológicos foram: ciclagem de nutrientes, decomposição, regulação de gases, regulação da água no sistema, regulação do uso de nutrientes pelas espécies, conservação de nutrientes no sistema, conversão de energia solar em biomassa, função refúgio, retenção do solo e função de informação.

A função denominada **ciclagem de nutrientes** é essencial para o funcionamento dos ecossistemas, pois a disponibilidade de determinados elementos é considerada fator limitante para o crescimento e ocorrência de formas de vida e constante na ciclagem destes nutrientes.

Os serviços dos ecossistemas derivados de ciclagem de nutrientes estão principalmente relacionados com a manutenção dos solos produtivos e disponibilidade dos nutrientes (DE GROOT, et al., 2002; LOPES e GUILHERME, 2007). No SAF estudado, foi possível identificar por meio da função ciclagem de nutrientes os serviços ecossistêmicos **disponibilidade de nitrogênio e fertilidade do solo**.

A função ecossistêmica mapeada **decomposição** está relacionada com o tipo de uso do solo, com o processo de decomposição da matéria orgânica do solo e com a manutenção da produtividade do ecossistema. Esta função possibilita a geração do serviço **fertilidade do solo**.

A **regulação de gases** como função ecossistêmica ocorre devido a manutenção dos processos biogeoquímicos, os quais são essenciais para controlar a composição química da atmosfera e dos oceanos (DE GROOT et al., 2002).

Os principais serviços prestados por esta função são a manutenção de ar limpo e respirável e prevenção de doenças, ou seja, a manutenção geral de um planeta habitável. Esta função ecossistêmica mapeada no SAF promove o serviço ecossistêmico denominado **sequestro e armazenamento de carbono**.

A função de **regulação da água no sistema** está relacionada com o papel da cobertura do solo no controle do escoamento e infiltração da água no solo, bem como o uso eficiente da água no processo de fotossíntese e respiração das espécies do SAF. Esta função promove em conjunto com o componente arbóreo do SAF condições ambientais para a regulação do microclima.

A função de regulação da água no sistema produz dois serviços: **regulação do clima local e a manutenção da água no sistema**.

As funções **regulação do uso de nutrientes pelas espécies e conservação de nutrientes no sistema**, estão relacionadas com o uso eficiente dos nutrientes e a permanência dos mesmos no sistema como fluxo. Estas funções ecossistêmicas promovem o serviço **disponibilidade de nitrogênio** para o SAF.

A função nomeada **conversão de energia solar em biomassa** está associada à produção dos ecossistemas pelo uso e manejo da terra, considerando, assim, os ecossistemas como fonte de recursos e produtos.

De acordo com De Groot et al. (2002), os processos geradores desta função são a fotossíntese, absorção de nutrientes pelas plantas autotróficas que convertem a energia, dióxido de carbono, água e nutrientes numa grande variedade de estruturas de hidratos de carbono que em seguida, são utilizados pelos organismos do nível trófico seguinte. Esta ampla diversidade de estruturas de carboidratos produzida fornece muitos bens ecossistêmicos para o consumo humano, que vão desde alimentos, matérias-primas, recursos medicinais, combustíveis e material genético.

Para o SAF em questão foi possível associar a função mencionada a dois serviços ecossistêmicos: **provisão de alimentos** e **provisão de matéria prima**.

Outras três funções ecossistêmicas puderam ser identificadas: **função de refúgio**, a qual diz respeito ao espaço adequado para as plantas e animais e a função de **retenção do solo**, que diz respeito ao papel da vegetação e da biota do solo na proteção contra a erosão e a **função de informação**, que está relacionada ao desenvolvimento cognitivo que os ecossistemas proporcionam.

A **função de refúgio** é descrita por De Groot et al. (2002) como uma função de pré-condição para a prestação de todos os bens e serviços do ecossistema, pois ao proporcionar espaço para as plantas e animais fornecendo condições climáticas, físicas e alimentares adequadas para o desenvolvimento das espécies e dessa forma, garante a manutenção da diversidade biológica e possibilita o desencadeamento de diversas funções ecológicas.

Além disso, principalmente as espécies frutíferas tanto exóticas quanto nativas dos SAFs atraem grande quantidade e diversidade de pássaros, bem como também propiciam a manutenção de habitat para outros animais, favorecendo a biodiversidade local (MAY, 2009; MCNEELY e SCHROTH, 2006).

Por meio da função refúgio identificou-se o **habitat para espécies** como um serviço provido pelo SAF.

A função de **retenção do solo** depende, principalmente, dos aspectos estruturais dos ecossistemas, especialmente pela proteção da cobertura vegetal e o sistema radicular das plantas no solo. As raízes das árvores consolidam o solo e a vegetação que intercepta as chuvas preveni a compactação e erosão do solo nu (DE GROOT et al, 2002).

Segundo De Groot et al., (2002) os serviços prestados pela função retenção do solo são muito importantes para manter a produtividade agrícola e prevenir danos provocados pela erosão do solo. Assim, é possível definir a geração do serviço ecossistêmico denominado de **controle da erosão**.

A **função informação** diz respeito ao desenvolvimento cognitivo por meio dos ecossistemas, ou seja, relaciona-se com o desenvolvimento de técnicas de manejo para o SAF, bem como o desenvolvimento de estudos e pesquisas. Essa função está bastante evidenciada no SAF em estudo pelos trabalhos científicos já realizados e pelo próprio emprego do manejo do sistema. O serviço ecossistêmico fornecido pelo SAF por meio dessa função é nomeado como **uso dos ecossistemas para o conhecimento tradicional e científico**.

Em síntese, o manejo de SAFs e sua estrutura com componentes arbóreos promovem estabilidade e diversidade às fontes de renda, assegurando, ao mesmo tempo, as funções ambientais que permitem o incremento nas características produtivas do solo, fornecendo matéria orgânica que reduz a compactação, o que aumenta a disponibilidade de nutrientes às plantas cultivadas, possibilita a conservação da umidade do solo, o controle do microclima e a proteção contra a erosão do solo (MAY, 2009, YOUNG, 1991; PENEIREIRO, 1999; SOMARRIBA, 1992; VAZ, 2000 TAPIA-CORAL et al., 2005; LOSS et al., 2009; SZOTT et al. 1991, XAVIER et al., 2006; ALTIERI, 1999, RIBASKI, 2000)

No esquema abaixo (Fig. 3) estão apresentadas as associações entre as funções mapeadas e os serviços ecossistêmicos identificados do SAF Dagrofloresta.

Figura 4 - Associações entre funções e os serviços ecossistêmicos do SAF.



As funções e serviços ecossistêmicos nem sempre apresentam uma relação correspondente, sendo que um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais que um serviço ecossistêmico (COSTANZA et al., 1997; DE GROOT et al., 2002). No SAF Dagrofloresta foi possível

constatar uma função gerando mais de um serviço ecossistêmico (conversão de energia solar em biomassa, a regulação de água no sistema). Assim como, constatou-se um grupo de funções compartilhando a geração de um serviço como ocorreu nos casos do serviço disponibilidade de nitrogênio, o qual é formado pelas funções regulação e uso dos nutrientes pelas espécies, conservação de nutrientes no sistema e ciclagem de nutrientes e do serviço fertilidade do solo, que é gerado pelas funções ecossistêmicas ciclagem de nutrientes, formação de solo fértil e retenção do solo.

É importante salientar que a ocorrência das funções e serviços ecossistêmicos poder se dar em várias escalas espaciais e temporais, o que torna suas análises uma tarefa ainda mais complexa (DE GROOT et al., 2002).

#### 5.10 SERVIÇOS PROVIDOS PELO SAF

Como já visto as complexas interações entre os elementos estruturais do ecossistema dão origem às chamadas funções ecossistêmicas, as quais são convertidas como serviços ecossistêmicos na medida em que trazem implícita a ideia de valor humano (ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

Os ecossistemas são capazes de fornecer diversos serviços. Devido à complexa interação dos componentes e elementos dos ecossistemas que desencadeiam os processos ecológicos e funções que interagem para produzir esses serviços é tarefa difícil isolar apenas um serviço do ecossistema sem considerar simultaneamente outros serviços.

Estes serviços são o resultado de processos naturais decorrentes de complexas interações entre componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas ao longo dos fluxos de matéria e energia (DE GROOT et al., 2002).

Os serviços ecossistêmicos identificados no SAF foram: disponibilidade de nitrogênio, fertilidade do solo, sequestro e armazenamento de carbono, manutenção da água no sistema, regulação do clima local, provisão de matéria-prima, provisão de alimento, prevenção da erosão, habitat para as espécies e uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico. A descrição dos serviços ecossistêmicos do SAF encontra-se no item 5.12.

É evidente que os ecossistemas, de maneira geral, prestam serviços essenciais para a sociedade, que por sua vez tem impacto no bem-estar humano (PEARCE, 1993; TURNER e DAILY, 2008; DE GROOT, 1992, 1994; COSTANZA et al., 1997; LIMBURG E FOLKE, 1999; ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Para tanto, é primordial conhecer o funcionamento

dos ecossistemas tal como a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos como subsídio para planejar sua conservação e garantir a qualidade ambiental e o bem-estar humano. No SAF Dagrofloresta foi possível identificar dez serviços que garantem e potencializam o bem-estar humano proporcionando benefícios diretos e indiretos por meio da provisão destes.

#### 5.11 CATEGORIAS DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DO SAF

Os serviços ecossistêmicos do SAF foram classificados em serviços de suprimento, regulação, suporte e culturais segundo A.M (2005) e todas as categorias foram preenchidas com serviços do SAF.

Os serviços de suprimento do SAF consistem na provisão de alimentos e de matéria prima, os quais estão são relacionados a processos de transformação de energia solar em biomassa. Os serviços de suprimento tem um produto como fim dos processos ecológicos envolvidos.

Para a categoria dos serviços de suporte foram identificados os serviços habitat para as espécies do SAF e controle da erosão. Os serviços dessas categoria proporcionam apoio e manutenção dos processos e componentes naturais, contribuindo para a provisão das demais funções do ecossistema.

Já os serviços de regulação estão relacionados à capacidade dos ecossistemas regularem processos ecológicos essenciais de suporte à vida, através de ciclos biogeoquímicos e outros processos da biosfera. Todos esses processos são mediados pelos fatores abióticos de um ecossistema, juntamente com organismos vivos através de processos evolucionários e mecanismos de controle. Para esta categoria classificou-se os seguintes serviços: disponibilidade de nitrogênio, fertilidade do solo, sequestro e armazenamento de carbono, manutenção da água no sistema e regulação do clima local.

Por fim, a categoria dos serviços culturais tem relação com a diversidade cultural, na medida em que a própria diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, com os valores religiosos e espirituais, a geração de conhecimento (formal e tradicional), os valores educacionais e estéticos, o ecoturismo, lazer e recreação (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). O serviço denominado de uso do SAF para o desenvolvimento de conhecimentos científico e tradicional foi classificado como serviço cultural.



**Tabela 7 - Serviços Ecossistêmicos do SAF.**

<b>Categoria</b>	<b>Serviços Ecossistêmicos</b>
<b>Suprimento</b>	<b>Provisão de alimentos</b> <b>Provisão de matéria prima</b>
<b>Regulação</b>	<b>Disponibilidade de Nitrogênio</b> <b>Fertilidade do solo</b> <b>Sequestro e armazenamento de carbono</b> <b>Manutenção da água no sistema</b> <b>Regulação do clima local</b>
<b>Suporte</b>	<b>Habitat para as espécies</b> <b>Controle da erosão</b>
<b>Culturais</b>	<b>Uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico.</b>

## 5.12 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS DO SAF

### 5.12.1 Provisão de alimentos

Por meio do manejo e gestão dos ecossistemas são providos alimentos para o consumo humano dos mais diversos tipos como: animais, plantas comestíveis, fungos, frutas e outros itens exóticos que a espécie humana apropria-se. No SAF são produzidas espécies frutíferas e alimentícias em geral para o consumo humano. A provisão de alimentos em um SAF depende do consórcio, dos estágios e das escolhas das espécies que vão compor o sistema em determinado período. Esse tipo de sistema tem recebido evidência pela produção sustentável de alimentos. (ALTIERI, 1999; GANDARA e KAGEYAMA, 2001; MCNEELY e SCHROTH, 2006; EMBRAPA, 2011).

### 5.12.2 Provisão de matérias primas

Esse serviço é desempenhado pelos produtos obtidos por meio do uso e manejo dos ecossistemas, tais como fibras, madeira, materiais para construção e combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais.

Mcneely e Schroth (2006) destacam também que os SAFs podem favorecer a redução de insumos, possibilitar a extração de madeira, frutas e demais produtos oriundos do mesmo, e, principalmente, favorecer a biodiversidade local.

### 5.12.3 Sequestro e armazenamento de Carbono

O sequestro de carbono refere-se a processos de absorção e armazenamento de CO<sub>2</sub> atmosférico, com intenção de minimizar seus impactos no ambiente, já que trata-se de um gás de efeito estufa (GEE). A finalidade desse processo é conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> atmosférico, visando regular o clima local e a diminuição do efeito estufa (RENNER, 2004).

Enquanto as plantas e árvores do SAF crescem, removem o dióxido de carbono da atmosfera e incorporam em seus tecidos, transformando em estoque de carbono.

### 5.12.4 Fertilidade do solo

Este serviço garante a presença de nutrientes que é um dos aspectos fundamentais que fornece boa qualidade dos solos e o seu bom uso e manejo, principalmente no caso dos agrossistemas.

O componente arbóreo influencia na quantidade e na disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas, por meio do acréscimo de nitrogênio pela fixação biológica de N<sub>2</sub>, da redução das perdas de nutrientes por processos como lixiviação e erosão e do aumento da disponibilidade de nutrientes pela sua maior liberação na matéria orgânica do solo. É importante destacar também que as árvores também podem contribuir para o processo de restabelecimento da fauna do solo, fator importante para a decomposição da matéria orgânica, a qual é amplamente controlada pela biota do solo, particularmente a macrofauna (BURESH e TIAN, 1997).

Além disso, as raízes profundas das árvores podem interceptar os nutrientes que foram lixiviados das camadas superficiais e se acumularam no subsolo, geralmente fora do alcance do sistema radicular das culturas agrícolas e/ou pastagens, e retorná-los à superfície na forma de serapilheira.

O plantio simultâneo ou sucessional de espécies anuais, seguido por espécies leguminosas assim como espécies perenes de interesse madeireiro tendem a aumentar a produção de serapilheira (TAPIA-CORAL et al., 2005), e a taxa de deposição e posterior decomposição deste material irá auxiliar na recuperação das propriedades físico-químicas e biológicas do solo em áreas de SAF (SZOTT et al., 1991, XAVIER et al., 2006, LOSS et al., 2009).

Portanto, quanto maior a biodiversidade de espécies no sistema, melhor será a fertilidade do solo, pois haverá contribuição de matéria orgânica com diferentes teores de nutrientes, que serão disponibilizados em períodos diferentes, dependendo do tempo de decomposição de cada espécie (PENEIREIRO et al., 2009).

É importante destacar que no SAF boa parte do carbono orgânico no solo originário da decomposição da matéria orgânica é proveniente da serapilheira das espécies do SAF, a qual apresentou boa qualidade nutricional, o que contribui para a fertilidade do solo. Tal fato é corroborado por Lopes e Guilherme (2007), que assinalam que a matéria orgânica do solo pode ser considerada o indicador mais simples e entre os mais importantes para se medir a qualidade do solo e, conseqüentemente, dos agroecossistemas, pois ela: i. provê uma fonte de C e energia para os microrganismos do solo, ii. melhora o armazenamento e o fluxo de água e de ar no solo, iii. armazena e provê nutrientes como N, P e S, e, iv. Retém nutrientes como Ca, Mg e K, pois aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo.

Dessa forma, a fertilidade do solo é essencial tanto para o crescimento das plantas como para a agricultura, o bom funcionamento do ecossistema, ou seja, as funções responsáveis por gerar este serviço abastecem o solo com os nutrientes básicos para garantir a capacidade produtiva dos agrossistemas e o desenvolvimento e manutenção dos sistemas naturais.

#### **5.12.5 Disponibilidade de Nitrogênio**

Um fator fundamental na circulação dos nutrientes no sistema é a grande quantidade de matéria orgânica depositada sobre o solo do SAF. A vida do solo necessita da energia e dos nutrientes contidos na matéria orgânica.

Nutrientes como o nitrogênio, tornam-se disponíveis novamente para as plantas e microrganismos, através dos processos de decomposição e mineralização (ATTIWILL e ADAMS, 1993), os quais têm um papel chave em regular a disponibilidade de nutrientes e assim, a taxa de crescimento vegetal.

A disponibilidade de nitrogênio é primordial para o funcionamento dos ecossistemas, pois se trata de um nutriente considerado limitante da produção primária (SCHIMEL e BENNETT, 2004). O nitrogênio é conceituado com um fertilizante natural do solo e é responsável por regular o crescimento das plantas e o desenvolvimento dos ecossistemas. Podemos citar benefícios decorrentes do aumento na disponibilidade de nitrogênio: possibilita

a melhoria das propriedades do solo e, assim, maior produtividade, bem como a economia no uso de fertilizantes nitrogenados (RIBASKI, 2000).

#### **5.12.6 Manutenção da água no sistema**

Este serviço é responsável pela manutenção das condições adequadas para o ecossistema. A quantidade de água disponível no local é influenciada pela vegetação, cobertura do solo que mantém a umidade no local e pelas condições ambientais e características do funcionamento das espécies das plantas em relação ao uso da água nos processos ecofisiológicos como fotossíntese, respiração e evapotranspiração.

A água é um elemento essencial para o funcionamento dos ecossistemas e o desenvolvimento do mesmo, pois ela permite o desencadeamento de várias funções ecossistêmicas.

#### **5.12.7 Regulação do clima local**

O serviço de regulação do clima local está ligado ao papel que o componente arbóreo realiza para regular a temperatura do ar, reduzindo sua variação ao longo do dia e, conseqüentemente, tornando o ambiente mais estável.

É importante ressaltar o papel do estrato herbáceo e da serapilheira como agentes reguladores das condições térmicas no solo, uma vez que ambos contribuem para a redução da radiação que chega ao solo, que influencia significativamente na taxa de evaporação. Tal fato repercute sobre o balanço hídrico do solo, o que contribui para a elevação e manutenção da umidade disponível para as plantas (OVALLE e AVENDAÑO, 1994; BHOJVAID e TIMMER, 1998).

Outro aspecto importante da cobertura do solo, tanto pelas copas quanto pela serapilheira, é que os raios UV não atingem diretamente o solo apresentando variações baixas na sua temperatura mantendo a úmida e proporcionando condições ótimas ao bom desenvolvimento das raízes e à atividade da fauna do solo (MAY et al., 2005).

#### **5.12.8 Controle da erosão**

A cobertura vegetal fornece o serviço de controle da erosão, que é vital para os ecossistemas e agrossistemas, no que diz respeito à manutenção dos processos naturais e à produção agrícola. Para Vaz (2000) os SAFs promovem a estruturação do solo devido a suas características e seu manejo.

Quando as gotas de chuva caem sobre uma floresta o impacto no solo é amenizado pela interceptação das copas das árvores, arbustos e outras plantas que retêm parte dessa água reduzindo a velocidade das gotas, como também as gotas que chegam ao chão encontram um manto de folhas secas, que também contribuem para neutralizar o impacto da gota diretamente sobre o solo.

Com o solo protegido, a atividade das minhocas e outros animais e microorganismos, promovem a aeração do solo, que propicia a alimentação do lençol freático. Assim, ao invés escorrer, como enxurrada, a água penetra no solo.

A malha de raízes se encarrega de captar os nutrientes solúveis, evitando que os mesmos sejam lixiviados, ou seja, lavados ao longo do perfil do solo, bem como ajudam na infiltração da água. Além disso, protegem o solo ao darem mais estabilidade à estrutura do solo, evitando erosões. A estrutura do sistema também contribui para diminuir a velocidade do vento, evitando que o solo seja carregado.

#### **5.12.9 Habitat para as espécies**

O serviço ecossistêmico de habitat para as espécies do SAF promove a manutenção da diversidade biológica e oferece as condições climáticas, físicas e alimentares adequadas para o desenvolvimento das espécies.

O habitat oferece um conjunto de características ecológicas que suportam a vida e, portanto, é a base para a maioria das funções ecossistêmicas e dos serviços ecossistêmicos associados.

A manutenção dos ecossistemas e dos habitats para plantas e animais são fatores imprescindíveis para a sobrevivência das espécies e manutenção dos processos ecológicos desencadeados por elas.

#### **5.12.10 Uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico**

Os ecossistemas são capazes de promover conhecimento e suas informações são subsídios para pesquisas, bem como para intervenção humana e apropriação de conhecimentos tradicionais como o manejo dos ecossistemas, que foram sendo desenvolvidos conforme o tempo e a vivência do contato com o meio pelas populações tradicionais. O desenvolvimento de agriculturas e as técnicas de manejo, como os sistemas agroflorestais são um exemplo de conhecimento tradicional produzido.

Cabe citar também o uso do SAF como local de estudo para pesquisas de cunho científico. Segundo De Groot et al. (2002), os ecossistemas são amplamente utilizados para a investigação científica, levando a milhares de publicações a cada ano, como também são utilizados como áreas de referência importantes para monitorar mudanças ambientais.

A natureza é, portanto, uma fonte vital de inspiração para a ciência, cultura e arte, e oferece oportunidades para a educação e pesquisa. Esta funciona como laboratórios de campo para a investigação científica (DE GROOT, et. al., 2002).

## **6 CONCLUSÃO**

Os aspectos analisados do funcionamento do SAF, e os processos ecológicos através dos aspectos abordados forneceram a base empírica para o mapeamento das funções ecossistêmicas e a identificação dos serviços do ecossistema, uma vez que foi possível identificar os serviços ecossistêmicos por meio do mapeamento e análise das funções ecossistêmicas do SAF.

O Sistema Agroflorestal estudado tem capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos de todas as categorias. Os serviços identificados no SAF Dagrofloresta foram: disponibilidade de nitrogênio, fertilidade do solo, sequestro e armazenamento de carbono, manutenção da água no sistema, regulação do clima local, provisão de matéria-prima, provisão de alimento, prevenção da erosão, habitat para as espécies e uso dos ecossistemas para conhecimento tradicional e científico.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise da associação entre as funções e os serviços do ecossistema pode servir como ponto de partida útil para investigações futuras sobre a disponibilidade de serviços ecossistêmicos, tanto em relação à coleta de dados empíricos, como para fornecer uma base de dados e informações necessárias dos processos naturais dos ecossistemas para análise com intuito de auxiliar no desenvolvimento deste no campo de pesquisa da avaliação dos serviços do ecossistema.

O conhecimento sobre o funcionamento dos ecossistemas deve ser considerado nos processos de planejamento territorial e ambiental, e, sobretudo em processos de tomada de decisão, uma vez que fornece conhecimentos essenciais para a conservação, e o uso

sustentável dos ecossistemas. Tal como a compreensão sobre a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos é especialmente importante para a gestão dos recursos naturais.

Os SAF's consistem em uma das alternativas para minimizar as perdas de biodiversidade em áreas já ocupadas, melhorar as condições ambientais locais, assim como prover benefícios e necessidades humanas por meio dos serviços ecossistêmicos. O presente trabalho espera ter contribuído para o fortalecimento dos SAFs enquanto prática de manejo conservacionista dos recursos ambientais.

Os serviços identificados ratificam a importância de se ampliar as estratégias de uso sustentável dos ecossistemas como o incentivo a sistemas de produção menos agressivos como os SAFs que trazem benefícios de cunho ambiental, social e econômico para o produtor rural e a sociedade.

Estão ainda, em desenvolvimento dois estudos na área do SAF Dagrofloresta sobre a avaliação da microbiota do solo e emissão de gases do SAF, cujos resultados poderão ser analisados para compor e complementar as informações sobre os serviços ecossistêmicos providos pelo SAF.

## REFERÊNCIAS

ACHARD, F. EVA, H.D., SITIBIG, H. J., MAYAUX, P., GALLEGRO, J., RICHARDS, T., MALINGREAU, J. P., Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. **Science**, 297:999-1002 pp, 2002.

ADUAN, R. E. Respiração de solos e ciclagem de carbono em cerrado nativo e pastagem no Brasil Central. 2003. 149f. **Tese (Doutorado em Ecologia)** – Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

AIDAR, M.P.M.; SCHIMIDT, S.; MOSS, G.; STEWART, G.R.; JOLY, C.A. Nitrogen use strategies of neotropical rainforest trees in threatened Atlantic Forest. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.26, n.3, p. 389-399, 2003.

ALCANTARA, F. A. de; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Circular técnica**, 64 -Embrapa, Brasília-DF, 2008.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystemas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31, 1999.

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

ANDERSON, J. M. Responses of soils to climate change. **Advances in Ecological Research**, San Diego, v. 22, p. 63-91, 1992.

ANDRADE, D.; ROMEIRO, A. **Capital natural, serviços ecossistêmicos, e sistemas econômicos: rumo a uma economia dos ecossistemas**. Texto para discussão: I/E Unicamp, Campinas, n. 159, 2009.

ATTIWILL, P. M., ADAMS, M. A. Tansley Review no 50: Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, v. 124:561-582, 1993.

AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO (A.M.). **Ecossistemas e o bem-estar humano – Estrutura para uma avaliação**. Relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecosistêmica do Milênio. São Paulo: Editora do SENAC São Paulo. 2005.

BACKES, A.; FERNANDES, A.V.; ZENI, D.J. Produção de serapilheira em uma floresta com Araucária angustifolia no Sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.247-259, 1998.

BAGGIO A.A. & MEDRADO, M.J.S. Sistemas Agroflorestais e Biodiversidade. In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Mato Grosso, Campo Grande, MT. **Anais do Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável**, 2003.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed. 752 p, 2007.

BHOJVAID, P. P.; TIMMER, V. R. Soil dynamics in age sequence of Prosopis juliflora planted for sodic soil restoration in India. **Forest Ecology and Management**. v. 106, n. 2/3, p. 181-193, 1998.

BURESH, R. J.; TIAN, G. Soil improvement by in sub-Saharan Africa. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1/3, p. 51-76, 1997

BUSTAMANTE M.M.C., MARTINELLI L.A., SILVA D.A., CAMARGO P.B., KLINK C.A. DOMINGUES T.F., SANTOS R.V. N-15 natural abundance in Woody plants and soils of central Brazilian savannas (cerrado). **Ecological Applications**, 14:S200-S213, 2004.

CARDOSO I. M., SOUZA H. N., MENDONÇA E.S. Biodiversidade, recurso genético e cuidados fitossanitários. **Revista de Ação Ambiental**, v. 31: 18-20, 2005.

CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M. M. C.; ALCÂNTARA, F. A. DE.; RESCK, I. S.; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS <sup>13</sup>C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 101:100-107, 2009.

CARVALHO, A. M. de.; BUSTAMANTE, M.M.C.; GERALDO JUNIOR, J.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 32: 2831-2838, 2008.

CHAPIN, F. S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P.M. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. Springer-Verlag, 2ª ed., New York. 529 p, 2011.



CHAPIN, F. S.; ZAVALA, E. S.; EVINER, V. T.; NAYLOR, R. L.; VITOUSEK, P. M.; REYNOLDS, H. L.; HOOPER, D. U.; LAVOREL, S.; SALAI, O. E.; HOBBIE, S. E.; MAC, M. C.; DÍAZ, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, n. 405, 234–242, 2000.

CHRISTIAN, R.R., BAIRD, D., BOWEN, R.E., CLARK, D.M., DE MORA, S., DIGIACOMO, P.M., JIMÉNEZ, J., KINEMAN, J., MAZZILLI, S., SERVIN G., TALAUE-MCMANUS, L., VIAROLI, P. & YAP H. Coastal GTOS **Strategic design and phase 1 implementation plan. Environment and Natural Resources Service Series**, No. 9 FAO, Rome, GTOS Report No. 36, 104 pp, 2005.

COLETTA, L.; NARDOTO, G. B.; LATANSIO-A S.R.; ROCHA, H. R. da.; AIDAR, M.P.M.; OMETTO, J.P.H.B. An isotopic view of vegetation and carbon and nitrogen cycles in a Cerrado ecosystem, southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 467-475, 2009.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte de depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, abr./ jun. 1999.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387, 253–260, 1997.

CUNHA, N. R. da S. A intensidade da exploração agropecuária na região dos cerrados e potencial de degradação ambiental. **Tese de Doutorado**. Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

DAILY, G. C. EHRlich, P. R.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of Southern Costa Rica. **Ecological Applications**, v, 11, n. 1, p. 1-13, 2001.

DAILY, G. C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystem. **Island Press**, Washington, DC, 1997.

DAILY, G. C.; ALEXANDER, S.; EHRlich, P. R.; GOULDER, L.; LUBCHENCO, J.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A.; POSTEL, S.; SCHNEIDER, S. H.; TILMAN, D.; WOODWELL, G. M. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. **Issues in Ecology**, v. 1, n. 2, p. 1-18, 1997.

DALY, H. E.; FARLEY, J. Ecological Economics: principles and applications. **Island Press**, Washington, DC, 2004.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39:179-186, 2004.

DE GROOT, R. S., WILSON, M.A. BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, 41, p. 393-408, 2002.

DE GROOT, R.S. Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision-making. **Wolters Noordhoff BV**, Groningen, The Netherlands. 1992.

DE GROOT, R.S., Perk, J., van der, Chiesura, A., Marguliew, S. Ecological functions and socio-economic values of critical natural capital as a measure for ecological integrity and environmental health. In: Crabb' e, P. (Ed.), *Implementing Ecological Integrity*. **Kluwer Academic Publishers**, pp. 191–214, 2000.

DE MARCO JR., P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p. 1245-1255, 2004.

DITT, E. H. et al. Estudos de variabilidade de projetos de carbono para mitigação climática, redução da pobreza e conservação da biodiversidade no Pontal do Paranapanema, São Paulo. In: KLINK, C. **Quanto mais quente melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas**. São Paulo: Peirópolis, 2007. cap. 2.

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

DOMINGUES, T. F., COLETTA, L. D., VIEIRA, S. A., OMETTO, J. P. H. B. O uso da metodologia isotópica em estudos ambientais. **Relatório Final**. Piracicaba. 39 p. 2006.

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.

DUBOIS, J.C.L.; ANDERSON, A.B.; VIANA, V. Manual agroflorestal para a Amazônia. **REBRAF**, Rio de Janeiro. 1996.

EMBRAPA - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/ [editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... et al.] – 2ª ed. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. SISAP – Amazônia Oriental, 2011. Disponível em: <<http://www.cpa.embrapa.br/publicacoes/portifolio-cpa-pt.pdf/view>>, acessado em 10 de julho de 2013.

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Consulta de expertos sobre la avance de la agrofloresteria en zonas aridas y semiaridas de America Latina y Caribe. **Série zonas aridas y semiaridas**, n.1, 152p,1995.

GANDARA, F. B. Quanto os sistemas agroflorestais podem manter de biodiversidade? Estudo de caso de plantas espontâneas e macro invertebrados do solo em Piracicaba, S.P.. In: III Congresso Latino Americano de Ecologia, 2009, São Lourenço - M.G. **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia**, 2009.

GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Biodiversidade e dinâmica em sistemas agroflorestais. In: Documentos: Palestras III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais (editores. Macêdo, J.L.V.; Wandelli, E.V. e Silva Júnior, J.P.). pp. 25-32. Embrapa Amazônia Ocidental. Documetos. 21 a 25/11/2000, Manaus, AM., 2001.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 653 p, 2001.

GROS A. VIVANCOS, A. D. **Guía práctica de la fertilización**. 1.992. Ed. Mundi Prensa.

HACKBART, Vivian Cristina dos Santos. TÍTULO: A conservação de corredores fluviais e suas microbacias hidrográficas garantem a disponibilidade de serviços ecossistêmicos? Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2011. Qualificação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2011.

HELFAND, S. M., RESENDE, G. C., Mudanças na distribuição espacial da produção de grãos, aves e suínos no Brasil: o papel do Centro-Oeste. In: \_\_\_\_\_(Org.), **Padrões Regionais de crescimento da produção de grãos no Brasil e Papel da Região Centro-Oeste**, p.13-56., 2003.

HOFFMANN, M.R.; Sistema Agroflorestal Sucessional – Implantação mecanizada. Um estudo de caso. 2005. 57 p. **Dissertação de Graduação** – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2005.

HOSSAIN, A. K.; RAISON, R. J.; KHANNA, P. K. Effects of fertilizer application and fire regime on soil microbial biomass carbon and nitrogen, and nitrogen mineralization in an Australian subalpine eucalypt forest. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 19, p. 246-252, 1995.

HUETING, R. REIJNDERS, L. DE BOER, B. LAMBOOY, J. JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**, 25, 31- 35, 1998.

JACKSON, W. Natural systems agriculture: a truly radical alternative. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 88: 111-117, 2002.

JONSSON, M. Perda de Biodiversidade e Funcionamento dos Ecossistemas. **Ecologia**, Info 30, 2011. Disponível em: <http://www.ecologia.info/biodiversidade.htm>.

KAY J.; SCHNEIDER, E. Thermodynamics and measures of ecosystem integrity. In: **Ecological Indicators**, ed. D. McKenzie, D Hyatt.; J. McDonald, pp. 159-181. New York: Elsevier, 1992.

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

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, p. 69-88, 2002.

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

KREMEN, C. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits? In: Freitas & Pereira (ed.), Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza, CE, p.115-124, 2004.

LILIENFEIN, J., WILCKE, W., ZIMMERMANN, R., GERSTBERGER, P., ARAÚJO, GM. and ZECH, W., 2001. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, vol. 164, no. 5, p. 487-495.

LIMBURG, K. E.; FOLKE, C. The ecology of ecosystem services. **Ecological Economics: introduction to the special issue**, v. 29, 1999.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade Agrícola. **SBCS, Viçosa, Fertilidade do Solo**, 1017p, 2007.

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**, v. 44 (1): 68-75, 2009.

LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J. Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central. In: Val A.L., Figliuolo R. and Feldberg E. (eds), **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas**, Vol. 1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. pp. 65–75, 1991.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo : **Agronômica Ceres**. 528p, 1976.

MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. Estimativa da integridade da cobertura vegetal de cerrado através de dados TM/Landsat. **Anais IX Simpósio de Sensoriamento Remoto**. Santos, 11 a 18/09/1998: INPE, p.1455-1466, 1998.

MARTINELLI, L. A., OMETTO, J. P. H. B., FERRAZ, E. S., VICTORIA, L. R., DE CAMARGO, P. B., MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. Editora Oficina de Textos. 144 p, 2009.

MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science** 227:504–509, 1997.

MAY, P. H. Serviços Ambientais Gerados por SAFs em Espírito Santo. In: **Diagnóstico de Experiências de Sistemas Agroflorestais e Recomendações de Estratégias e Políticas Públicas para sua Implementação e Difusão no Estado do Espírito Santo**, 2009.

MAY, P. H.; GELUDA, L. Pagamentos por serviços ecossistêmicos para manutenção de práticas agrícolas sustentáveis em microbacias do norte e noroeste do Rio de Janeiro. ANAIS do VI Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica: O meio ambiente nas políticas públicas. Brasília, 23-25 novembro 2005.

McKEY, D. Legumes and nitrogen: the evolutionary ecology of a nitrogen-demanding lifestyle. In: SPRENT, J.M.; McKEY, D. (Eds) *Advances in legume systematics: Part 5 – The Nitrogen Factor*. Kew: **Royal Botanic Gardens**, p. 211-228., 1994

MCNEELY, J. A.; SCHROTH, G. Agroforestry and biodiversity conservation - traditional practices, present dynamics, and the lessons for the future. **Biodiversity and Conservation**, v.15, p.549-554, 2006.

MEDINA, E. Nutrient balance and physiological processes at the leaf level. In: Medina E, Mooney HA, Vazques-Yanes C (eds) **Physiological ecology of plants of the wet tropics**. Junk Publ Kluwer, Boston, p. 134–154, 1984.

MEJÍA, J. W. A. Planificación del manejo de los recursos naturales con base en los servicios ambientales prioritarios en la subcuenca del Lago de Yojoa, Honduras. 2005. 65 f. **Dissertação de Mestrado**. Escuela de Posgrado, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 2005.

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.

MENDONÇA, A. H. Avaliação do efeito de borda sobre a vegetação de Cerrado sensu stricto inserido em matriz de pastagem. **Dissertação de mestrado**. Universidade de São Carlos. São Paulo. 2010.

MICHON, G. ; FORESTA, H. de. Agro-forests: incorporating a forest vision In: Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems. BUCK, L.; LASSOIE J. P.; FERNANDES, E. C. M. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1998. p. 381-416.

MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B.; CAMARGO, A. P.; ALMEIDA, S. R.; GUIMARAES, S. R. Efeitos da arborização do cafezal com *Grevillea robusta* nas temperaturas do ar e umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 21., 1995, Caxambu, MG. Anais... Rio de Janeiro: MARA/PROCAFE, 1995. p. 55-60. Parte 2.

Ministério do Meio Ambiente. **O bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 24 de setembro de 2013.

MIRANDA, S. C. Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado. **Tese de Doutorado**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

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

NAIR, P.K.R. Tree integration on farmlands for sustained productivity of small holdings. In: Hockeretz, W. **Environmentally Sound Agriculture**. New York: Praeger Scientific, 1983.

NARDELLE, M., Conde, I. s.d. Sistemas Agroflorestais (Apostila). mat. xerox. Vaz, P. 2001. **Agroforesteria en Brasil: uma experiencia de regeneración análoga**. LEISA, vol. 16, n 9: 5-7.

NARDOTO, G. B., BUSTAMANTE, M. M. C., PINTO, A. S., KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**., 22:191-201, 2006.

NARDOTO, G.B. Abundância Natural de 15N na Amazônia e Cerrado – implicações para a ciclagem de Nitrogênio. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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.; QUESADA, Q.A.; PATIÑO, S.; SAIZ, G.; BAKER, T.R.; SCHWARZ, M.; SCHRODT, F.; FELDPAUSCH, T.R.; DOMINGUES, T.F.; MARIMON, B.S.; JUNIOR, B.M.; BIRD, M.I.; PHILIPS, O. L.; LLOYD, J.; MARTINELLI, L.A. **Nitrogen isotopes suggest soil fertility and climate as prime modulators of Forest nitrogen cycling patterns across the Amazon Basin**, 2012.

NEVES, C. M. N. D., SILVA, M. L. N., CURI, MACEDO, N. R. L. G., TOKURA, A. M. Estoque de carbono em Sistemas Agrossilvopastoril, Pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set, 2004.

NICODEMO, M. L. F.; VINHOLIS, M. de M. B.; PIRMAVESI, O.; ARMANDO, M. S. **Conciliação entre produção agropecuária e integridade ambiental: o papel dos serviços ambientais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

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

OLIVEIRA, F. R; SAMPAIO, J. A. G.; ALVES, R. P; SILVA, S.M; SILVA, H. C. A; NARDOTO, G. B. Taxa de Retranslocação Foliar de Nitrogênio em um Sistema Agroflorestal na região de Cerrado do Brasil Central. **Anais do X Congresso Brasileiro de Ecologia**. Porto-Seguro-BA, 2013.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44:321-331, 1973.

OMETTO J. P. H. B., EHLERINGER J. R., DOMINGUES T. F. et al. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. **Biogeochemistry**, v.79, 251–74, 2006.

OMETTO, J. P. H. B., LAWRENCE B. FLANAGAN, LUIZ A. MARTINELLI, MARCELO Z. MOREIRA, NIRO HIGUCHI, AND JAMES R. EHLERINGER. Carbon isotope discrimination in forest and pasture ecosystems of the Amazon Basin, Brazil. **Global Biogeochem Cycles**. v.16, no. 4: 1109, 2002.

OTTMAR, R. D, VIHNANEK, R. E, MIRANDA, H. S, SATO M., ANDRADE, S. M. A. (2001) Stereo photo series for quantifying Cerrado Fuels in Central Brazil, v. 1. **General Technical Report**. Portland, OR, 87 p.

OVALLE, C. M.; AVENDANO, J. Influencia del arbol sobre la vegetacion pastoral en los Espinales (Acacia caven) de la Zona Mediterranea de Chile. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAISES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.2. p.151-164, 1994.

PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology**. Biochem. 23: 83–88, 1991.

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. **Boletim de Pesquisa da Embrapa Cerrados**, v. 127, p. 1-24, 2004.

PATTERSON, T.M.; COELHO, D.L. Ecosystem services: Foundation, opportunities, and challenges for the forest products sector. **Forest Ecology and Management**, v. 257: 1637–1646. 2009.

PEARCE, D. W. Economic values and the natural world. Massachusetts: **The MIT Press**, 1993.

PENEIREIRO, F. M. et al. **Apostila do educador agroflorestral: introdução aos sistemas agroflorestrais, um guia técnico**. Acre: Arboreto, Parque Zoobotânico, Universidade Federal do Acre, 2009. 77p.

PENEREIRO, F. Sistemas agroflorestrais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. **Dissertação de Mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba, 136p, 1999.

RENNER, R. M. **Seqüestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. UFPR, 2004 – 132 p. Disponível em: [//www.ufrgs.br/necon/2evavea\(3\).pdf](http://www.ufrgs.br/necon/2evavea(3).pdf). Acesso em 04 de outubro de 2013.

RIBASKI, J. Influence of algaropa (*Prosopis juliflora*) on the availability and quality forage of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) in the semi-arid region of Brazil. 2000. 165p. (**Tese Doutorado em Agronomia**) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2000.

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.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, p. 32. 2009. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>. Acesso em: 20 de outubro de 2013.

SAMPAIO, J. A. G.; SILVA, H. C. A.; OLIVEIRA, F.R; HOFFMANN M. R; NARDOTO, G. B. Qualidade da serapilheira em um Sistema Agroflorestral Simultâneo na região de Cerrado do Brasil Central. Trabalho apresentado no **XIX Congresso de Iniciação Científica da UnB e X Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal**, 2013.

SCHERR, S. J, MCNEELY, J. A. **Reconciling agriculture and biodiversity: policy and research challenges of ‘ecoagriculture’**. In IIED, Equator Initiative, Ecoagriculture Partners. London, UK:IIED, Equator Initiative, Ecoagriculture Partners, 2002.

SCHIMEL, J.P.; BENNETT, J. Nitrogen mineralization: challenges of a changing paradigm. **Ecology**, Brooklyn, v. 85, n. 3, p. 591-602, 2004

SCHROTH, G. et al. **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington: Island Press, 2004.

- SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3 ed. **Revista Atual**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.
- SILVA, H. C. A; SAMPAIO, J. A. G.; HOFFMANN M. R; NARDOTO, G. B. Mineralização de Nitrogênio do Solo em um Sistema Agroflorestal Simultâneo na região de Cerrado do Brasil Central. Trabalho apresentado no XIX **Congresso de Iniciação Científica da UnB e X Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal**, 2013.
- SILVA, S.M. Quantificação de carbono de um sistema agroflorestal em área de Cerrado no Brasil Central. 46p. **Dissertação de Graduação**. Faculdade UnB de Planaltina – UnB, Planaltina –DF, 2013.
- SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, v.19: 233-240, 1992.
- SUGASTI, J. B. Propriedades químicas e atividade biológica em solo sob agrofloresta multiestratificada. **Dissertação de Graduação**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 42 p. 2008.
- SZOTT, L.T. FERNANDES E.C.M.; SANCHEZ P.A. Soil plant interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management** 45: 127–152, 1991.
- 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**, v, 65:33–42, 2005.
- TITO, M. R. Guia para determinação de carbono em pequenas propriedades rurais. **ICRAF**, 2009.
- TURNER, R. K.; DAILY, G. C. The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation. *Environmental and Resources Economics*, v, 39, 25-35, 2008.
- VAN HEERWAARDEN, L. M.; TOET, S.; AERTS, R. Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions. **Oikos**. 101:664–669, 2003.
- VAZ, P. P. Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21 n. 207, p 75-81, 2000.
- VIANA, V. M.; MATOS, J. C. S.; AMADOR, D. B. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável no Brasil. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 26., Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- VIEIRA, S., DE CAMARGO, P. B., SELHORST, D., DA SILVA, R., HUTYRA, L., CHAMBERS, J. Q., BROWN, F. I., HIGUCHI, N., DOS SANTOS, J., WOFYSY, S. C., TRUMBORE, S. E., & MARTINELLI, L. A. (2004). Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. **Oecologia**, 140(3), 468-479.
- VILAR, M. B. Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Viçosa, 2009.



VITOUSEK, P.M.; CASSMAN, K.; CLEVELAND,C.; CREWS,T.; FIELD, C.B.;GRIMM, N.B.;HOWARTH, R.W.; MARINO, R.; MARTINELLI, L.; RASTETTER, E.B.; SPRENT, J.I. Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 57, n. 1, p. 1-45, 2002.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 14, p. 9-11, maio/jun 2002.

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., In: **ICRAF Science and Praticce of Agroforestry**, n.4. Wallingford: CAB Internatonal, 275p, 1991.