



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**EFEITO DA MANIPULAÇÃO DA SERAPILHEIRA SOBRE AS
CONCENTRAÇÕES DE CARBONO E NITROGÊNIO DA SERAPILHEIRA EM
VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA, AMAZÔNIA ORIENTAL.**

MAYRA PILONI MAESTRI

BELÉM

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**EFEITO DA REMOÇÃO DA CAMADA DE SERAPILHEIRA SOBRE AS
CONCENTRAÇÕES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM VEGETAÇÃO
SECUNDÁRIA, AMAZÔNIA ORIENTAL.**

MAYRA PILONI MAESTRI

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, com área de concentração em Manejo de ecossistemas florestais, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira
Coorientador: Lívia Gabrig Turbay Rangel Vasconcelos

BELÉM

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

EFEITO DA MANIPULAÇÃO DA SERAPILHEIRA SOBRE AS CONCENTRAÇÕES DE CARBONO E NITROGÊNIO DA SERAPILHEIRA EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA, AMAZÔNIA ORIENTAL.

MAYRA PILONI MAESTRI

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais: área de concentração Manejo de Florestas Nativas e Plantadas, para obtenção do título de Mestre.

Julgado em, 01 de março, 2016.

BANCA EXAMINADORA

Vanda Andrade
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
(1º examinador)

Rodrigo do Vale
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
(2º examinador)

Cristine Bastos do Amarante
Museu Paraense Emilio Goeldi
(3º examinador)

DEDICATÓRIA

À minha família: papai (João Régis Dalla Maestri), mamãe (Solange Piloni Maestri), Felipe, Alvino, Régis, João Neto, Júlia, Sofia, Cerly, Fernanda e Karen.

Ao meu noivo, Cadu.

À minha família postiça: tia Nazaré, Gladys, Eduardo e Geany.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Programa de Ciências Florestais.

Ao meu orientador e professor Francisco de Assis Oliveira que sempre nos ensinou a levar a vida com muita alegria: obrigada pela oportunidade e aprendizado.

As professoras doutoras: Vanda, Iracema e Lívia, que sempre estiveram dispostas a ajuda perante minhas inúmeras falhas.

Ao Projeto Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (MANFLORA), financiado pelo projeto “Produtividade de florestas secundárias na Amazônia oriental: o papel da disponibilidade de água no solo”, CNPq (Número do Processo: 477806/2007-4) sob liderança de Steel Silva Vasconcelos (Embrapa Amazônia Oriental).

Ao Osorio Oliveira (in memorian), Glebson Sousa, Evandro da Silva e Paulo Alencar pelo apoio no campo, Raimundo Nonato da Silva (UFRA) e Débora Aragão, pelo apoio logístico, e Wilson Oliveira, Alexandre Modesto, Ana Júlia Amaral, Ronaldo Oliveira, Gizelle Benigno e Tâmara Lima pela ajuda no processamento da serapilheira.

A CAPES pela bolsa de estudos.

Ao seu Paulo Sarmiento pela dedicação, paciência, gentileza e conhecimento e a pesquisadora Cristina Amarante, do Museu Paraense Emilio Goeldi.

A todos meus amigos.

Muito obrigada também, àqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a elaboração desta pesquisa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de serapilheira em diversos ecossistemas florestais na Amazônia brasileira.	34
Tabela 2: Histórico do aporte de serapilheira do Projeto Manflora nos anos de 2000, 2006 e 2008.....	35
Tabela 3: Valores mensais do aporte da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.	35
Tabela 4: Aporte médio anual de carbono em diversos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira.....	40
Tabela 5: Aporte médio anual de nitrogênio em diversos ecossistemas florestas da Amazônia brasileira.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área experimental na região do médio Apeú, nordeste do Pará, Amazônia Oriental.....	23
Figura 1: Dados mensais dos parâmetros climáticos da Estação climatológica de Castanhal, 2008.....	24
Figura 3: Arranjo experimental com as parcelas do tratamento controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora.....	26
Figura 4: Procedimento de remoção da serapilheira, Projeto Manflora.....	27
Figura 5: Coletor alocado nas parcelas experimentais, Projeto Manflora.....	28
Figura 6: Quantificação da amostra em Erlenmeyer (A), Adição de potássio e ácido sulfúrico (B), Queima do material vegetal no Bico de Bunsen (C) e Titulação com sulfato ferroso amoniacal (D).....	29
Figura 7: Pesagem do material vegetal em balança analítica (A), Material vegetal colocado no bloco digestor (B), Material vegetal digerido (C), Filtragem do material digerido (D), Destilação do Nitrogênio (E) e Titulação do nitrogênio (F).....	31
Figura 2: Relação da serapilheira no tratamento controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora.....	33
Figura 3: Relação entre aporte da serapilheira com a precipitação e temperatura, área experimental do Projeto Manflora, UFRA, Castanhal, Pará, 2008.....	38
Figura 4: Aporte médio mensal de carbono nos tratamentos controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.....	39
Figura 5: Aporte médio mensal de nitrogênio nos tratamentos controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.....	41

SUMÁRIO

R E S U M O	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVO GERAL	13
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	14
2.2 SERAPILHEIRA	16
2.4 MANIPULAÇÃO DE NUTRIENTES	17
2.4.1 CARBONO	18
2.4.2 NITROGÊNIO	20
3. ÁREA DE ESTUDO	21
3.1 LOCALIZAÇÃO	21
3.2 CLIMA	23
3.3 SOLO	24
3.4 VEGETAÇÃO	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
4.2 PROCEDIMENTOS DE CAMPO	26
4.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. MASSA	32
5.2. NUTRIENTES	38
6. CONCLUSÃO	43
7. REFERÊNCIAS	43

RESUMO

A avaliação da influência da remoção da camada de serapilheira nas concentrações de carbono e nitrogênio da serapilheira foi realizada na Estação de Piscicultura de água doce (EPAD), no município de Castanhal (1°19 'S, 47°57' W), durante o período de Janeiro a Dezembro de 2008 em vegetação secundária 21 anos como parte do Projeto Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (Manflora). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com tratamento fatorial 2x12, considerando dois tratamentos, controle e remoção quinzenal da serapilheira, e doze meses de monitoramento do ano de 2008, totalizando 24 tratamentos. Cada unidade de amostra foi composta por 20 x 20 m parcelas, com a área de amostragem de 10 m x 10 localizado na parte central e contendo três coletores 1m² cada de serapilheira. Os dados foram submetidos a teste de normalidade, posteriormente análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ($t < 0,05$). O aporte médio anual foi de 6,65 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira no tratamento controle e 6,24 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na remoção quinzenal da serapilheira, sem diferença estatística entre os tratamentos ($p = 0,079030$). No entanto, o aporte apresentou-se sazonal ($p = 0,000000$), com picos de produção em julho com uma média mensal de 1,03 e 0,91 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ nos tratamentos controle e remoção, respectivamente, correspondente ao final do período chuvoso e início da estação menos chuvosa. A devolução média anual dos nutrientes carbono e nitrogênio foi de 3,01 e 0,12 Mg há⁻¹ ano⁻¹ no tratamento controle e na remoção os valores foram de 2,74 e 0,10 Mg há⁻¹ ano⁻¹ com picos de aporte também em julho. O estudo apresentou significância estatística quanto ao manejo para ambos os tratamentos ($p=0,012011$ e $0,004111$) e meses de coleta ($p=0,000000$ e $0,000000$).

Palavras-chave: Floresta Amazônica, Floresta secundária, Ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

The evaluation of the removal of the litter layer on the carbon and nitrogen litter concentrations was conducted in freshwater fish farming station (EPAD), in the municipality of Castanhal (1°19' S, 47°57' W) during the period January-December 2008 in secondary vegetation 21 years as part of the Water Handling Project and secondary Nutrients in Forest Ecosystem in Eastern Amazonia (Manflora). The design was a randomized block with factorial treatment 2x12 considering two treatments, control and fortnightly removal of litter, and twelve months of 2008 monitoring, totaling 24 treatments. Each sample unit was made up of 20 x 20 m plots with the sampling area of 10 m x 10 located in the central part and containing three collectors 1m² each litter. The data were submitted to normality test later analysis of variance and comparison of means by Tukey test ($t < 0.05$). The average annual contribution was 6.65 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in the treatment of litter control and 6.24 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in the fortnightly removal of litter, with no statistical difference between treatments ($p = 0.079030$). However, the contribution made to seasonal ($p = 0.000000$), with production peaks in July with a monthly average of 1.03 and 0.91 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in the treatment control and removal, respectively, corresponding to the end of the rainy season and early rainy season less. The average annual return of carbon and nitrogen nutrients was 3.01 and 0.12 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in the treatment and control in removing the values were 2.74 and 0.10 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ with contribution peaks also in July. The study showed statistical significance on the management for both treatments ($p = 0.012011$ and 0.004111) and sampling months ($p = 0.000000$ and 0.000000)

Keywords: Amazon forest, secondary forest, cycling nutrients.

1.INTRODUÇÃO

Até a década de 50, a ocupação da Amazônia se restringia à região litorânea e às faixas existentes de terras ribeirinhas. A extração das “drogas do sertão” - frutas, sementes, raízes e outras plantas que tinham finalidades medicinais e culinárias - e a coleta da borracha, pouco alteraram este quadro, uma vez que eram atividades extrativistas. Entre 1920 e 1930, iniciaram-se as migrações nordestinas de exploração da borracha para atender a indústria automobilística internacional, intensificando-se em 1950 a 1960 devido às primeiras medidas do Estado para o povoamento da Amazônia, criando a SPVEA – Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia - e abertura da rodovia Belém-Brasília. Na década de 1970, houve um avanço significativo no desmatamento de florestas primárias para implantação de áreas de cultivos e principalmente pastagens (Veríssimo *et al.* 2014).

Estudos revelam que a proporção do desmatamento em função da distância das estradas seguem, normalmente, padrões exponenciais dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR 010, Belém-Brasília, BR 364, Cuiabá-Porto Velho e PA 150 (Ferreira, 2001; Nepstad *et al.*, 2001). E o sistema de produção tradicional da Amazônia, conhecido como agricultura itinerante de corte e queima, tendo como principal função acumular biomassa e nutrientes para atender a demanda nutricional das culturas agrícolas (SCHROTH; LEHMANN, 2003) e proporcionar a correção da acidez do solo com as cinzas (Varma, 2003; Denich *et al.*, 2004) seja o responsável por 30 a 35% do desmatamento na região amazônica (Serrão; Nepstad; Walker, 1996), uma média de abertura de um a dois hectares por pequeno produtor anualmente (Homma *et al.*, 1998).

No primeiro levantamento realizado pelo Projeto TerraClass (2010), levando em conta o desmatamento acumulado até 2008 na Amazônia, a vegetação secundária consistia em 21% (150.815,31 km²) e, em 2009, do total de 739.672,54 km² de desflorestamento acumulado, 22% (165.229,31 km²) das áreas foram abandonadas e estavam em processo de regeneração. Segundo o Inpe (2010), até o ano de 2012 a área desmatada na Amazônia era de, aproximadamente, 750 mil km² e a área coberta por capoeiras de 170.000 km². Atualmente, estima-se que existam aproximadamente 763.000 km² de áreas abertas na Amazônia- ou cerca de 20% do bioma Amazônia (Nobre, 2014). No nordeste paraense, área de colonização mais antiga do Estado, dados afirmam que

90% da cobertura florestal original foi convertida em vegetação secundária (Wagner, 1995). Devido à grande perda de florestas primárias nos trópicos, as florestas em sucessão podem ser consideradas como parte das florestas do futuro e exercerão papel fundamental na conservação dos ecossistemas.

As mudanças na temperatura, umidade e disponibilidade de luz criam novos habitats que são ocupados por espécies que diferem quanto aos níveis de requerimentos (Mesquita *et al.*, 1999; Tabarelli *et al.*, 1999). Estes impactos mudam a composição das comunidades, as quais iniciam processos de sucessão secundária. Nesta situação, não somente a composição de espécies, mas também a dinâmica da floresta passa a ser diferente das florestas primárias (Nascimento *et al.*, 2005).

A sustentabilidade e o desenvolvimento desses ecossistemas sucessionais, entre outros fatores, estão associados com a estabilidade do balanço de nutrientes em curto, médio e longo prazo. Os elementos químicos, incluindo todos os elementos essenciais para a vida, tendem a circular na biosfera em caminhos característicos, que vão do ambiente para os organismos e de volta para o ambiente. Esses caminhos circulares dependem dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico (Delitti, 1995), sendo a Ciclagem de Nutrientes a área da Ciência que os estudam (Odum & Barrett, 2007). De acordo com SHUMACHER *et al.* (2004), cada ecossistema possui um padrão de ciclagem particular, tornando-se, com isso, de fundamental importância estudos sobre ciclagem realizados com diferentes espécies em ambientes variados.

Os solos Amazônicos apresentam baixa fertilidade natural, de forma que as espécies vegetais precisam contar com a ciclagem de nutrientes para seu pleno desenvolvimento (Dalmolin *et al.*, 2009). A serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes da biomassa florestal para o solo (ODUM, 1972), para onde os mesmos são liberados por meio da mineralização do material orgânico em decomposição, de modo que se tornam novamente disponíveis para as plantas determinando, assim, a capacidade produtiva e o potencial de recuperação ambiental do ecossistema e das espécies (Cullings *et al.*, 2003; Shumacher *et al.*, 2004). Assim, a deposição de matéria orgânica proveniente da fitomassa na superfície do solo é capaz de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, quando comparado com os sistemas onde os resíduos vegetais são removidos da superfície do solo (Bellote *et al.*, 2008; Pavinato & Rosolem, 2008; Leite *et al.*, 2011).

A importância da serapilheira para a entrada de nutrientes no solo, com sua consequente disponibilização para as plantas em virtude da decomposição e mineralização, já é conhecida em florestas tropicais (Clark *et al.*, 2001; Celentano *et al.*, 2011), baseado, em estimativas da concentração e aporte de nutrientes na serapilheira anualmente produzida (Dezzeo & Chacón, 2006; Wood *et al.*, 2009). Este tipo de estudo também foi realizado no Brasil (Ribeiro, 2007; Souza, 2012), contudo, são muito poucos os resultados provenientes de estudos que enfocaram a remoção da serapilheira para investigar o seu papel direto na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais sucessionais tropicais (Rangel-Vasconcelos, 2002; Vasconcelos *et al.* 2008; Wood *et al.*, 2009; Sayer e Tunner, 2010; Ferreira, 2010; Ramos, 2011).

Objetivando o melhor entendimento da ciclagem de nutrientes em ambientes de floresta secundárias, segue o problema: Qual o efeito da remoção da camada de serapilheira sobre as concentrações de carbono e nitrogênio em vegetação secundária da Amazônia Oriental? Para tentar explicar a questão levantada foi proposta a seguinte hipótese: A sustentabilidade de um ecossistema florestal está associada com o equilíbrio do balanço nutricional dado pelo retorno de nutrientes e matéria orgânica à superfície do solo pela serapilheira. Com isso, acredita-se que a manipulação de nutrientes pela remoção da serapilheira, afeta as concentrações de carbono e nitrogênio dos fluxos de serapilheira quando comparado com sistemas produtivos onde esta camada foi conservada.

1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar o efeito da remoção da camada de serapilheira em vegetação secundária de 21 anos.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Quantificar a produção anual da serapilheira em uma vegetação secundária submetida à manipulação de nutrientes.

- Determinar o conteúdo nutricional de carbono e nitrogênio da serapilheira produzida em uma vegetação secundária submetida à manipulação de nutrientes.

- Verificar o efeito da sazonalidade da temperatura e precipitação nas características quantitativas e qualitativas da serapilheira produzida em vegetação secundária submetida à manipulação de nutrientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

Segundo GLENNLEWIN & VAN DER MAAREL (1992), sucessão secundária é o reaparecimento de uma vegetação preexistente após um distúrbio, comumente a partir do banco de sementes e, ou, de plântulas existentes no solo. Para LAMPRECHT (1990), a designação floresta secundária abrange todos os estádios de sucessão, desde a floresta que se instala em superfícies sem vegetação até ao estágio de floresta clímax. BROWN & LUGO (1990) definem floresta secundária como aquela formada em consequência da ação humana sobre áreas florestais, excluindo-se as plantações. FINEGAN (1992) restringe a definição àquelas florestas formadas após corte raso. Para CORLETT (1994), o termo floresta secundária deve estar restrito aos efeitos que interrompem a continuidade da floresta primária, levando a modificações estruturais e/ou florística. A Resolução N° 10 de 1° de outubro de 1993 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define sucessão secundária como a vegetação resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária (Ventura & Rambelli, 1996).

O conceito de floresta secundária não é claro quanto à natureza do distúrbio de sua formação. Porém, é evidente que o distúrbio, seja ele qual for, deverá provocar modificações estruturais e, ou, florísticas na floresta primária. Dentre os distúrbios,

podem-se citar: exploração para fins energéticos, madeireiros, caça, ventos, furacões, terremotos, agricultura e pecuária.

Numa definição ampla, floresta em sucessão, ou secundária, ou capoeira, é a vegetação arbórea arbustiva que se desenvolve através da regeneração natural, após um distúrbio, alterando a composição e dinâmica das comunidades, que elimina mais de 90% da cobertura vegetal originária (Nascimento *et al.*, 2005). Distingue-se de uma floresta primária, ou floresta de crescimento antigo, por esta não ter sofrido tais interrupções, rápido crescimento, presença de espécies pioneiras de vida curta, com dispersão anemocórica e zoocórica. Apresentando, segundo Richards (1998), a primeira fase dominada por ervas daninhas e gramíneas de ciclo de vida curto e a segunda fase por herbáceas e arbustos.

Um aspecto chave no estudo das florestas secundárias é o histórico de uso da área e maneira como a floresta primária foi removida, tamanho da clareira artificial formada, conectividade dos fragmentos vegetacionais (Metzger *et al.*, 2009), condições das áreas vizinhas, como estado de preservação e grau de isolamento (Laurence *et al.*, 2002;), diversidade funcional das comunidades de plantas e animais existentes nestas florestas secundárias (Bihn, 2008) e da distância à floresta primária (Dunn, 2004). As trajetórias de utilização de cada área vão influenciar a recuperação do ecossistema, dependendo dessa trajetória a recuperação poderá ser muito mais lenta.

Na Amazônia brasileira elas se desenvolvem lentamente após o abandono de áreas de cultivo com culturas anuais, cultivos perenes ou pastagens degradadas, onde o solo se tornou compacto, pobre em nutrientes, biota, fonte de sementes e outros processos que favorecem a regeneração e que são deixadas para se regenerar, com objetivo de recuperar a fertilidade do solo. A maioria dos dados publicados sobre vegetação secundária na Amazônia são oriundos de áreas abandonadas pela atividade agrícola (Fearnside, 2013).

As florestas em sucessão contribuem na recuperação da biodiversidade, redução das perdas potenciais de nutrientes pela erosão e lixiviação, redução da inflamabilidade da paisagem, restabelecimento das funções hidrológicas das florestas primárias, absorção e estoque do carbono da atmosfera (Nepstad *et al.*, 2001) e conservação da biodiversidade que ali se encontra (Maia, 2004).

Em estudos em Capitão Poço, VIEIRA, *et al.*, (1996), identificaram 150 espécies vegetais nas capoeiras, onde os agricultores coletam plantas medicinais e cortam lenha para fabricar carvão, até a floresta ser removida para ser plantado novos cultivos. Em Bragança foram identificadas 173 espécies de 50 famílias botânicas entre árvores, arbustos, cipós e subarbustos em uma capoeira de quatro a cinco anos (Denich, 1991). Além de poderem atuar como fontes sumidouros de carbono, pois as árvores absorvem carbono durante a fotossíntese e estocam o excesso na forma de biomassa (Nobre, 2001; Higuchi *et al.*, 2004). Em tempos de mudanças climáticas globais e destruição de áreas verdes, essas áreas não podem ser omitidas e seu papel na biosfera precisa ser mais bem estudado.

2.2 SERAPILHEIRA

A capacidade da Floresta Amazônica em desenvolver-se sobre solos com baixa disponibilidade de nutrientes e com grande produção de biomassa deve-se à eficiente deposição e rápida liberação dos elementos minerais mediante a decomposição da serapilheira, mineralização dos nutrientes e reabsorção através de raízes superficiais (Clark *et al.*, 2001). E o seu monitoramento é uma maneira de se estimar a produtividade nestes ecossistemas (Köhler *et al.*, 2008; Aragão *et al.*, 2009).

Materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como folhas, cascas, ramos, troncos, gravetos, flores, inflorescências, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis fazem parte da serapilheira (Costa *et al.*, 2010), também denominada de liteira, folheto ou litter (Diniz & Pagano, 1997).

Segundo CALDEIRA *et al.* (2008), seu acúmulo varia em função de diversos fatores como idade do povoamento, espécie, estágio sucessional, época de coleta, condições edafoclimáticas, manejo silvicultural, taxa de decomposição, distúrbios naturais ou artificiais, entre outros, principalmente com as condições climáticas.

O padrão de deposição da serapilheira ao longo do ano é bastante diversificado. Enquanto em florestas decíduas temperadas ocorre a queda total do material em um curto período de tempo, nas florestas tropicais o fluxo é contínuo, variando apenas as quantidades produzidas nas diferentes épocas do ano (Moraes, 2002). Essa sazonalidade

está ligada a fenologia das espécies, principalmente ao processo de senescência das folhas, bem como, aos estímulos ambientais, tais como fotoperíodo, temperatura e estresse hídrico (Andivia *et al.* 2010).

Seu estudo qualitativo e quantitativo é importante para se conhecer o funcionamento dos ecossistemas florestais (Alves *et al.*, 2005), pois a qualidade do sítio florestal é resultado da interação de todos os fatores que afetam a capacidade produtiva do local, incluindo os fatores climáticos, edáficos e biológicos (CÉSAR, 1991).

Devido à importância da serapilheira no funcionamento de ecossistemas florestais nativos ou plantados, muitos pesquisadores têm realizado estudos, visando caracterizar a dinâmica de sua produção, decomposição e o retorno de nutrientes ao solo (Pagano e Durigan, 2000; Toledo *et al.*, 2002; Aidar e Joly, 2003, Araújo *et al.*, 2006). Segundo BORMANN E LIKENS (1994), é possível inferir sobre a qualidade de um ecossistema, no que diz respeito às diversidades estruturais e funcionais, através do estudo da serapilheira. Para tanto, utilizando-se de uma metodologia simples, não destrutiva, de baixo custo e relativamente padronizada de avaliar a produtividade florestal e, quando associado a outras variáveis, permite observar e analisar a resposta da floresta às tensões sofridas quer sejam elas bióticas ou abióticas (White *et al.*, 2012). Além de auxiliar estudos de diagnose ambiental e de avaliação de impactos naturais e antrópicos, permitindo a comparação de comunidades (Leitão Filho, 1993) devida sua capacidade em responder às modificações ambientais pelo seu potencial de “indicador de reação”. Uma vez que a principal via de retorno de nutrientes e matéria orgânica à superfície do solo é a produção e decomposição desta (Pagano & Durigan, 2000), exercendo importante papel na recuperação do ecossistema após alteração (GOSZ *et al.*, 1976).

2.4 MANEJO DA SERAPILHEIRA

A ausência da camada de serapilheira pode causar grandes efeitos nas propriedades físicas e químicas do solo através da compactação, escoamento, erosão, lixiviação (Carneiro *et al.*, 2014), GOMEZ *et al.* (2002) mencionam que a compactação

do solo impede o desenvolvimento e a expansão das raízes das plantas, prejudicando assim a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade. WILLMS et al. (1986) descreveram também que a ausência da camada de serapilheira provoca redução na capacidade de retenção de água no solo, e grandes variações de temperatura (Ponge et al., 1993) e que tais variações podem ser bastante drásticas, podendo afetar o balanço de carbono na floresta, influenciando na taxa de decomposição e ciclagem de nutrientes (Ogee & Brunet, 2002; Maia, 2015). Segundo Mo et al. (2003), o aumento dos níveis do conteúdo de carbono do solo, de um ecossistema submetido a manipulação de serapilheira, foi detectado somente após 10-15 anos da remoção ter sido cessada.

Na Polônia e no Panamá, Dzwonko & Gawronski (2001) e Sayer et al., (2010), avaliaram o efeito da remoção da serapilheira em floresta tropical e concluíram que a ciclagem dos nutrientes no solo é alterada pela retirada da camada de serapilheira.

Mas na verdade existe uma grande carência de estudos sobre o manejo da serapilheira enfocando a dinâmica nutricional quando comparamos as regiões de clima tropical (Freitas, 2008; Wood et al., 2009; Sayer e Tanner, 2010; Silva, 2011; Villalobos-Vega et al., 2011) com as de clima não tropical (Lopez-Zamora et al., 2001; Dzwonko e Gawronski, 2002a; Matsushima e Chang, 2007; Hofmeister et al., 2008; Xiong et al., 2008; Turner e Lambert, 2011).

2.4.1 CARBONO

Atualmente, as mudanças climáticas globais são uma das maiores preocupações ao nível mundial. Desde a revolução industrial houve uma elevação de mais de 20% na concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (Lal et al., 1998) em decorrência da utilização de combustíveis fósseis (gás natural, carvão mineral e especialmente petróleo) e mudanças no uso da terra (desmatamento e queimadas) com conseqüente conversão de sistemas naturais ricos em carbono em sistemas pobres neste elemento.

A Amazônia exerce papel de destaque no contexto das mudanças climáticas, pois é um grande reservatório de carbono. Essa característica pode ser vista tanto como uma oportunidade, caso comunidades e países recebam incentivos para manterem suas florestas em pé, como uma ameaça, caso o carbono seja emitido para a atmosfera.

Segundo Houghton (1990), a vegetação das florestas tropicais, ao contrário das demais, tem maior quantidade de carbono que o solo que as sustentam.

Segundo os dados do SEEG 2015, o Brasil emitiu no ano de 2014 aproximadamente 1,558 bilhão de toneladas de gás carbônico equivalente (t CO₂e), uma redução de 0,9% em relação ao 1,571 bilhão de toneladas emitidas em 2013.

O efeito estufa é um fenômeno natural fundamental para manutenção da vida na Terra, pois sem ela o planeta poderia se tornar muito frio, inviabilizando a sobrevivência de diversas espécies, o qual corresponde a uma camada de gases que cobre a superfície da terra composta, principalmente, por gás carbônico (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e vapor d'água que agem como isolantes por absorverem parte da energia irradiada pela superfície terrestre na atmosfera, como resultado da radiação emitida pelo sol, impedindo que o calor escape de volta para o espaço. Se intensificado em demasia, poderá causar uma série de desequilíbrios ambientais, podendo culminar com o derretimento das calotas polares e a conseqüentemente a inundação de áreas litorâneas (Odum, 1988).

A assimilação do carbono pela vegetação é feita através da fotossíntese, onde o gás carbônico (CO₂) e água (H₂O) são usados para a síntese de carboidratos, geralmente a glicose, tendo a liberação de oxigênio (O₂) para o meio. A taxa de assimilação do carbono é determinada pelas características bioquímicas, fisiológicas e morfológicas da maquinaria fotossintética (De Lucia et al., 2003), que variam com as condições ambiente preponderantes durante o crescimento, tais como irradiância, temperatura, CO₂ e suprimento de água e nutrientes (Mohotti; Lawlor, 2012).

Por outro lado, os vários organismos, tanto plantas como animais, emitem carbono para a atmosfera mediante o processo de respiração. Esse processo consiste na absorção do oxigênio atmosférico para converter carboidrato e outros constituintes celulares em dióxido de carbono e água, tendo liberação simultânea de energia. Assim, a respiração provoca um aumento no teor de dióxido de carbono (CO₂) e decréscimo de matéria orgânica e oxigênio (Hall & Rao, 1980).

Fórmula respiração:



Fórmula fotossíntese:



A concentração de carbono na atmosfera é resultado do balanço entre as fontes e sumidouros nos ecossistemas (Roscoe, 2003). Sendo assim, a regulação nos teores de O_2 e CO_2 da atmosfera se dá devido a taxa de fotossíntese nos tecidos verdes dos vegetais ser cerca de 30 vezes maior que a taxa de respiração nos mesmos tecidos (Hall & Rao, 1980).

A biomassa florestal serve como fonte energética e acumuladora de poluentes nocivos a qualidade de vida do planeta e a conservação de florestas naturais, o reflorestamento e um bom manejo das plantações florestais são os principais métodos para a fixação do carbono atmosférico (Sanquetta, 2002) uma vez que, é facilmente manejável quando comparado ao carbono existente na atmosfera, solo, combustíveis fósseis e oceanos (Schumacher et al., 2002). Com isso, é crescente o interesse nas florestas em relação a fixação do carbono, devido a capacidade de remover o dióxido de carbono da atmosfera (Nutto et al., 2002) e estocar em sua biomassa.

2.4.2 NITROGÊNIO

Apesar de 80% da atmosfera ser constituída de nitrogênio, a grande maioria dos organismos é incapaz de utilizá-lo, devido a tripla ligação existente entre os dois átomos do N_2 , que é uma das mais fortes de que se tem conhecimento na natureza. Apenas alguns tipos de bactérias do gênero *Rhizobium* e certos fungos conseguem capturá-lo na forma gasosa e utiliza-lo na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas devido possuírem uma enzima chamada dinitrogenase, capaz de romper a tripla ligação do N_2 . Esses microrganismos vivem em nódulos nas raízes das plantas, estabelecendo uma relação de mutualismo, ou seja, eles recebem proteção das plantas e em troca fornecem um farto suprimento de nitrogênio na forma aproveitável (NH_3).

A transformação do nitrogênio gasoso (N_2) em substâncias aproveitáveis pelos seres vivos como a amônia e o nitrato (N_3 e NO_3) recebe o nome de fixação e os

organismos responsáveis são as bactérias que retiram o nitrogênio do ar fazendo com que este reaja com o hidrogênio. Outra forma de fixação de nitrogênio é a fixação industrial, realizada por indústrias de fertilizantes, onde se consegue uma elevada taxa de fixação. Parte da amônia presente no solo é originada pelo processo de fixação e a outra pelo processo de decomposição das proteínas e resíduos nitrogenados contidos na matéria orgânica morta e nas excretas realizada por bactérias e fungos.

O nitrogênio (N) se mostra como um dos elementos de caráter fundamental na composição dos sistemas vivos devido ser constituinte de importantíssimas moléculas orgânicas, como as proteínas, aminoácidos e ácidos nucleicos, e componente de um nucleotídeo essencial, o ATP (Taiz; Zeiger, 2009). Ainda faz parte da molécula de clorofila e auxilia nas reações de síntese proteica (Raij, 1991; Tisdale *et al.*, 1993), quando inibida, por consequência resulta na redução do processo de divisão celular limitando o crescimento das plantas (Malavolta *et al.*, 1989).

Deficiência de N reduz o teor de clorofila, o que se manifesta na planta por uma clorose foliar, comprometendo o processo fotossintético e reduzindo a eficiência fotossintética (Marengo; Lopes, 2005). De um modo geral, a capacidade fotossintética das plantas depende da disponibilidade de nitrogênio.

Assim, o nitrogênio proporciona respostas positivas sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o nutriente que mais limita o crescimento vegetal (Chapin *et al.*, 1987).

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado no âmbito do Projeto Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (MANFLORA) resultante da parceria entre a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e a Universidade da Flórida (UFL) em um fragmento de floresta secundária da Estação de

Piscicultura de Água Doce (EPAD), na bacia do Rio Praiquara (1°19' S, 47°57' W), rio Apeú, Castanhal (PA), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Figura 1. A pesquisa teve início em agosto de 1999, quando a regeneração da floresta tinha 12 anos de idade e tinha como objetivo determinar de que forma as mudanças na disponibilidade de recursos afetavam o crescimento de florestas secundárias.

A área de estudo se caracteriza por apresentar intensas alterações antrópicas dos ecossistemas naturais onde existia uma floresta tropical úmida, mas cerca de 90 anos de impactos antrópicos resultaram em um mosaico de fragmentos de florestas secundárias de diferentes idades, terras de cultivo agrícola e pastagens. O povoamento em estudo foi modificado devido à agricultura itinerante que inclui os ciclos do cultivo de milho,

mandioca e feijão, por 1 a 2 anos seguido de pousio, e abandonado em 1987.

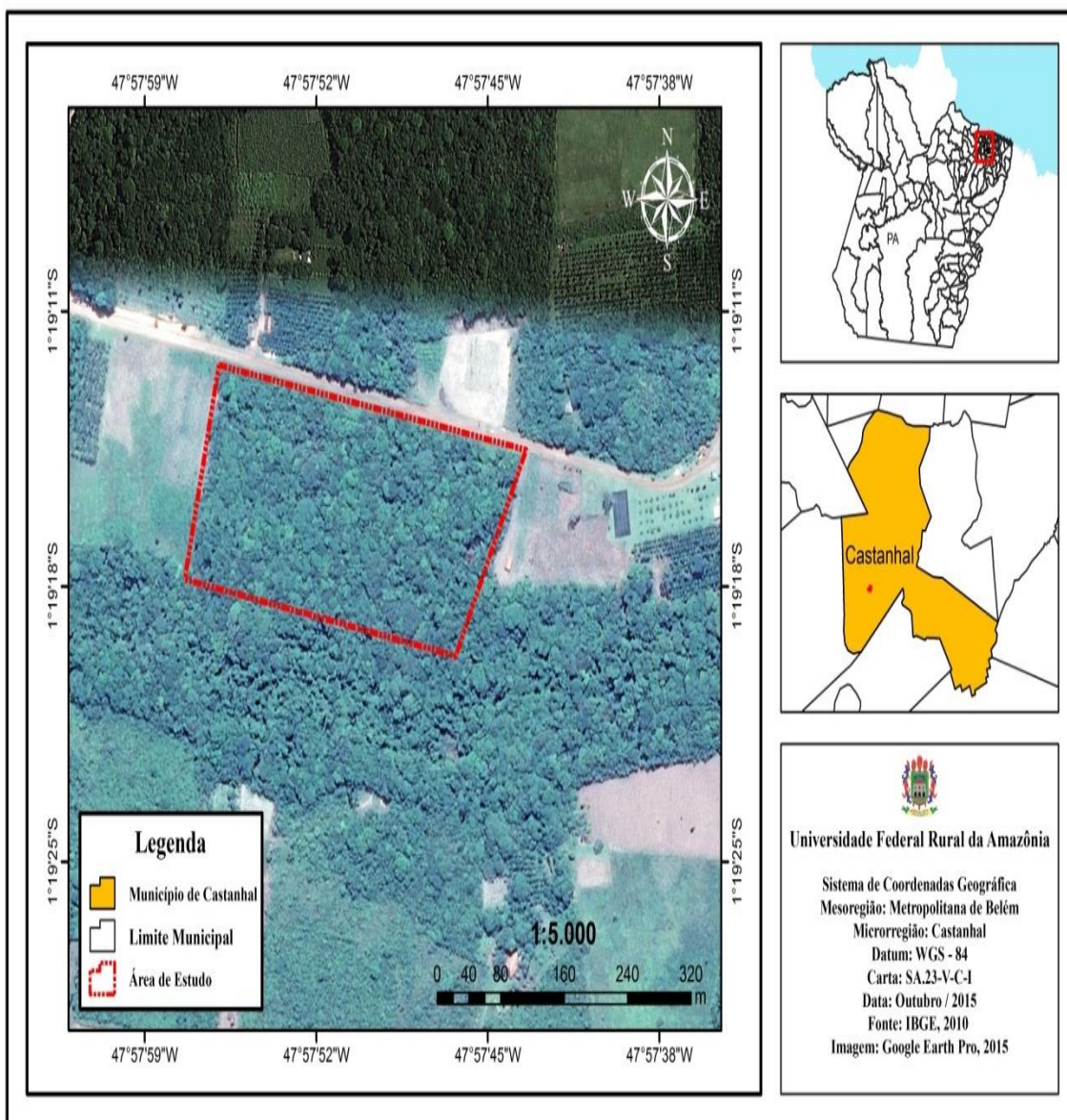


Figura 6: Área experimental na região do médio Apeú, nordeste do Pará, Amazônia Oriental.

Fonte: Autora.

3.2 CLIMA

O clima, segundo a classificação de Köppen, atualizado por Alvares (2014) é do tipo Afi, clima tropical chuvoso sem estação seca, com precipitação pluviométrica anual de 2000-2500 mm; 70-90% da precipitação anual ocorrem entre janeiro a julho. A

temperatura média diária do ar varia entre 24,7 a 27,3 °C, com máxima de 30,1 a 32,7 °C e mínima de 19,2 a 24,2 °C, umidade relativa do ar apresentando valores médios anuais que variam de 78 a 90% (Martorano; Pereira, 1993).

Os valores médios mensais de precipitação e temperatura, durante o período de estudo (janeiro a dezembro de 2008), podem ser observados na Figura 2.

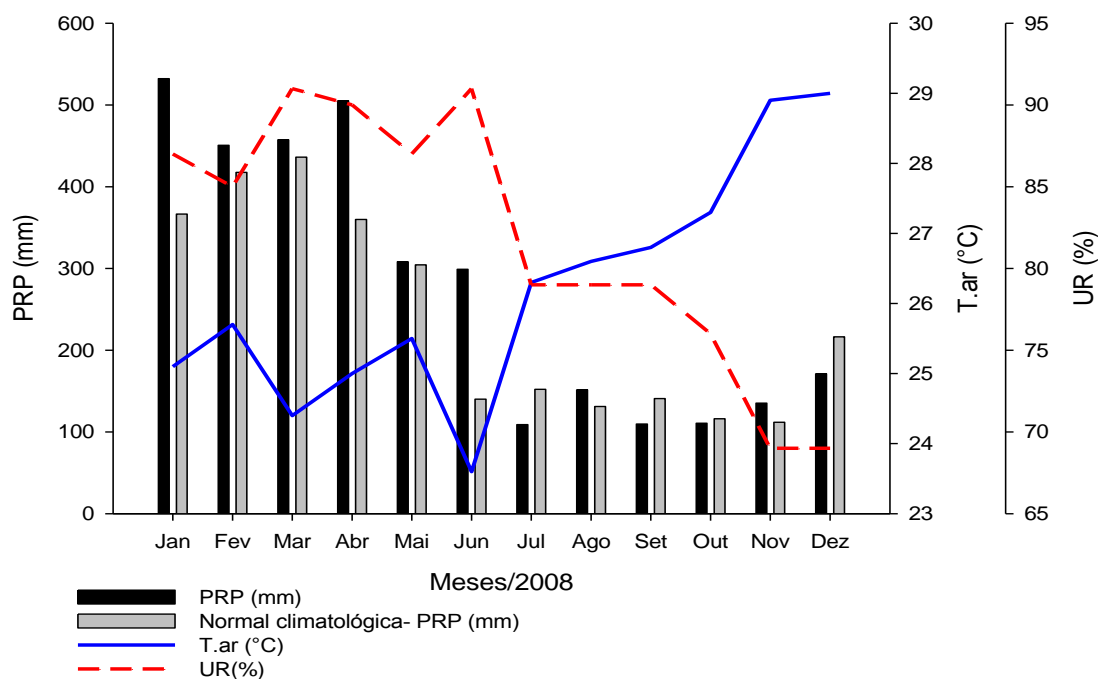


Figura 7: Dados mensais dos parâmetros climáticos da Estação climatológica de Castanhal, 2008.

Fonte: INMET

3.3 SOLO

Os solos são classificados como Latossolo Amarelo distrófico de textura argilosa e concrecionários lateríticos (Tenório et al., 1999), englobando tanto solos com horizonte B textural como B latossólico. Os perfis podem apresentar-se completamente argilosos ou argilo-arenosos no horizonte A e argilosos fortemente ácidos com baixa saturação de bases no B, possuindo boa distribuição de poros e uma estrutura em blocos subangulares ou maciça, mascaradas pelas concreções lateríticas (Brasil, 1974).

3.4 VEGETAÇÃO

De acordo com FERREIRA (2010), foi realizado um levantamento florístico nas parcelas experimentais no início do projeto, em 1999, quando a vegetação secundária tinha 12 anos e outro em 2006, então com 19 anos da vegetação, onde foram medidos indivíduos de espécies arbóreas com diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) \geq 1 cm. Cada árvore medida foi identificada com plaqueta metálica numerada e identificada até o nível de espécie no herbário da Embrapa Amazônia Oriental. O ecossistema dominante apresentou vegetação secundária latifoliada, contendo as seguintes espécies: *Myrcia sylvatica* (G. mey) DC., *Myrcia bracteata* (Rich) DC., *Miconia ciliata* (Rich) DC., *Lacistema pubescens* Mart., *Lacistema aggregatum* (Berg.) Rusby, *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy, *Cupania scrobiculata* Rich. e *Ocotea guianensis* Aubl, que representam 71% da área amostral (Pantoja, 2002). Algumas espécies como, por exemplo, a *Annona paludosa* e *Rollinia exsucca*, ocorre deciduidade durante a estação seca.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi o mesmo do Projeto Manflora: blocos ao acaso com tratamento fatorial 2x12, sendo considerados dois tratamentos, controle e remoção quinzenal da serapilheira, e os doze meses de monitoramento do ano 2008, totalizando 24 tratamentos. Cada unidade de amostra era constituída de parcelas de 20 x 20 m, com uma área de amostragem de 10 x 10 m localizada no centro da parcela, que continham três coletores de 1m² cada de serapilheira, como mostra a Figura 3.

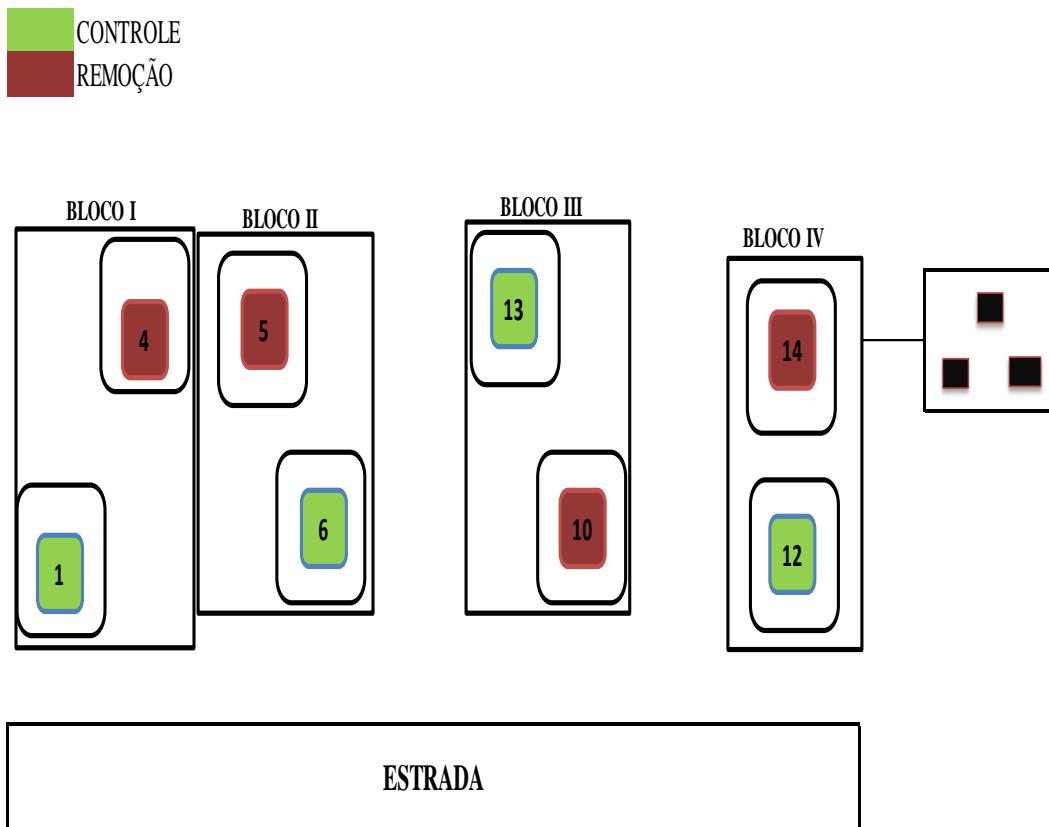


Figura 8: Arranjo experimental com as parcelas do tratamento controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora.

Fonte: Autora.

4.2 PROCEDIMENTOS DE CAMPO

Foram testados dois tratamentos denominados Controle e Remoção da serapilheira. O Sistema de Manejo Controle (SMC) caracteriza-se por nenhuma intervenção no ecossistema, passando a ser utilizado como testemunha. No Sistema de Manejo Remoção (SMR) pela retirada, quinzenalmente, da serapilheira depositada na superfície do solo iniciada em agosto do ano 1999 até o ano da coleta deste trabalho, 2008, Figura 4.



Figura 9: Procedimento de remoção da serapilheira, Projeto Manflora.

Fonte: FERREIRA, A. M. S. D.; 2010.

Para a coleta do aposte da serapilheira foram alocados três coletores de 1 m² (1 m x 1 m) e profundidade de 0,10 m, suspensos do solo a 0,3 m, confeccionado em madeira e tela de náilon (malha de 1mm) em cada parcela. Os coletores foram instalados em áreas selecionadas que apresentava boa cobertura de dossel, homogeneidade das características do ecossistema e ausência de afloração, rochas, raízes e árvores caídas, a fim de que fossem evitadas áreas com drenagem imperfeita e, também, o intuito de diminuir o erro amostral. A frequência de coletas foi realizada semanalmente para minimizar o processo de decomposição das amostras ainda no coletor, Figura 5.



Figura 10: Coletor alocado nas parcelas experimentais, Projeto Manflora.

Fonte: RAMOS, H.M.N., (2011).

4.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

As três amostras provenientes do campo de cada parcela dos dois tratamentos e quatro repetições foram misturadas e formaram uma composta mensal para cada parcela, repetição e tratamento. Depois levadas à secagem em estufa a 60°C, durante 48 horas, pesadas, moídas e, então, permaneceram armazenadas em vidros até serem analisadas no ano de 2015.

Os procedimentos analíticos foram realizados nos Laboratórios da Coordenadoria de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE) do Museu Paraense Emilio Goeldi.

Para análise do carbono, a digestão das amostras foi realizada conforme a metodologia de Kjeldahl, na qual foi retirado 0,1 grama do material moído, colocado em erlenmeyer de 250 ml, adicionado 15 ml de dicromato de potássio a 1,25 molCL⁻¹, agitados levemente, adicionado mais 30 ml de ácido sulfúrico, aquecido no bico de

Bunsen até 150°C, esfriado a temperatura ambiente, adicionado 100 ml de água destilada, 3 gotas do indicador ferroin e titulado com sulfato de ferro a 0,5 mol/L, Figura 6.

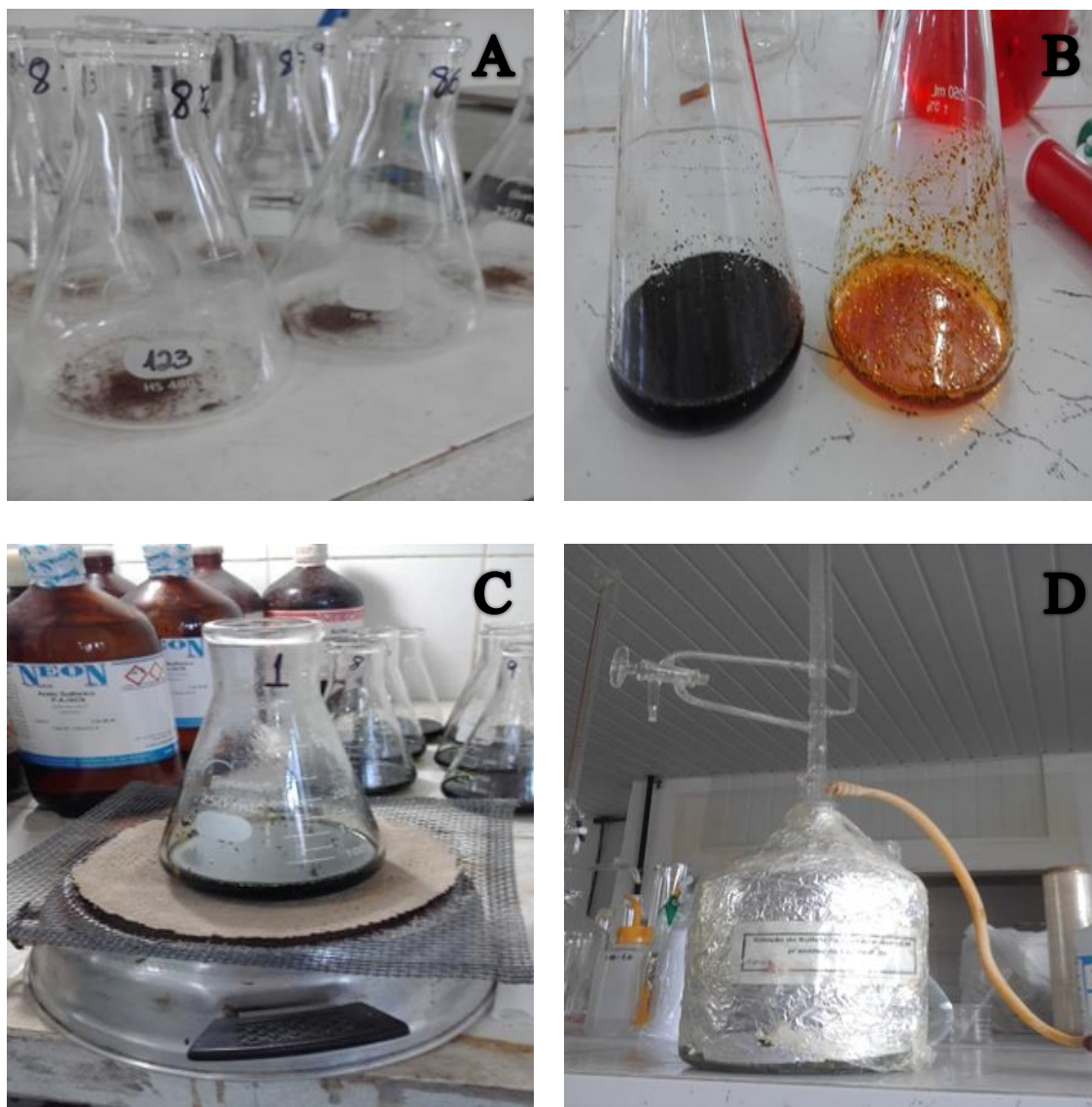


Figura 11: Quantificação da amostra em Erlenmeyer (A), Adição de potássio e ácido sulfúrico (B), Queima do material vegetal no Bico de Bunsen (C) e Titulação com sulfato ferroso amoniacal (D).

Fonte: Autora

Para análise do nitrogênio, a digestão das amostras foi realizada conforme a metodologia de Kjeldahl, na qual foi retirado 0,2 grama do material moído, colocado em tubo de digestão seco ao qual foram adicionado 2 ml

de peróxido de hidrogênio, 2 ml de ácido sulfúrico, na capela, e 0,7 g do composto de digestão contendo sulfato de zinco, cobre, sódio e selênio para iniciar a queima da matéria orgânica. Em seguida, colocado o material no bloco digestor a 160-180°C até evaporar a água, aumentada a temperatura para 350-375°C e mantida durante uma hora para obtenção de um material límpido, de coloração amarelo-esverdeada. Por fim, os tubos foram retirados do bloco digestor, deixados para esfriar, filtrados com filtro quantitativo e malha 12,5, acondicionadas em balão volumétrico de 50 ml adicionando água destilada até total capacidade do balão e iniciada a análise em destilador de nitrogênio para posterior titulação, Figura 7.

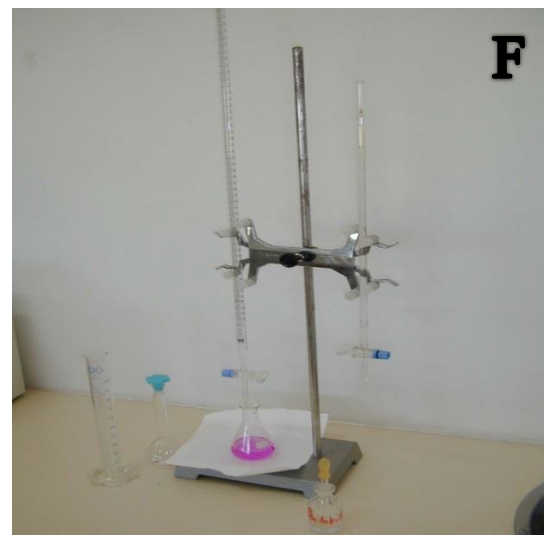
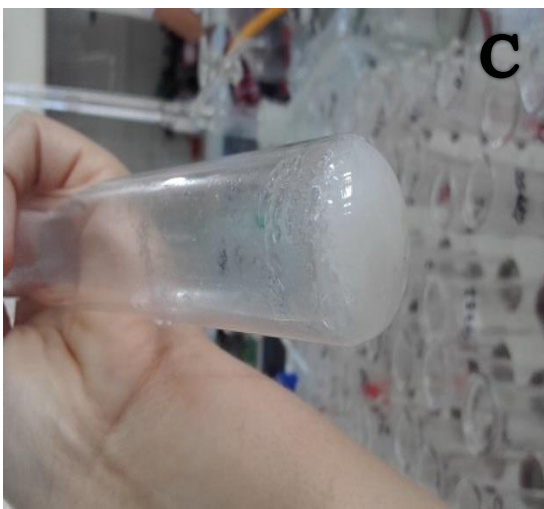
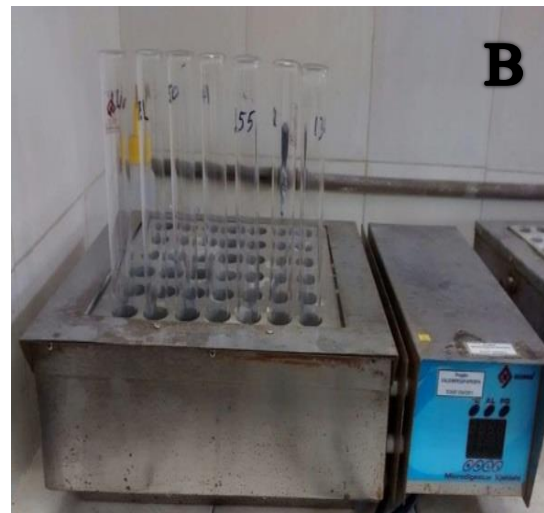


Figura 12: Pesagem do material vegetal em balança analítica (A), Material vegetal colocado no bloco digester (B), Material vegetal digerido (C), Filtragem do material digerido (D), Destilação do Nitrogênio (E) e Titulação do nitrogênio (F).

Fonte: Autora.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram, primeiramente, submetidos ao teste de normalidade e quando apresentavam uma distribuição não-gaussianas foram realizadas transformações logarítmicas e de divisão para atender as exigências do modelo quanto a normalidade dos dados. Posteriormente, foi realizada a análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tuckey ($t < 0,05$) utilizando software estatístico STATISTIC 9.0 e elaboração de gráficos no SigmaPlot 10.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. MASSA

A produção média anual de serapilheira na remoção quinzenal foi de 6,24 Mg há⁻¹ ano⁻¹ e no tratamento testemunha foi de 6,65 Mg há⁻¹ ano⁻¹, Figura 8, sem que houvesse diferença estatística entre os tratamentos ($p= 0,079030$) devido ao curto período de tempo das análises utilizadas para a elaboração desse trabalho (2008).

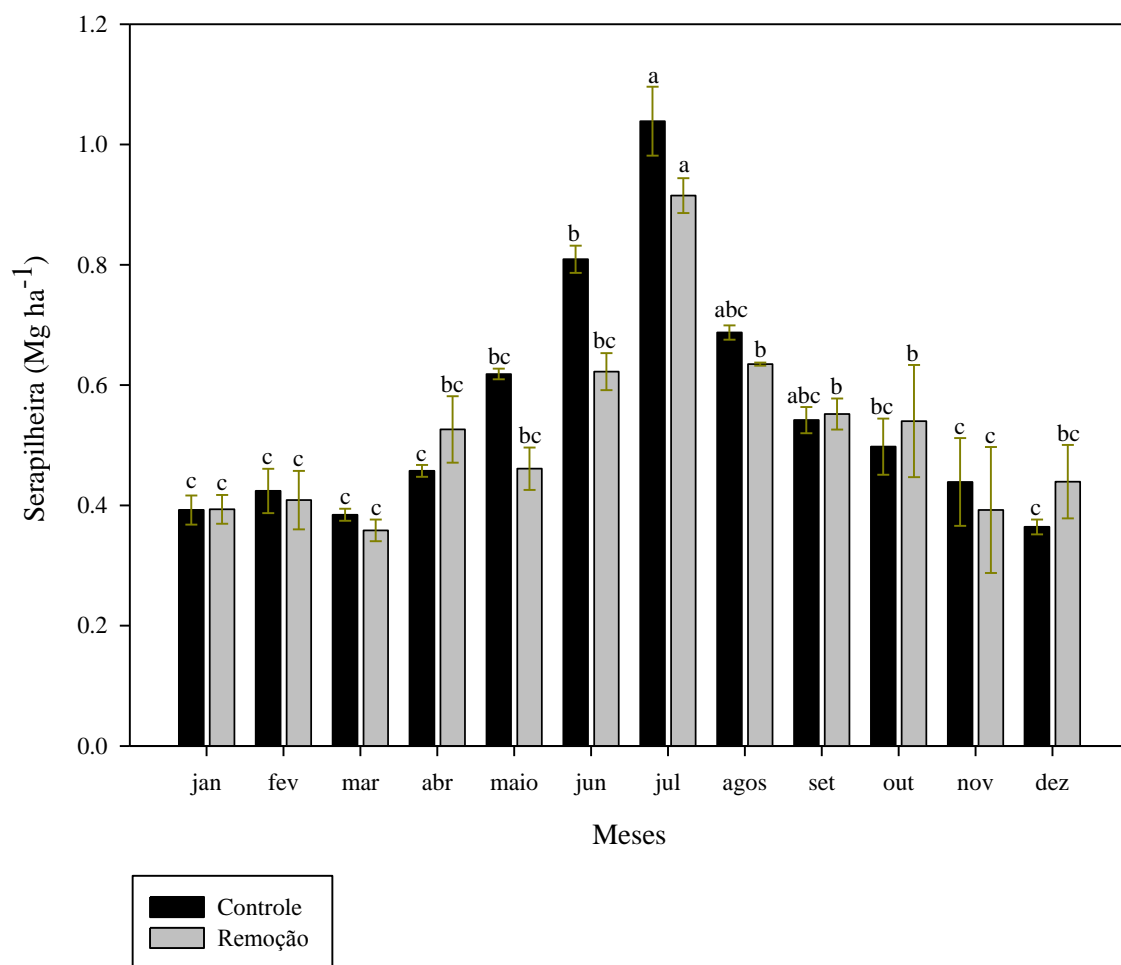


Figura 13: Relação da serapilheira no tratamento controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora.

Fonte: Autora

Os valores encontrados neste estudo situam-se dentro da faixa sugerida para florestas tropicais de todo o mundo, de 4 a 25 Mg há⁻¹ ano⁻¹ (Golley, 1978), mas abaixo da média de 8,0 Mg há⁻¹ ano⁻¹ e 13,4 Mg há⁻¹ ano⁻¹ sugerida para florestas localizadas na Amazônia brasileira (Dantas *et al.*, 1989) e em floresta secundária de terra firme no Pará (Barlow *et al.*, 2007), respectivamente, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1: Produção de serapilheira em diversos ecossistemas florestais na Amazônia brasileira.

Tipologia Florestal	Região	Massa (Mg há ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
Floresta Secundária de Terra Firme			
(Controle)	PA	6,65	Este estudo
Floresta Secundária de Terra Firme			
(Remoção)	PA	6,24	Este estudo
Floresta de Terra Firme	PA	7,40	Vasconcelos <i>et al.</i> , (2008)
Floresta de Terra Firme	PA	8,00	Dantan e Phillipson (1989)
Floresta de Terra Firme	PA	9,90	Klinge, (1977)
Floresta de Terra Firme	PA	10,4	Smith <i>et al.</i> , (1998)
Floresta Primária	PA	7,15	Silva, (2014)
Floresta Primária de Terra Firme	PA	12,00	Nardoto <i>et al.</i> , (2008)
Floresta Primária de Terra Firme	PA	12,40	Barlow <i>et al.</i> , (2007)
Floresta Secundária de Terra Firme	PA	13,40	Barlow <i>et al.</i> , (2007)
			Vasconcelos e Luizão,
Floresta de Terra Firme	AM	8,80	(2000)
Floresta de Terra Firme	AM	8,90	Luizão <i>et al.</i> , (2004)
Floresta de Terra Firme	AM	9,14	Monteiro, (2015)
Floresta de Terra Firme	AM	9,40	Monteiro, (2005)
Floresta Primária de Terra Firme	AM	8,90	Nardoto <i>et al.</i> , (2008)
Floresta Primária de Terra Firme	AM	9,50	Martius, (2004)
Floresta Secundária	AM	6,90	Mesquita <i>et al.</i> , (1998)
Floresta Secundária de Terra Firme	AM	7,20	Martius, (2004)
Floresta Secundária de Terra Firme	RO	13,4	Corrêa, (2005)
Floresta de Terra Firme	MT	11,40	Selva <i>et al.</i> , (2007)

Fonte: Autora.

Isso se deve ao fato de a manipulação de nutrientes na área ter se iniciado há oito anos consecutivos anteriores a realização dessas coletas, Tabela 3, e devido aos estágios iniciais da sucessão da vegetação estudada, 21 anos. Uma vez que, a deposição, o acúmulo e a decomposição de serapilheira são influenciados por diversas variáveis. Entre elas, pode-se destacar: ação mecânica de chuvas e ventos (MARTINS E RODRIGUES, 1999), duração do fotoperíodo, composição florística e estágio sucessional da vegetação (Pagano & Durigan, 2000; Werneck *et al.*, 2001), disponibilidade hídrica (Montagnini & Jordan, 2002; Arato *et al.*, 2003) e temperatura (Pinto *et al.*, 2008). No caso, a manipulação da

disponibilidade de nutrientes verificada nesse trabalho foi fator determinante depreciativo do aporte de serapilheira na área, uma vez que parte do material que seria decomposto e devolvido ao solo foi removido durante o experimento, Tabela 2..

Tabela 2: Histórico do aporte de serapilheira do Projeto Manflora nos anos de 2000, 2006 e 2008.

ANO	MASSA		REFERÊNCIA
	REMOÇÃO (Mg há)	CONTROLE (Mg há ⁻¹)	
2000	8,46	7,73	Ferreira, A. M. S. D.; 2010
2006	6,99	6,91	Ferreira, A. M. S. D.; 2010
2008	6,24	6,65	Este estudo

Fonte: Autora

A deposição de serapilheira variou entre os meses analisados ($p=0,000000$). O mês de maior deposição foi julho com produção média de 0,91 e 1,03 Mg há⁻¹ no tratamento remoção e testemunha, respectivamente, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Valores mensais do aporte da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.

MÊS	MASSA REMOÇÃO Mg há ⁻¹	MASSA CONTROLE Mg há ⁻¹
JAN	0,39 ± 0,02	0,39 ± 0,02
FEV	0,40 ± 0,05	0,42 ± 0,04
MAR	0,35 ± 0,02	0,38 ± 0,01
ABR	0,53 ± 0,06	0,46 ± 0,01
MAI	0,46 ± 0,04	0,62 ± 0,01
JUN	0,62 ± 0,03	0,81 ± 0,02
JUL	0,92 ± 0,03	1,04 ± 0,06
AGO	0,63 ± 0,00	0,69 ± 0,01
SET	0,55 ± 0,03	0,54 ± 0,02
OUT	0,54 ± 0,09	0,5 ± 0,05
NOV	0,39 ± 0,10	0,44 ± 0,07
DEZ	0,44 ± 0,06	0,36 ± 0,01

Fonte: Autora

A periodicidade de deposição varia entre espécies nas regiões tropicais e subtropicais. Na região amazônica predomina o clima equatorial quente e úmido com dois períodos bem distintos durante o ano, um chuvoso com temperaturas mais amenas

iniciando em dezembro e outro menos chuvoso com altas temperaturas iniciado em junho, para a grande maioria das plantas a senescência ocorre no final da estação das chuvas e início do período mais seco. Com isso, o valor encontrado neste trabalho está dentro do esperado para a sazonalidade de deposição na Amazônia (Luizão, 1989).

As plantas são capazes de se ajustar a novas condições ambientais devido a sua capacidade de aclimação (LARCHER, 2000) que envolvem mudanças fisiológicas, bioquímicas e estruturais nas folhas e cloroplastos (Yano e Terashima, 2001).

Para LUIZÃO (1989) e POGGIANI (1992), a maior produção mensal de serapilheira é dada no período menos chuvoso, pois esse período se caracteriza pela queda de uma maior quantidade de detritos orgânicos como resposta ao estresse hídrico que caracterizam esse período e a abscisão foliar se torna uma estratégia para minimizar a necessidade deste recurso pela vegetação (Barbosa e Faria, 2006). Também pode estar associado à estratégia desenvolvida por algumas espécies que realizam a troca de folhas durante o período seco para minimizar o ataque de herbívoros (Murali & Sukmar, 1993; Kursar & Coley, 2003) e não somente em resposta à deficiência hídrica. Outra hipótese para o aumento da produção de serapilheira na época menos chuvosa é a obtenção da máxima eficiência fotossintética durante o período de máxima radiação solar (período seco) com a renovação das folhas neste período (Kim et al., 2012).

De acordo com os autores CAMPOS et al., (2006) temperaturas elevadas e maior quantidade de insolação constituem os fatores climáticos mais relevantes para a queda das folhas. A produção de novas folhas, com característica fisiológica e anatômica diferentes, em resposta as mudanças na irradiância é regulado pelas folhas maduras em resposta ao regime de luz vivenciado por estas, sendo uma das estratégias para utilização máxima da radiação (Yano e Terashima, 2001). Uma vez que, plantas desenvolvidas sob intensa radiação apresentam vigoroso sistema de ramos e folhas com menor superfície do limbo foliar (Lunz, 2006), como consequência dessas modificações anatômicas e de um metabolismo mais ativo, as plantas adaptadas a radiações intensas apresentam maior produção de matéria seca, bem como maior fertilidade e, conseqüentemente, maior produtividade (Lima-Junior et al., 2005).

A deficiência hídrica ou “seca” significa um período sem precipitação considerável durante o qual o conteúdo de água no solo é reduzido, de forma que as plantas sofrem com a ausência de água (Paiva & Oliveira, 2006). Quando expostas a essa

situação, as plantas, freqüentemente, apresentam adaptações fisiológicas que resultam de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (Taiz & Zeiger, 1991) e a resposta mais proeminente das plantas consiste na aceleração da senescência e abscisão das folhas.

A senescência ocorre das folhas mais baixas para as folhas mais cimeiras, sendo muitas vezes acompanhada por abscisão foliar e tem como função a salvaguarda dos nutrientes para que a planta consiga sobreviver e voltar a regenerar no ano seguinte. O processo consiste essencialmente numa deslocação dos nutrientes para outras zonas da planta de forma a ocorrer à queda da folha e, com isso, redução da perda de água pela transpiração também.

Ao correlacionar o índice de pluviosidade com os percentuais de produção de serapilheira, através da correlação de Pearson, nota-se que há uma correlação negativa moderada entre ambos ($r = -0,51$), ou seja, quando temos os menores valores de precipitação o aporte é máximo, Figura 9. O mesmo padrão de deposição corrobora com diversos autores que também verificaram a mesma sensibilidade sazonal (MARIANO et al., 2007; SCORIZA & PINÃ-RODRIGUES, 2013; CALDEIRA, et al., 2013; AQUINO, 2013; GODINHO, 2014).

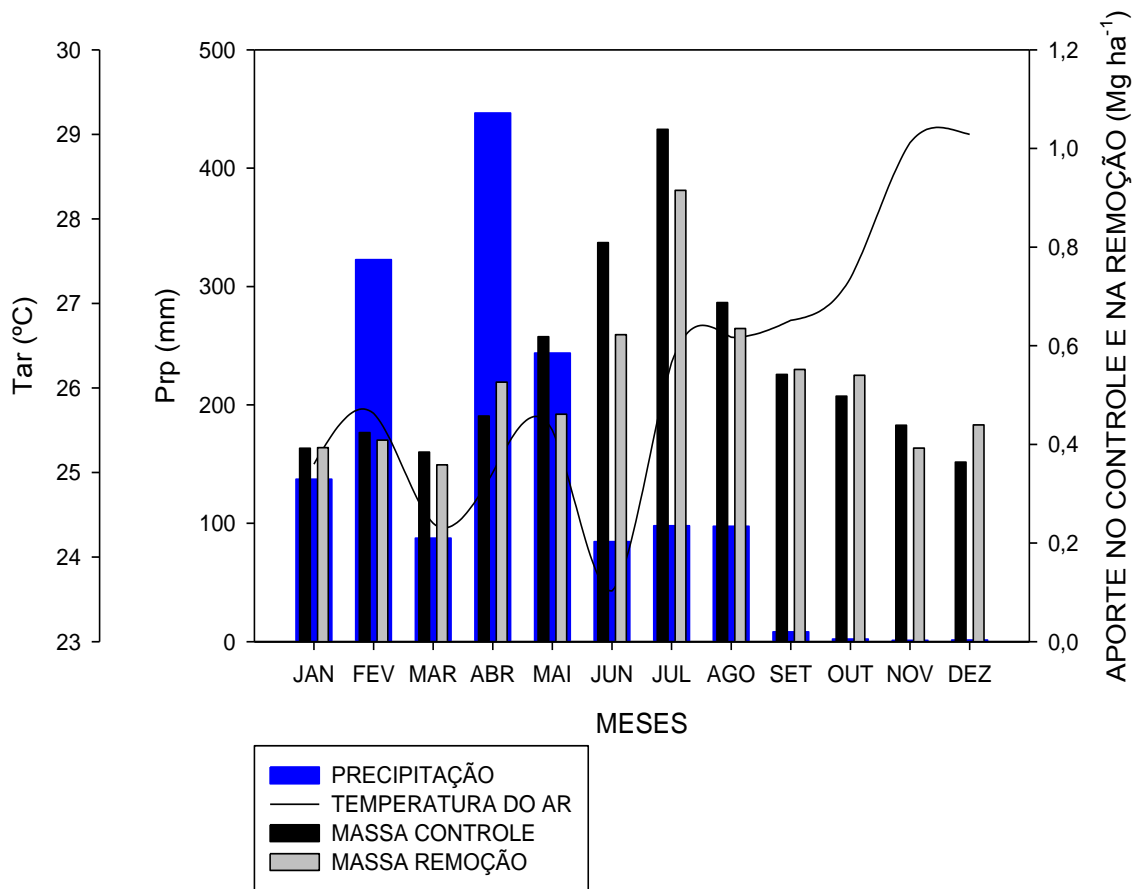


Figura 14: Relação entre aporte da serapilheira com a precipitação e temperatura, área experimental do Projeto Manflora, UFRA, Castanhal, Pará, 2008.

FONTE: AUTORA.

5.2. NUTRIENTES

A devolução média anual para carbono no tratamento remoção foi de 2,74 Mg há⁻¹ ano⁻¹ e no controle foi de 3,01 Mg há⁻¹ ano⁻¹, Figura 10, com diferença estatística entre os tratamentos ($p= 0,012011$) e os meses de coleta ($p= 0,000000$).

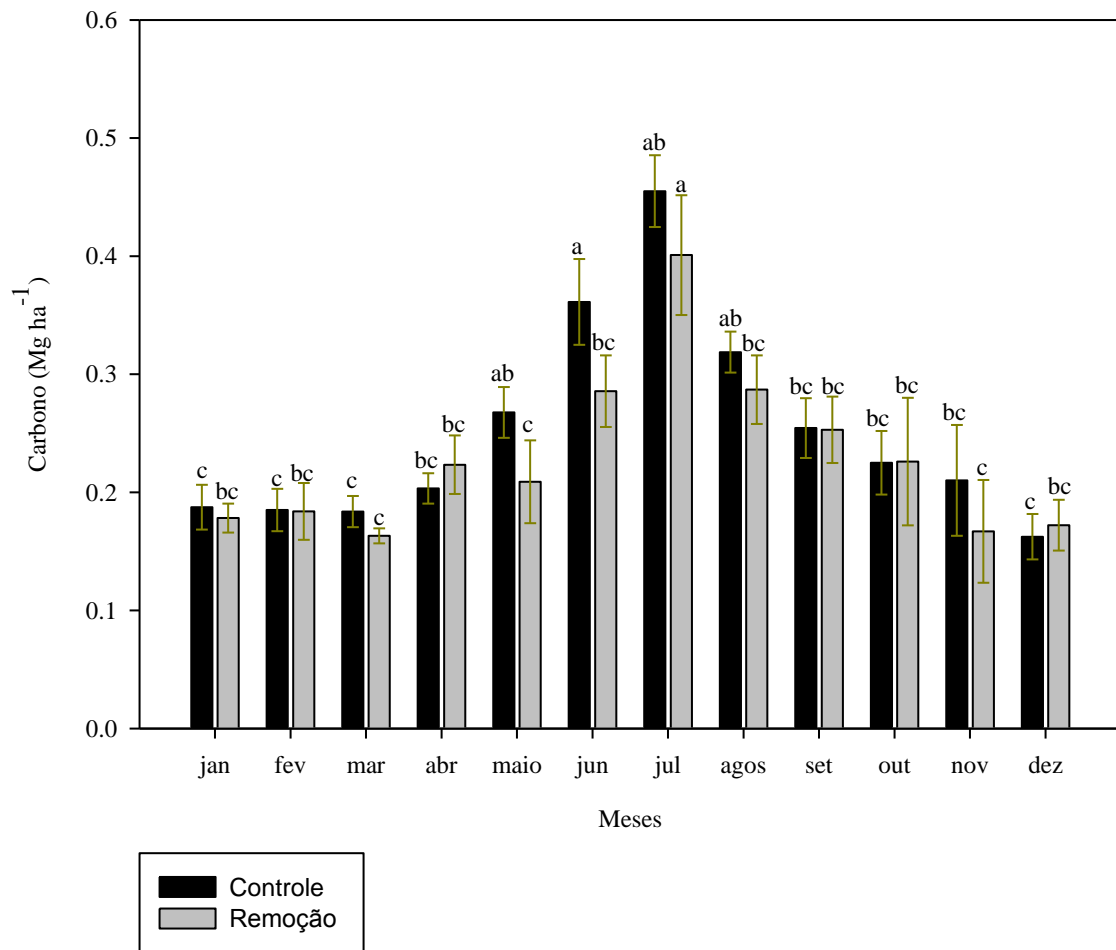


Figura 15: Aporte médio mensal de carbono nos tratamentos controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.

Fonte: Autora

Os valores observados estão abaixo do encontrado na literatura, revisada na Tabela 4.

Tabela 4: Aporte médio anual de carbono em diversos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira.

Tipologia Florestal	Região	Carbono (%)	Carbono (Mg há ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
Floresta Secundária de Terra Firme (Controle)	Amazônia Oriental	45%	3,01	Este estudo
Floresta Secundária de Terra Firme (Remoção)	Amazônia Oriental	41%	2,74	Este estudo
Floresta de Várzea	Amazônia Ocidental	44%	-	CABIANCHI, G.M. (2010)
Floresta Primária de Terra Firme	Amazônia Central	46%	4,0	LUIZÃO <i>et al.</i> , (2004)
Floresta Primária de Terra Firme	Amazônia Sul da	45%	5,4	SELVA <i>et al.</i> , (2007)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Oriental	44%	5,95	DIAS (2006)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Central	47%	7,7	DIAS (2006)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Central	39%	-	HIGUCHI <i>et al.</i> , (1998)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Ocidental	39%	-	PICCOLO <i>et al.</i> , (1994)

Fonte: Autora.

A devolução média anual para nitrogênio no tratamento remoção foi de 0,10 Mg há⁻¹ ano⁻¹ e no controle foi de 0,12 Mg há⁻¹ ano⁻¹, com diferença estatística entre os tratamentos (p= 0,004111) e os meses de coleta (p= 0,000000), Figura 11.

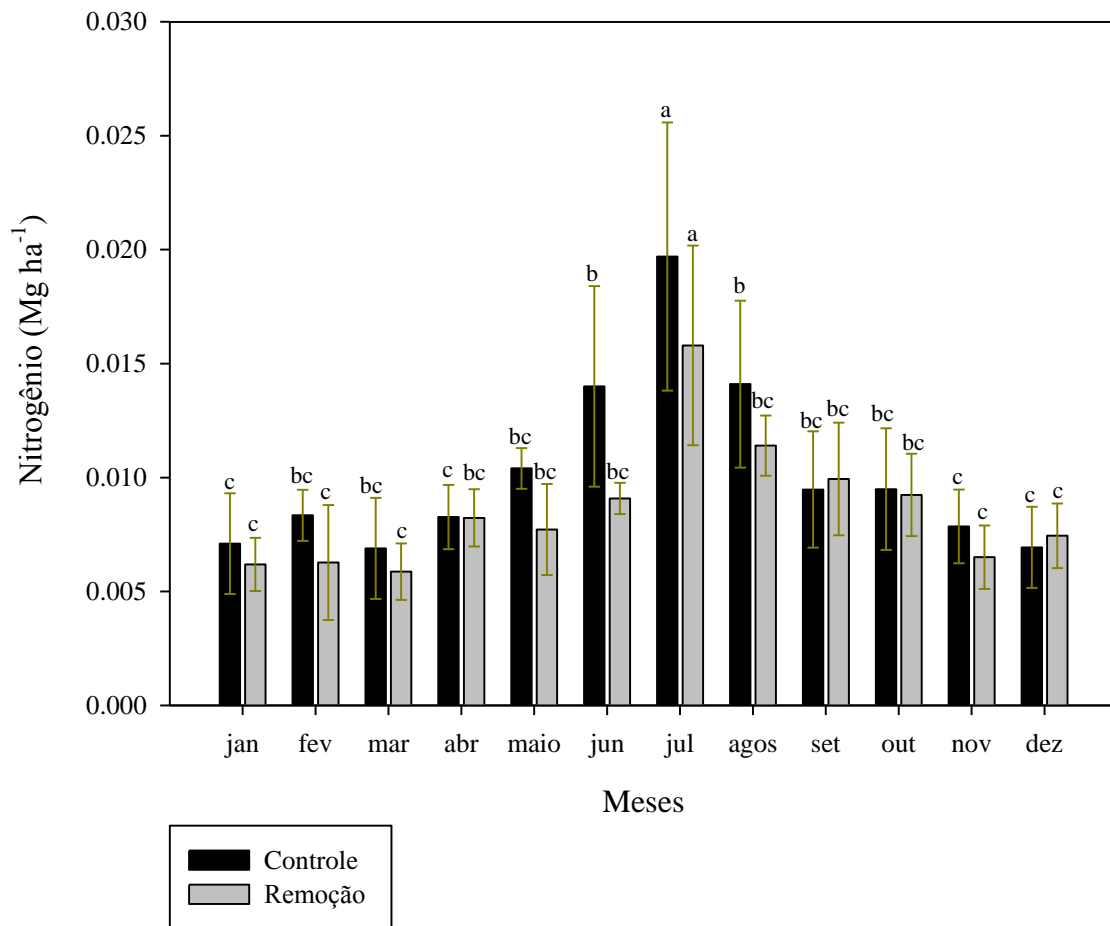


Figura 16: Aporte médio mensal de nitrogênio nos tratamentos controle e remoção da serapilheira, Projeto Manflora, 2008.

Fonte: Autora

Os valores observados estão abaixo do encontrado na literatura, revisados na Tabela 5.

Tabela 5: Aporte médio anual de nitrogênio em diversos ecossistemas florestas da Amazônia brasileira.

Tipologia Florestal	Região	Nitrogênio (%)	Nitrogênio (Mg há⁻¹ ano⁻¹)	Referência
Floresta Secundária de Terra Firme (Controle)	Amazônia Oriental	1,8%	0,12	Este estudo
Floresta Secundária de Terra Firme (Remoção)	Amazônia Oriental	1,6%	0,10	Este estudo
Floresta de Várzea	Amazônia Ocidental	1,8%	0,19	CABIANCHI, G.M. (2010)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Central	-	0,10	Nardoto <i>et al.</i> , (2008)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Central	-	0,12	Nardoto <i>et al.</i> , (2008)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Oriental	-	0,17	Nardoto <i>et al.</i> , (2008)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Oriental	1,4%	0,23	DIAS (2006)
Floresta de Terra Firme	Amazônia Central	2%	0,27	DIAS (2006)

Fonte: Autora.

A magnitude da contribuição da serapilheira para a ciclagem de nutrientes depende da qualidade química deste material. Bambi *et al.*, (2011) concluíram que a concentração de nutrientes nas folhas fotossinteticamente ativas são geralmente maiores que nas folhas senescentes, mostrando haver transferência parcial de nutrientes antes do processo de senescência e abscisão foliar. Sendo assim, uma serapilheira com baixa concentração de nutrientes tende a contribuir menos para a ciclagem de nutrientes, do que uma serapilheira com maior concentração de nutrientes (Vogel *et al.*, 2012). Entretanto, mesmo uma serapilheira pobre em nutrientes pode ser muito importante para a manutenção da ciclagem (Dutta e Agrawal, 2001; Souza e Davide, 2001).

As características da serapilheira são condicionadas, entre outros fatores, à natureza do material que a constitui, como folhas, galhos e casca, que são os seus principais componentes. A proporção de cada um desses constituintes, bem como, o grau de decomposição destes, que por sua vez é afetado pelas características do clima e solo, condicionarão o teor de carbono e nitrogênio da serapilheira.

Outros trabalhos também realizaram estudos de manipulação de serapilheira por um longo período, onde foi verificada a redução da disponibilidade de nutrientes como o carbono, nitrogênio e fósforo (Sayer, 2006; Veluci, 2007), conforme o estoque de nutrientes foi sendo depletado (Sayer e Tanner, 2010).

Este fato sugeriu que a serapilheira apresenta importante papel na nutrição de ecossistemas sucessionais na Amazônia, corroborado para as concentrações de C e N terem sido menores na remoção da camada de serapilheira quando comparado ao sistema em que não houve manipulação desse recurso.

6. CONCLUSÃO

Dado o exposto, conclui-se que a remoção da camada de serapilheira foi fator depreciativo quantitativa e qualitativamente da serapilheira produzida na área, uma vez que ocorreu a depleção do material decomposto que retornaria ao solo.

O aporte da serapilheira apresentou tendência de sazonalidade durante o ano, com maior e menor deposição ocorrendo nos meses menos chuvosos e mais chuvosos da região, respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

AIDAR, M. P. M. E JOLY, C. A. (2003). Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** 26(2): 193-202.

ALVARES, C. A.; STAPE, L. J.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728, DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507., Gebrüder Borntraeger 2013."

ALVES, R. R.; RODRIGUES, S. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimentos de uma voçoroca**: Estudo de caso na Fazenda Experimental do Glória na zona rural de Uberlândia-MG. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Geografia. Uberlândia, 2005.

ANDIVIA, E.; FERNÁNDEZ, M., VÁZQUEZ-PIQUÉ, J., GONZÁLEZ-PÉREZ, A. & TAPIAS, R. 2010. Nutrients return from leaves and litterfall in a mediterranean cork oak (*Quercus suber* L.) forest in southwestern Spain. **European Journal of Forest Research** 129:5-12.

AQUINO, P. S. R. (2013). **Análise espacial da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria**. Dissertação (Mestrado). 2013. Universidade de Brasília, DF, 76p. 2013.

ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; METCALFE, D.B.J.; SILVA-ESPEJO, E.; JIMÉNEZ, E.; NAVARRETE, D.; et al. 2009. Above- and belowground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. **Biogeosciences**, 6: 2759–2778.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Microbial biomass and activity in a Brazilian soil plus untreated and composted textile sludge. **Chemosphere, Oxford**, v. 64, p. 1043-1046, 2006.

BAMBI, P.; LOBO, F. A.; SALMOLIN, A. C.; DIAS, C. A. A. Deposição e redistribuição de nutrientes das folhas de espécies de transição Amazônia- Cerrado, MT. **Ciência e Natura**, UFSM, 33(1): 17 - 31, 2011.

BARBOSA, J. H. C. E FARIA, S. M. (2006). Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia** 57(3): 461-476.

BARLOW, J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Victoria, v. 246, p. 91-97, 2007.

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. (2008). Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de Eucalyptus com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira** 56: 31-41.

BIHN, J. **The recovery of ant communities in regenerating tropical forests.** Marburg/Lahn. 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Faculdade de Biologia da Universidade de Marburg, Alemanha, 2008.

BORMANN, F. H.; LIKENS, G. E. **Pattern and Process in a Forested Ecosystem.** New York: Springer Verlag. 233p, 1994.

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral. Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Projeto RADAM, Folha AS 23. Rio de Janeiro, 1974. 184p.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, p.1-32, 1990.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae** 4(2): 111-119, 2013.

CALDEIRA, M. V. W. ; VITORINO, M. D. ; SCHAADT, S. S. ; MORAES, E. ; BALBINOT, R. **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.29, n.1, p.53-68, jan./mar. 2008.

CAMPOS, M. L. LIMA, M. D. M. de; SILVA, C. A. Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens. Lavras-MG. **Boletim Agropecuário** - n.º 65 - p. 1-61. Disponível http://www.geocities.com/giuliano_marchi/ciclagem.pdf Acesso aos 17 de novembro de 2015.

CARNEIRO1, R.G.C.; MOURA, M.A.L.; SILVA, V.P.R.; SILVA JUNIOR, R.S.; ANDRADE, A.M.D.; SANTOS, A.B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, v.18, n.1, p.99-108, 2014.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila da fazenda Berreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 53, n. 4, p. 678-681, 1991.

CHAPIN F.S. III; BLOOM A.J.; FIELD C.H. ; WARING R.H. **Interaction of environmental factors in the control of plant growth.** BioScience 37 49-57, 1987.

CLARK, D. A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D. W.; CHAMBERS, J. Q.; THOMLINSON, J. R.; NI, J. HOLLAND, E. A. (2001). Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications** 11(2): 371-384.

CORLETT, R.T. What is secondary forest? **J. Trop. Ecol.**, v.10, n.3, p.445-447, 1994.

COSTA, C. C. de A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D. de; SILVA, P. C. M. da. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de Caatinga na Flona de Açú-RN. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.259-265, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200008>>.

CELENTANO, D.; ZAHAWI, R. A.; FINEGAN, B.; OSTERTAG, R.; COLE, R. J.; HOLL, K. D. (2011). Litterfall dynamics under different Tropical Forest restoration strategies in Costa Rica. **Biotropica** 43(3): 279-287.

CLARK, D. A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D. W.; CHAMBERS, J. Q.; THOMLINSON, J. R.; NI, J.; HOLLAND, E. A. (2001). Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications** 11(2): 371-384.

Cullings, K. W.; New, M. H.; Makhija, S.; Parker, V. T. (2003). Effects of litter addition on ectomycorrhizal associates of a lodgepole pine (*Pinus contorta*) stand in Yellowstone National Park. **Applied and Environmental Microbiology** 69(7): 3772-3776.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and Litter Nutrient Content in Primary and Secondary Amazonian Terra Firme Rain-Forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 5, p. 27-36, 1989.

Dalmolin, Â.C. et al. 2009. **Aporte de material vegetal sobre o solo em uma floresta semidecídua ao norte do estado de Mato Grosso**. In: Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Anais eletrônicos, 6p. Disponível em: <<http://seminariodoambiente.ufam.edu.br/2010/anais/rn05.pdf> >. Acesso em: 16 out. 2015.

Delitti, W.B.C. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis** 1:469-486.

DE LUCIA EH, WHITEHEAD D, CLEARWATER MJ (2003) The relative limitation of photosynthesis by mesophyll conductance in co-occurring species in a temperate rainforest dominated by the conifer *Dacrydium cupressinum*. **Functional Plant Biology** 30: 1197-1204.

DENICH, M. A vegetação da Amazônia Oriental com ênfase na vegetação antrópica. In. Pesquisas sobre a utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental. Belém. EMBRAPA/GTZ. 1991. p. 43-70.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; Kato, M. S. A.; Block, A.; Kato, O. R.; Sá, T. D. A.; Lücke, W.; Vlek, P.L.G. 2004. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, 61: 91–106.

DEZZEO, N. E CHACÓN, N. (2006). Litterfall and nutrient input in undisturbed and adjacent fire disturbed forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. **Interciencia** 31(12): 894-899.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

DUNN, R. R. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. **Conservation Biology**, v.18, p.302–309, 2004.

DUTTA, R. K. E AGRAWAL, M. (2001). Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia** 45: 298-312.

DZWONKO, Z. E GAWRONSKI, S. Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. **Biological Conservation** 106: 389-398. 2002.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (Embrapa); Instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE). Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia. Sumário Executivo. Set.2010. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

FEARNSIDE, P.M. 2013. Serviços ambientais provenientes de florestas intactas, degradadas e secundárias na Amazônia brasileira. pp. 29-62. In: C.A. Peres, T.A.

FERREIRA, A.M.S.D. **Fluxos de cátions em ecossistema sucessional de floresta na Região do Médio Apeú, Nordeste do Pará, Amazônia Oriental**. / Amanda Maria de Sousa Diogenes Ferreira. - Belém, 2010.66 f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010.

FERREIRA, L. V. "Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade por meio da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia brasileira", em Capobianco, J. P. R. (ed.). Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2001, pp. 268-286.

FREITAS, A. V. Efeito da remoção de serapilheira na concentração de C, N e na razão C/N no solo e em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios de eucalipto abandonados na Reserva Biológica União, RJ. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 33p. 2008.

FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **For. Ecol. Manage.**, v.47, n.1-4, p.295-321, 1992.

GOLLEY, F. B. ; MCGINNIS, J. T. ; CLEMENTS, R. G. ; CHILD, G. I. ; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução: Eurípedes Malavolta. São Paulo: EDUSP. 1978.

GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E. BORMANN, F. H. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor in the Hubbard Brook forest. **Oecologia** 22: 203-320. 1976.

GLENN-LEWIN, D.C., VAN DER MAAREL, E. Pattern and processes of vegetation dynamics. In: GLENN-LEWIN, D.C., PEET, R.K., VEBLEN, T.T. (Eds.). **Plant succession** : theory and prediction. London: Chapman & Hall, 1992. p.11-59.

GODINHO, T.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.;CALIMAN, J.P.; TRAZZI,P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **CERNE** vol.20 no.1 Lavras Jan./Mar. 2014.

GOMEZ, A.; POWERS, R. F.; SINGER, M. J. & HORWAT, W. R., 2002. Soil Compaction Effects on Growth of Young Ponderosa Pine Following Litter Removal in California's Sierra Nevada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1334–1343.

HALL, D.O.; RAO, K.K.; [Tradução e notas LAMBERTI, A.]. **Temas de Biologia**. São Paulo: EPU: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1980. 89p. v.10.

HOMMA, A .K. O et al. **Redução dos desmatamentos na Amazônia: política agrícola ou ambiental**. In: Homma, A .K. O. (Ed.). *Amazônia: Meio Ambiente e Desenvolvimento Agrícola*. Brasília: EMBRAPA, 1998. p.119-142.

HOUGHTON, R.A. 1990. The future role of tropical forests in affecting the CO₂ concentration of the atmosphere. **Ambio** 19(4):204-209.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. P. DA; ROCHA, R. DE M.; TRIBUZY, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. **Revista Floresta**, 34 (3): 295-304.

KIM, Y.; KNOX, R.G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRAK, L.R.; PYLE, E.H.; ET AL. 2012. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global Change Biology**,18: 1-11.

KÖHLER, L.; HÖLSCHER, D.; LEUSCHNER, C. (2008). High litterfall in old-growth and secondary upper montane forest of Costa Rica. **Plant Ecology** 199: 163-173.

KURSAR, T.A.; COLEY, P.D. 2003. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. **Biochemical Systematics and Ecology**, 31: 929-949.

LAL, R., KIMBLE; J.M., FOLLETT, R.F.; COLE, C.V. **The potential of U.S. cropland to sequestre carbono and mitigate the greenhouse effect**. Sleeping Bear Press, 1998. P. 1-128.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1990. 343p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 532p. 2000.

LAURANCE, W.F., LOVEJOY, T.E., VASCONCELOS, H.L., BRUNA, E.M., DIDHAM, R.K., STOUFFER, P.C., GASCON, C., BIERREGAARD, R.O., LAURANCE, S.G., SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v.16, p.605–618, 2002.

LEITÃO FILHO, H. F. (Coord.). **Ecologia da mata atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1993. 184 p.

LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; VILLANI, E. M. A. (2011). Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 35: 949-959.

LIMA-JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; OLIVEIRA, H.M. **Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento**. *Ciência Rural*, vol. 35, nº5, Santa Maria, 2005. p. 1092 – 1097.

LOPEZ-ZAMORA, I.; DURYEY, M. L.; WILD, C. C.; COMERFORD, M. B.; NEARY, D. G. Effect of pine needle removal and fertilization on tree growth and soil P availability in a *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* stand. *Forest Ecology and Management* 148: 125-134.2001.

LUIZÃO, F. J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. **GeoJournal**, v.19, p.407–417. 1989.

MAIA, G. N. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. São Paulo: D&Z Computação 2004.

MAIA, R. S. **Colonização micorrízica arbuscular em floresta secundária na Amazônia sob remoção de serapilheira e irrigação do solo**. Dissertação (Mestrado)Universidade Federal do Pará. Pará. 77p. 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 f.

MARIANO, K.R.S; AMORIM, S.M.C; MARIANO JÚNIOR, C.A.S.; SILVA, K.K.A. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 381-383, jul. 2007.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, MG. 2005. 451pp.

MARTINS, S.V.e RODRIGUES,R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, V.22, n.3, p.405-412, dez. 1999 Revista Brasileira de Botânica vol.24 n.2 São Paulo 2001.

MARTORANO, L. G. P.; PEREIRA, L. C.; CÉSAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather)**. Belém: SUDAM/EMBRAPA. SNLC, 1993. 53p.

MATSUSHIMA, M. E CHANG, S. X. (2007). Effects of understory removal, N fertilization, and litter layer removal on soil N cycling in a 13-year-old white spruce plantation infested with Canada bluejoint grass. **Plant Soil** 292: 243-258.

MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, R.; DELAMÔNICA, P.; LAURENCE, W. F. Effects of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian Forest fragments. **Biological Conservation**, v.91, p.129-134, 1999.

METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., DIXO, M., BERNACCI, L.C., RIBEIRO, M.C., TEIXEIRA, A.M.G, PARDINI, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. *Biological Conservation*, v. 142, p.1166–1177, 2009.

Mo, J., BROWN, S., PENG, S. & KONG, G., 2003. Nitrogen availability in disturbed, rehabilitated and mature forests of tropical China. **Forest Ecology and Management** 175, 573–583.

MOHOTTI, A.J.; LAWLOR, D.W. Diurnal variation of photosynthesis and photoinhibition in tea: effects of irradiance and nitrogen supply during growth in the field. **Journal of Experimental Botany**, 53, 2012. p. 313-322.

MORAES, R.M. 2002. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: Produção e decomposição da serapilheira. In: Bicudo, D.C., Forti, M.C., Bicudo, C.E.M. (orgs.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: uma reserva Biológica na cidade de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pp.133-142.

Murali, K.S.; Sukumar, R. 1993. Leaf flushing phenology and herbivory in a tropical dry deciduous forest, southern India. **Oecologia**, 94:114-119.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F.; CONDIT, R.; LAURANCE, S.G.; D'ANGELO, S.; ANDRADE, A.C. Demographic and life-history correlates for Amazonian trees. **Journal of Vegetation Science**, v.16, p.625-634, 2005.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A; CAPOBIANCO, J. B.; BISHOP, J; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P. e SILVA, U. L. "Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the Future of Amazon Forests". **Forest Ecology and Management** 5524, 2001, pp. 1-13.

- NOBRE, C. A. 2001. **Amazônia**: fonte ou sumidouro de carbono? p. 197-224. In: MMA. Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia, Brasília, DF.
- NOBRE, A.D. **O Futuro Climático da Amazônia**. Relatório de Avaliação Científica. São José dos Campos, São Paulo, outubro de 2014.
- NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; GRAMMEL, R. et al. O Mercado Internacional do CO₂ : o Impacto das Florestas Naturais e das Plantações. In: SANQUETTA, C. R., WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R. et al.: **As Florestas e o Carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFRR, 2002. P. 89 – 108.
- ODUM, E. P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S.A. 434 p.
- ODUM, E.P. 1972. **Ecologia**, 3ed. Interamericana. México, 639p.
- ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.
- OGEE, J. & BRUNET, Y. (2002). A forest model for heat and moisture including a litter layer. **Journal of Hydrology** 255: 212–233.
- PAGANO, S.N., DURIGAN, G. 2000. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: Rodrigues, R.R., Leitão Filho, H.F. (ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP/FAPESP, São Paulo, Brasil. p.109-123.
- PAIVA, R & OLIVEIRA, L.M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. Ed. UFLA, 2006. 104 p.
- PANTOJA, R. DE F. R. **Estrutura e dinâmica de três florestas secundárias em idades diferentes (4, 8 e 12 anos) no Município de Castanhal, Pará**. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 2002.
- PAVINATO, P. S. E ROSOLEM, C. A. (2008). Disponibilidade de nutrientes no solo, decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 32: 911-920.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. (2008). Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore** 32(3): 545-556.
- POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2.,1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: Revista do Instituto Florestal, 1992. 4:734-739.
- PONGE, J. F., ARPIN, P. & VANNIER, G. (1993). Collembolan response to experimental perturbations of litter supply in a temperate forest ecosystem. **European Journal of Soil Science** 29, 141–153.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAMOS, H. M. N. **Concentração de metais na liteira em um ecossistema sucessional da Amazônia Oriental**. Mestrado em Ciências Florestais – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. **Biomassa microbiana de solo sob vegetação secundária na Amazônia oriental**. 2002. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 2002.

RIBEIRO, A.C.C **Efeito da Remoção da Serrapilheira no Estabelecimento de Plântulas de Espécies Nativas da Mata Atlântica em Plantios de Eucalipto *Corymbia citriodora* (Hook) L. A. Jonhson & K. D. Hill na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ**. Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2007.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest an ecological study**. Cambridge: University Press, 1998. 575p.

ROSCOE, R. Rediscutindo o Papel dos Ecossistemas Terrestres no Sequestro de Carbono. **Caderno de Ciências & Tecnologia**, Brasília, v. 20, nº2, p.202-223.2003.

SANQUETA, C.R. Métodos de Determinação de Biomassa Florestal. In: SANQUETTA, C. R., WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R. et al: **As Florestas e o Carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFRR, 2002. P. 119 – 140.

SAYER, E. J. (2006). Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. **Biological Reviews** 81: 1-31.

SAYER, E.J., TANNER, E.V.J. (2010) Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. *Journal of Ecology*. 98: 1052-1062.

Schroth, G., Lehmann, J., 2003. Nutrient Capture. In: Schroth, G.S., F. L. (Ed.), *Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods*. CABI, pp. 167-174.

SCHUMACHER, M. V.; BAUERMANN, G. C.; COPETTI, L.; BRUN, E. J.; KONIG, F. G. **Fracionamento da serapilheira em três espécies de eucalipto no município de Santa Maria –RS: *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloesiana* e *Eucalyptus grandis***. In: 2º CICLO DE ATUALIZACAO FLORESTAL DO CONESUL, 2002. Santa Maria RS, 2002. p.173-180.

SCORIZA, R. N & PINÃ-RODRIGUES, F. C.M. Aporte de serapilheira como indicador ambiental em fragmentos de floresta estacional semidecidual em Sorocaba, SP. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.4, p.634-640, 2013.

Serrão, E. A.; Nepstad, D.; Walker, R. T. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. *Ecological Economics*. v.18, p. 3-13, 1996

SHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I. e KONIG, F.G. 2004. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, 28(1): 29-37.

SILVA, A.D. Produção e concentração de nutrientes via deposição de serapilheira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – Pa. Dissertação (Mestrado). UFOPA. Santarém-Pa. 90p. 2014.

SOUZA, J. A. E DAVIDE, A. C. (2001). Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. *CERNE* 7(1): 101-113.

SOUZA, R.C. **Efeito da serapilheira sobre a dinâmica de nutrientes em plantios de eucalipto em regeneração natural de Mata Atlântica**. Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro - 2012.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, v. 91, p.119-127, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TENÓRIO, A. R. M. ; GRAÇA, J. J. C. ; GÓES, J. E. M. ; MENDES, J. G. R. ; GAMA, J. R. N. F. ; SILVA, P. R. O. ; CHAGAS, P. S. M. ; SILVA, R. N. P. ; AMÉRICO, R. R. ; PEREIRA, W. L. M. **Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal**. Belém: FCAP. Serviço de documentação e informação, 1999. p.1-27. (FCAP. Informe Técnico, 25).

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5th edition. Macmillan Publishing Co., NY. 1993. 634 p.

TOLEDO, L. O., PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serrapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal*. v.12, p.9-16, 2002.

Turner, J. and Lambert, M.J. (2011). **Expenditure on forestry and forest products research in Australia 2007-2008**. *Aust. For.* 74: 149-155.

Varma, A. 2003. The economics of slash and burn: a case study of the 1997/1998 Indonesian forest fires. *Ecological Economics*, 46: 159 -171.

VASCONCELOS, S.S.; ZARIN, D.J.; ARAUJO, M.M.; RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T.; CARVALHO, C.J.R.; STAUDHAMMER, C.L.; OLIVEIRA, F.A. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, 2008.

VELUCI, R.M. **Seasonal and experimental effects on microbial composition and dynamics in a tropical secundar Forest in the eastern Amazon**. Tese de Doutorado. University of Florida, 2007.

VENTURA, V.J., RAMBELLI, A.M. **Legislação federal sobre o meio ambiente**. 2 ed. Taubaté, SP: Vana, 1996. 1148p.

VERÍSSIMO, T., & PEREIRA, J. 2014. **A floresta habitada**: História da ocupação humana na Amazônia (p. 128). Belém: Imazon.

VIEIRA, I.C.G.; SALOMÃO, R.P.; NEPSTAD, D.C.; ROMA, J.; ROSA, N. O Renascimento da floresta no rastro da agricultura. **Ciência Hoje**, n.119 p.38-44, 1996.

VILLALOBOS-VEGA, R.; GOLDSTEIN, G.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C.; MIRALLES WILHELM, F.; SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J. Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical savanna. *Plant Soil* 346: 385-397. 2011.

Vogel, H. L. M.; Schumacher, M. V.; Trüby, P. (2012). Deposição de serapilheira e nutrientes por espécies nativas em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. **Floresta** 42(1): 129-136.

XIONG, Y.; XIA, H.; LI, Z.; CAI, X.; FU, S. Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical *Acacia mangium* plantation in China. *Plant Soil* 304: 179-188.2008.

WAGNER, D. K. 1995. Mesos e microregiões formam um grande Estado. **Nosso Pará**, Belém, v. 2, p. 12-13

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, p.195-198, 2001.

WHITE, B.L.A.; DANTAS, T.V.P.; RIBEIRO, A. de S. 2012. Dinâmica da produção de serapilheira em ecossistemas de mata aberta no parque nacional serra de Itabaiana. In: **Anais I Seminário Nacional de Geoecologia e Planejamento Territorial e IV seminário do Geoplan**. Universidade Federal de Sergipe, 11 a 13 de abril de 2012.

WILLMS, W.D.; SMOLIAK, S. & BAILEY, A.W., 1986. Herbage Production Following Litter Removal on Alberta Native Grasslands. **Journal of range management**, 39(6): 1-10.

WOOD, T. E.; LAWRENCE, D.; CLARK, D. A.; CHAZDON, R. L. (2009). Rain forest nutrient cycling and productivity in response to large-scale litter manipulation. **Ecology** 90(1): 109-121.

YANO, S.; TERASHIMA, I. 2001. Separate localization of light signal perception for sun or shade type chloroplast and palisade tissue differentiation in *Chenopodium album*. *Plant Cell Physiol.* 42 (12): 1303-1310.

ANEXO

ANEXO 1

Análise estatística.

ANOVA

	MASSA				
	SQ	GL	QM	F	P
MANEJO	0,1503	1	0,1503	3,174	0,079030
MÊS	24,3583	11	2,2144	46,751	0,000000
MANEJO X MÊS	1,7408	11	0,1583	3,341	0,000931
ERRO	3,4103	72	0,0474		

	CARBONO				
MANEJO	3,210	1	3,210	6,642	0,012011
MÊS	123,389	11	11,217	23,207	0,000000
MANEJO X MÊS	6,545	11	0,595	1,231	0,282969
ERRO	34,801	72	0,483		

	NITROGÊNIO				
MANEJO	0,1001	1	0,1001	8,79	0,004111
MÊS	1,5072	11	0,1370	12,02	0,000000
MANEJO X MÊS	0,1023	11	0,0093	0,82	0,623663
ERRO	0,8204	72	0,0114		