

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

HIVO REBLIN EUFRASIO

APORTE DE SERAPILHEIRA EM SISTEMA SILVIPASTORIL

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2023

HIVO REBLIN EUFRASIO

APORTE DE SERAPILHEIRA EM SISTEMA SILVIPASTORIL

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2023

HIVO REBLIN EUFRASIO

APORTE DE SERAPILHEIRA EM SISTEMA SILVIPASTORIL

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovado em 11 de dezembro de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ELZIMAR DE OLIVEIRA GONCALVES**
Data: 20/12/2023 07:24:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elzimar de Oliveira Gonçalves (Orientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
 **DIONE RICHER MOMOLLI**
Data: 19/12/2023 16:28:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dione Richer Momolli (Examinador)
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
 **MARINO SALGARELLO COELHO**
Data: 19/12/2023 15:53:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marino Salgarello Coelho (Examinador)
Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me fortalecer e me guiar.

Agradeço ao meu companheiro por sempre ser tão presente na minha vida.

Agradeço a minha família por me ajudar a chegar até aqui.

Agradeço todos aqueles que se fizeram presentes na minha jornada.

Agradeço a minha orientadora professora Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves por toda a disponibilidade e disposição para que tudo ocorresse da melhor forma, sendo uma grande amiga.

Agradeço ao doutorando Marino Salgarello Coelho pela iniciativa do estudo e os ensinamentos.

Agradeço ao Dr. Dione Richer Momolli por sempre estar disposto em ajudar e ensinar.

Por fim, sou grato a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

RESUMO

As plantações florestais são uma das formas de uso e ocupação do solo que possibilitam maior cobertura vegetal do solo, o controle do uso de queimada, além de prover o aporte de material orgânico sobre o solo, fornecendo uma cobertura morta que permite preservar e melhorar as condições do solo. Dessa forma é necessário avaliar o comportamento das espécies em relação aos processos da ciclagem de nutrientes. A serapilheira é fundamental para a autossustentabilidade dos ecossistemas florestais. Por meio da transferência de nutrientes para o sistema, em que grande parte dos nutrientes absorvidos pela vegetação retorna ao solo através da sua deposição. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo quantificar o aporte de serapilheira em diferentes modelos de Sistemas Silvistoris considerando dois regimes hídricos distintos: período de menor precipitação (abril a setembro) e período de maior precipitação (outubro a março). A área de estudo compreende, aproximadamente, 15 ha, localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES. Para a coleta do aporte de serapilheira foram utilizados os seguintes modelos de Sistemas Silvistoris: T2 (E): Eucalipto em monocultivo (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*); T3 (PE): Pastagem e eucalipto em sistema silvistoril; T4 (PEL): Pastagem, eucalipto e leucena (*Leucaena leucocephala*) em sistema silvistoril e T5 (PA): Pastagem e araribá (*Centropium tomentosum*) em sistema silvistoril. A coleta dos dados (aporte de serapilheira) foi realizada por meio da coleta de material senescente com o uso coletores circulares de maio de 2022 a abril de 2023. Em cada parcela foram instalados aleatoriamente seis coletores circulares com área de 0,3183 m² (aproximadamente um diâmetro de 63,66 cm) a 90 cm do solo. Em média, o aporte total de serapilheira nos Sistemas Silvistoris com *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foi de 12.394,7 kg ha⁻¹. No que se refere ao período de menor e maior precipitação, houve diferença estatística somente no tratamento PA (pastagem e araribá). Em relação ao aporte da serapilheira foliar, a média nos Sistemas Silvistoris com *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* foi de 8.991,7 kg ha⁻¹. O aporte da serapilheira foliar entre o período de menor e maior precipitação diferiu estatisticamente somente para o tratamento PA (pastagem e araribá). Houve correlação positiva entre a serapilheira foliar do tratamento PE (pastagem e

eucalipto) e as variáveis meteorológicas temperatura mínima e média. No que se refere o aporte de serapilheira entre as frações (folhas e miscelânea) entre os diferentes tratamentos (modelos de Sistemas Silvistoris), o menor aporte de miscelânea foi no tratamento PA (pastagem e araribá).

Palavras-chave: Sistema Silvistoril. Leguminosas Arbóreas, *Eucalyptus* spp..
Ciclagem de Nutrientes.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
1 INTRODUÇÃO	11
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta contextualização e definições..	14
2.2 Sistemas integrados versus recuperação de pastagens.....	16
2.3 Sistemas integrados versus uso de espécies florestais.....	17
2.4 Sistemas integrados versus ciclagem de nutrientes.....	20
3 METODOLOGIA	23
3.1 Área de estudo	23
3.2 Implantação	26
3.3 Aporte de serapilheira	27
3.4 Dados climatológicos	28
3.5 Análise estatística	29
4 RESULTADOS DA PESQUISA.....	30
5 CONCLUSÕES	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos dados de fertilidade do solo antes da implantação do experimento Sistemas Silvipastoris, Jerônimo Monteiro, ES.

Tabela 2 - Aporte total de serapilheira entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvipastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro - ES.

Tabela 3 - Aporte de serapilheira foliar entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvipastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro - ES.

Tabela 4 - Aporte de serapilheira de miscelânea (composta praticamente por galhos finos, estruturas reprodutivas e sementes) entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvipastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro – ES.

Tabela 5 - Aporte de serapilheira entre as frações em cada tratamento (modelos de Sistemas Silvipastoris) aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro – ES.

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e o aporte de serapilheira nos diferentes tratamentos (modelos de Sistemas Silvipastoris) e frações aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro – ES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama meteorológico, com base na estação meteorológica de Alegre, durante o período de estudo.

Figura 2 - Croqui de localização do experimento.

Figura 3 - Coletores de serapilheira instalados no experimento.

1. INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

O bioma Mata Atlântica se estende por quase toda a costa do Brasil, com uma diversidade de cerca de 20 mil espécies vegetais. O estado do Espírito Santo está inserido em sua totalidade dentro desse bioma, tendo como formações mais representativas a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual (GARBIN et al., 2017).

No Espírito Santo a pecuária é a atividade que detém a maior parcela de uso do solo (45 % da área total) compreendendo 1.473 milhões de hectares, sendo que 157 mil hectares em más condições de uso (IBGE, 2019). A pecuária extensiva em monocultivo é a atividade mais adotada pelos produtores rurais em função das facilidades de manejo, menores custos de implantação e por questões culturais (IBGE, 2019; SKORUPA; MANZATTO, 2019).

De acordo com IBÁ (2023), a área de árvores plantadas totalizou 9,94 milhões de hectares em 2022, um crescimento de 0,3 % em relação ao ano anterior. O eucalipto, abrangendo 76 % da área plantada no Brasil, permanece como a espécie mais cultivada, totalizando 7,6 milhões de hectares. Na sequência, com 19 %, está o pinus, que se manteve praticamente estável em relação a 2021, com 1,9 milhão de hectares. Outras espécies, que correspondem a 5 % da área plantada, incluem a seringueira com 230 mil hectares, a teca com 76 mil hectares e a acácia com 54 mil hectares. Os plantios de eucalipto estão localizados, principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, com destaque para Minas Gerais (29%), Mato Grosso Sul (15%) e São Paulo (13%).

O uso de árvores na recuperação de pastagens degradadas pode ser uma alternativa com a intenção aumentar a sustentabilidade da atividade. A Integração Pecuária Floresta (IPF) ou Sistemas Silvopastoris (SSPs) é o conjunto de diferentes sistemas produtivos dentro de uma mesma área, acarretando melhor aproveitamento da mesma, uma maior gama de produtos para comercialização de consumo na propriedade rural (BALBINO et al., 2011). O cultivo de espécies florestais também promove melhor aproveitamento dos

fertilizantes aplicados, proteção do solo pela maior cobertura e aporte de serapilheira e maior eficiência com uso dos recursos luz e água (PARRA; RAMIREZ; MARTINEZ, 2022).

Sistemas Silvistoris é uma das alternativas utilizadas nas propriedades rurais. O uso do eucalipto é amplamente difundido, pois é um gênero com espécies adaptadas ao Brasil, com rápido crescimento, capacidade de adaptação à diversas condições edáficas, possuir técnicas de produção já difundidas, sendo utilizado para diversos fins como lenha, celulose, carvão etc.

Plantios de leguminosas arbóreas podem ser uma excelente alternativa para os SSP, devido a capacidade das leguminosas arbóreas em realizar a simbiose com bactérias fixadoras de N (PINHEIRO et al., 2021). A leucena (*Leucaena* spp.) é originária da América Central, utilizada para forragem, produção de madeira, carvão vegetal e na melhoria edáfica do solo. É utilizada também como banco de proteína, devido ao considerável teor de N nas folhas e a sua alta palatabilidade para o gado (WENDLING et al., 2021). O araribá (*Centrolobium tomentosum*) é uma leguminosa arbórea nativa da Mata Atlântica e com ocorrência natural no Espírito Santo, é uma espécie caducifolia com perda total das folhas no inverno sendo capaz de realizar simbiose com bactérias fixadoras de N (CARVALHO, 2003).

As plantações florestais representam uma das formas de uso e ocupação dos solos, o qual possibilitam maior cobertura vegetal do mesmo, o controle de queimadas, além de fornecer o aporte de serapilheira, fornecem uma cobertura morta que permite preservar e melhorar as condições ambientais locais (GARRETT et al., 2020; WENDLING et al., 2021). O aporte constante de serapilheira promove a proteção física devido à cobertura morta, o qual tem a função de impedir a ação direta das gotas de chuva e amortecer o pisoteio animal. Tal função evita problemas como a perda de solo por erosão e compactação, contribuindo para o aumento da atividade biológica do solo e formação da matéria orgânica. O aumento da matéria orgânica promove a liberação dos nutrientes por meio da ciclagem biogeoquímica, disponibilizando para absorção dos mesmos pelas raízes (EEKEREN et al., 2008; VINHAL-FREITAS et al., 2010).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o aporte de serapilheira em diferentes modelos de Sistemas Silvopastoris durante o período de 1 ano.

1.2.2 Objetivo específico

Quantificar o aporte de serapilheira no período de menor e maior precipitação.

Comparar o aporte de serapilheira entre as frações folha e miscelânea nos diferentes tratamentos.

Avaliar a influência de variáveis meteorológicas no padrão de aporte da serapilheira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta – contextualização e definições

No cenário dinâmico da indústria brasileira de árvores plantadas, a Integração da Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) é um modelo notável. A ILPF se destaca como uma solução integrada que transcende as fronteiras tradicionais da agricultura, pecuária e silvicultura. É especialmente relevante quando se considera que 46 % da área plantada no Brasil é composta por produtores independentes. Essa abordagem se apresenta como um verdadeiro exemplo de sustentabilidade e maximização de recursos, ao intercalar culturas agrícolas, pastagens e áreas florestais em um mesmo espaço, contribuindo para a melhoria do solo, aumento da produtividade e diversificação da renda dos produtores rurais. Este modelo de produção traz ganhos econômicos significativos para os pequenos produtores rurais, com a diversificação das atividades que reduz riscos, aumenta a resiliência do negócio e otimiza a utilização dos recursos disponíveis (IBÁ, 2023).

Conforme IBÁ (2023), a venda de madeira, carne, grãos e outros produtos agrícolas provenientes da mesma área agrega valor à produção, fortalecendo a competitividade e a sustentabilidade financeira dos envolvidos. Além disso, contribui substancialmente para a preservação do meio ambiente. O plantio de árvores em conjunto com culturas agrícolas e pastagens ajuda na fixação de carbono, mitigando os impactos das mudanças climáticas. A ILPF é um exemplo eloquente de como a inovação e a sustentabilidade podem andar lado a lado. E não apenas reforça a importância das árvores plantadas, mas também redefine a forma como a agricultura e a pecuária são conduzidas. Ao promover a ILPF, estamos investindo em um futuro mais promissor para a indústria, o meio ambiente e a sociedade como um todo, especialmente para os produtores independentes que compõem uma área plantada no Brasil.

Atualmente, Balbino et al. (2012), comentam que os sistemas de integração estão se expandindo, especialmente para produção de grãos, fibra, energia, florestas e bovinos de corte e leite, além de ovinos e caprinos, dependendo da região, bem como dos objetivos. A utilização desses sistemas, nas situações em que é possível a sua adoção,

passa a ser de grande importância para a recuperação de áreas degradadas, tanto de pastagens como de lavouras.

De acordo com Balbino et al. (2011) e a Lei N.º 12.805, de 29 de abril de 2013 os sistemas de integração podem ser classificados e definidos, basicamente, em quatro grandes grupos:

- a) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por vários anos, em sequência ou intercalados;
- b) Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. Este sistema de produção é mais direcionado para áreas com dificuldade de implantação de lavouras, por isso, inclui apenas os componentes florestal e pecuário na mesma área;
- c) Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes;
- d) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área. O componente “lavoura” restringe-se ou não à fase inicial de implantação do componente florestal.

Na implantação desses sistemas, são identificadas quatro situações distintas: aquela em que a agricultura é introduzida nas áreas de pastagens; aquela em que a pastagem é introduzida nas áreas de lavouras de grãos e aquelas em que o componente florestal é introduzido nas áreas de pastagens ou de lavouras, seguindo-se com uso da área para pastagem

2.2 Sistemas integrados versus recuperação de pastagens

A degradação das pastagens é o fator mais importante, na atualidade, que compromete a sustentabilidade da produção animal, sendo um processo dinâmico de queda relativa da produtividade. Os sistemas agrícolas tradicionais de lavouras anuais, por sua vez, com excessivo preparo do solo, cultivos contínuos sem rotação de culturas, têm prejudicado a qualidade física e química do solo, assim como aprofundado os problemas de pragas, doenças e invasoras. Esses problemas têm sido mitigados pela utilização de tecnologias importantes como o sistema de plantio direto (SPD), que contempla não só o preparo mínimo do solo, mas também a prática de rotação de culturas, e os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (MACEDO; ARAÚJO, 2012). Dentre os fatores mais importantes relacionados com a degradação das pastagens destacam-se conforme Macedo e Araújo (2012), o manejo animal inadequado e a falta de reposição de nutrientes. A lotação animal excessiva sem os ajustes para uma adequada capacidade de suporte e a ausência de adubação de manutenção têm sido os aceleradores do processo de degradação.

No período de 1970 a 2006, a área total de pastagens no Brasil cresceu em torno de 12 %, enquanto o rebanho cresceu mais de 115 %. As pastagens cultivadas, em sua grande maioria, foram estabelecidas em solos ácidos e de baixa fertilidade, deficientes, principalmente, em P, Ca e Mg. Em muitas situações, os solos utilizados eram marginais e até inadequados para outro uso agrícola (ZIMMER et al., 2011). Das áreas com pastagens cultivadas, mais de 80 milhões de hectares foram formadas com forrageiras do gênero *Brachiaria*, sendo que destes, 90 % são ocupados por duas espécies: *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*. Nesse entendimento, a partir da década de 1980, com o início do processo de degradação das pastagens estabelecidas nas décadas anteriores, surgiu a necessidade e o interesse em recuperá-las com cultivos anuais, com vários estudos demonstrando resultados promissores (KICHEL et al., 2012),

Conforme Kichel et al. (2012), a integração de lavoura com pecuária e com florestas assim como a associação de criações e cultivos é realizada pelo homem desde os primórdios da agricultura, muitas vezes, em situações de conflito por interesses

divergentes. Quando feita de modo racional, resulta em aumentos de produção por unidade de área bem como em benefícios ambientais. Porém, para que a sustentabilidade de fato ocorra, é necessário que beneficie toda a sociedade. Ou seja, a exploração agropecuária sustentada deve manter ou melhorar a produção, com vantagens econômicas para os produtores rurais, sem prejuízos ao meio ambiente e em benefício de toda a sociedade.

Com relação à pecuária, Rocha (1988) comenta que muitas áreas de pastagens no Brasil têm sido estabelecidas em sucessão ou em consórcio com culturas anuais. Nas áreas de Cerrado, a associação de pastos e cultivos vem sendo realizada desde as décadas de 1930 e 1940, pelo plantio de forrageiras com cultivos anuais ou após estes. O estabelecimento do capim gordura (*Melinis minutiflora*), colônio (*Panicum maximum*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) entre outros, era feito por meio de sementes ou mudas nas entrelinhas ou após as culturas de milho, arroz e feijão, especialmente, em solos mais férteis.

O interesse pela adoção destes sistemas de produção ocorreu principalmente segundo Kichel et al. (2012), pela necessidade de recuperação das áreas de pastagens degradadas e pelas restrições ambientais para abertura de novas áreas de vegetação nativa, principalmente a partir da década de 1990. Vários estudos mostram os benefícios da inclusão de árvores em pastagens, na melhoria da beleza cênica da paisagem, de características microclimáticas, da qualidade do solo, do bem-estar animal, da qualidade da forragem e da mitigação de gases de efeito estufa (CARVALHO et al., 2001; EUCLIDES et al., 2010), mas ainda possuem limitadas as informações sobre o manejo dos vários componentes específicos em sistemas de ILPF (KICHEL et al., 2012).

2.3 Sistemas integrados versus uso de espécies florestais

O uso de plantas de coberturas ou de espécies florestais nos sistemas integrados influencia positivamente a qualidade do solo. Assim, há um grande benefício para a atividade microbiológica por causa do aumento da diversidade de plantas no ambiente de produção. A rotação ou o consórcio com diferentes culturas promove no solo um ambiente diversificado para os microrganismos. Os constantes ciclos de

desenvolvimento e morte de plantas no solo, com elevado acúmulo de biomassa residual (palhada e raízes mortas) e de matéria orgânica, favorecem o aumento da população e da diversidade de microrganismos, em razão da maior disponibilidade de alimentos e do microclima favorável, quando comparado aos sistemas integrados simples (não tão diversificados) (SALTON et al., 2015).

Uma das grandes vantagens dos sistemas de integração, segundo os autores citados anteriormente está em proporcionar microclima favorável aos organismos que vivem no solo e na sua superfície, pela redução dos extremos de temperatura e manutenção da umidade do solo ao longo do tempo. Além disso, a disponibilidade de matéria orgânica, e nutrientes é maior quando comparada em sistemas não integrados. A cobertura constante (serapilheira) na superfície do solo proporciona um ambiente protegido, favorável à sobrevivência dos organismos da fauna invertebrada que vivem na superfície do solo, muitos dos quais são predadores, o que irá contribuir para aumentar o equilíbrio das populações e o controle biológico de pragas.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e silvipastoris, exigem um planejamento mais elaborado e um monitoramento mais frequente e detalhado, para manter o equilíbrio entre os componentes, além de usualmente demandarem investimentos iniciais mais elevados do que os sistemas em monocultivo. Um dos principais pontos a serem considerados durante o planejamento da implantação de um sistema de ILPF, é a finalidade de utilização da madeira a ser produzida e o manejo das árvores. A qualidade da madeira é influenciada por vários fatores, sendo os principais: espécie arbórea, espaçamento e manejo silvicultural. O eucalipto vem se destacado como componente arbóreo em sistemas de ILPF, pois apresenta grande número de espécies e vários híbridos interespecíficos, possibilitando a seleção de materiais genéticos direcionados para cada finalidade da madeira, bem como mais adequados às diversas condições de clima e solos brasileiros (FERREIRA et al., 2012; TANG et al., 2013; CORRÊA NETO et al., 2014).

A literatura evidencia que são várias espécies arbóreas com potencial para compor um sistema de ILPF. No Brasil, e especialmente no Centro-Oeste, segundo Radomski e Ribaski (2009), o eucalipto tem sido uma das espécies mais utilizadas nestes sistemas. Atualmente, existe um bom volume de informações sobre seu manejo, há

facilidade de aquisição de mudas a preços acessíveis e sua madeira pode ter vários usos. Além disso, o eucalipto apresenta rápido crescimento, com boa capacidade de adaptação aos diferentes ambientes. Ele é também adequado para sistemas em integração porque permite boa disponibilidade de radiação solar incidente no sub-bosque.

Em estudos realizados com eucaliptos consorciados por Tang et al. (2013), reforçam a importância da decomposição da serapilheira na fertilidade dos sítios onde estão os sistemas integrados, principalmente em áreas áridas mais rochosas, exemplificando como o compartimento composto pelas folhas é o que melhor reflete o estado nutricional das árvores. Devido a esse fato, pode-se observar facilmente o processo de retranslocação em folhas, principalmente nos teores de N e P. No caso de *Eucalyptus* sp., é observado que 70 % a 80 % do P pode ser retranslocado antes da queda das folhas. Bellote e Silva (2000) ressaltam que o conhecimento do conteúdo de nutrientes na copa pode explicar o rápido crescimento do eucalipto em situações pós-estresse.

Centrolobium tomentosum (Fabaceae) é uma espécie arbórea nativa do Brasil, decídua, heliófita, com 10-22 m de altura, que produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis (LORENZI, 2002), em frutos tipo sâmara (em torno de 18 cm de comprimento), que contém até três sementes, dispersos pelo vento a curtas distâncias. Floresce durante os meses de janeiro a março e seus frutos amadurecem entre abril e outubro (CARVALHO, 2003). Esta espécie é popularmente conhecida como "araribá-rosa" ou "araruva" e é empregado na arborização (LORENZI, 2002).

Diaz (1992), realizou uma revisão bibliográfica sobre o araribá (*Centrolobium tomentosum*) com o objetivo de incentivar seu uso tanto em programas de reflorestamento, como também na sua utilização em cultivos puros ou consorciados (ILPF), ou ainda com o intuito de representar uma contribuição real à conservação desta espécie florestal tipicamente brasileira. O araribá demonstra grande valor silvicultura devido, principalmente, à qualidade de sua madeira, bastante utilizada na construção civil e naval, por apresentar, retratibilidade, resistência mecânica e aspecto conveniente para diversos usos, por exemplo: marcenaria de luxo, carpintaria, peças torneadas, obras externas e hidráulicas etc. Apresenta um desenvolvimento volumétrico moderadamente rápido ($15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), esta espécie possui ainda elevado teor de substâncias tanantes,

o que permite sua utilização, dentre outras, na indústria de couros. Fora estas aplicações, o araribá, tem a capacidade de realizar a simbiose com bactérias fixadoras de N (alta concentração de nitrogênio em suas folhas), pode ser útil na formação de adubo verde para a agricultura.

2.4 Sistemas integrados *versus* ciclagem de nutrientes

Sabe-se que a ciclagem biogeoquímica é representada principalmente pela dinâmica da serapilheira e possui grande importância na funcionalidade dos ecossistemas florestais, principalmente para as zonas tropicais onde a vegetação/plantações florestais estão estabelecidas sobre solos altamente intemperizados. Estudos relacionados à ciclagem de nutrientes, por meio da quantidade e qualidade da serapilheira, da sazonalidade, dos atributos químicos do solo e da redistribuição de nutrientes (eficiência na utilização), possibilitam a geração de informações que auxiliam na escolha de espécies florestais para o reflorestamento com espécies nativas (CALDEIRA et al., 2008), bem como para a restauração florestal. Além disso, possibilitam diagnosticar o estado funcional de uma dada área em processo de restauração florestal.

O estudo do ciclo dos nutrientes em ecossistemas florestais/plantações florestais é importante, pois possibilita o monitoramento de situações que poderiam ser críticas a médio e longo prazo, em relação à produtividade e às características do solo inferindo sobre os efeitos do desmatamento sobre o ecossistema. Dada a relevância da ciclagem de nutrientes para os ecossistemas florestais/plantações florestais, diversos autores têm realizado trabalhos sobre a deposição, decomposição da serapilheira e o fluxo de nutrientes ao solo, buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (BALIEIRO, et al., 2004; FERREIRA et al., 2007; SCHUMACHER et al., 2008; SOUZA; DAVIDE, 2001; PIOVESAN et al., 2012).

Os ecossistemas florestais/plantações florestais apresentam deposição de material vegetal contínuo no decorrer do ano, sendo que a quantidade de serapilheira produzida nas diferentes épocas depende da formação florestal estudada. Além disso, a serapilheira aportada e depositada também pode variar dentro de um mesmo tipo de

vegetação, dependendo dos diferentes graus de perturbações encontrados dentro do mesmo fragmento florestal. Da mesma forma, uma série de fatores bióticos e abióticos pode influenciar na deposição de material vegetal, como a: latitude, altitude, temperatura, precipitação, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica, estoque de nutrientes do solo, umidade do solo e vento (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997).

A ciclagem de nutrientes em Sistemas Agroflorestais (SAFs) baseia-se no princípio de que eles se assemelham ao ecossistema da floresta natural, produzindo seu próprio húmus e provendo-se ao mesmo tempo, de elementos nutritivos essenciais para seu desenvolvimento. A queda de folhas e de frutos forma uma manta de matéria orgânica no solo superficial. Este material, por meio de uma série de processos de ordem física, química e bioquímica, converte-se em nutrientes assimiláveis pelas plantas, completando o ciclo vegetação-solo-vegetação (YARED et al., 1992).

Em Sistemas Silvopastoris (SSPs), a copa das árvores juntamente com a cobertura formada devido o aporte contínuo de resíduos, protege o solo das chuvas e da ação direta dos raios solares. Esta proteção previne quanto à ocorrência de processos erosivos e influencia o microclima na superfície do solo, reduzindo as oscilações térmicas e favorecendo a atividade biológica deste. Como resultado destas interações proporcionadas pelo componente arbóreo com o ambiente e com os demais componentes do sistema, tem-se, o aumento da estabilidade de agregados, a redução da densidade do solo, a melhoria da infiltração da água e da retenção da umidade (UDAWATTA et al., 2008). Os resíduos aportados também propiciam a diversidade de ambientes, abrigo e alimento resultando no aumento de populações e comunidades de meso, macrofauna (STAMPS; LINIT, 1997) e microrganismos (XAVIER, 2009) do solo e da serapilheira.

Estudo realizado por Duarte (2011), teve como objetivo, avaliar o aporte de serapilheira por espécies arbóreas usadas em SAFs. As espécies selecionadas foram: *Persea americana* (abacateiro), *Luehea grandiflora* (açoita-cavalo), *Zeyheria tuberculosa* (ipê-preto), *Erythrina verna* (mulungu), *Aegiphila sellowiana* (papagaio), *Musa* sp. (bananeira), *Sollanum mauritianum* (capoeira-branca), *Inga subnuda* (ingá) e *Senna macranthera* (fedegoso).

O aporte de serapilheira de acordo com Duarte (2011), variou entre as espécies ($p < 0,05$), possibilitando a formação de três grupos. O fedegoso, a capoeira-branca e o ingá, formaram o grupo das espécies que aportaram maior quantidade, variando de 4.300 a 5.600 Kg ha⁻¹ ano⁻¹. O açoita-cavalo, o abacateiro, a bananeira e o papagaio formaram o grupo intermediário, com aportes de 1.200 a 2.100 Kg ha⁻¹ ano⁻¹. O mulungu e o ipê-preto formaram o grupo das espécies com o menor aporte sendo este de 300 a 400 Kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Dividindo-se o ano em período chuvoso (primavera/verão), e período seco (outono/inverno), Duarte (2011) observou que o fedegoso, o ingá e a capoeira-branca aportaram quantidades de serapilheira mais uniformemente distribuídas nos dois períodos. O fedegoso aportou 56 % e 44 % no período chuvoso e seco, respectivamente, enquanto para o ingá foi de 53 % e 46% e para a capoeira-branca, 42 % e 58 %. O mulungu, o ipê-preto e o papagaio concentraram o aporte no período mais seco sendo este de 65, 92 e 57%, respectivamente.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende, aproximadamente, 15 ha, situada nas coordenadas 20°50'27" Sul e 41°22'22" W Oeste, com altitude de 141 m, localizada no município de Jerônimo Monteiro, estado do Espírito Santo. A presente área de estudo foi implantada por meio do projeto Rede Fapes PPE-Agro N.º 006/2015, intitulado: Viabilidade Econômica, Ambiental e Técnica de Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas no Sul do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro. Ressalta-se que a área de implantação do projeto Rede Fapes PPE-Agro N.º 006/2015 vem sendo explorada desde seu desmatamento para a exploração pecuária. No ano de 2007 foi implantado um cafezal sendo cultivado até o ano de 2016, voltando ao plantio de pastagem.

O período de coleta do aporte de serapilheira foi de maio de 2022 a abril de 2023 e apresentou pluviosidade média de 1.289,0 mm, temperatura média de 23,5 °C, temperatura máxima de 24,2 °C e temperatura mínima de 22,8 °C. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw (tropical com inverno seco e verão chuvoso) (ALVARES et al., 2014). A temperatura média mínima no mês mais frio é de 11,8 °C e a média das temperaturas máximas no mês mais quente é de 34 °C (PEZZOPANE et al., 2012). De acordo com mapas de caracterização de precipitação do Espírito Santo, a precipitação anual média na área de estudo varia entre 1.200 e 1.300 mm (Incaper, 2017).

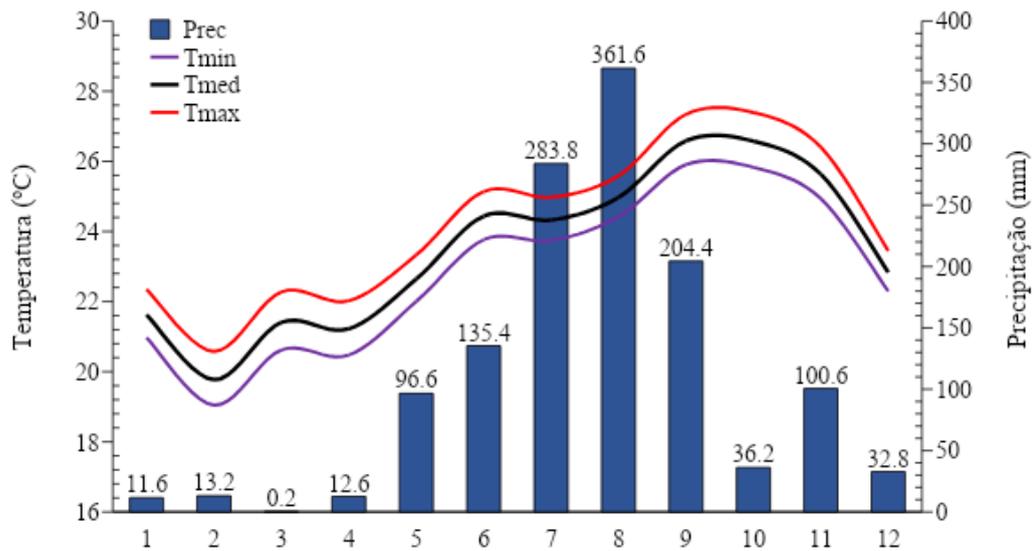


Figura 1 - Diagrama meteorológico, com base na estação meteorológica de Alegre, durante o período de estudo.

Fonte: Inmet (2023).

Em janeiro de 2018 foi implantado o experimento para avaliação de diferentes modelos de Sistemas Silvopastoris (SSP) sob delineamento de blocos ao acaso, composto por 4 blocos e 5 tratamentos (Figura 1). Cada unidade experimental (parcela) possui área de 1.750 m² (35 m x 50 m) e os blocos possuem faces de exposição diferentes entre si, sendo os blocos 1, 2, 3 e 4 com a face voltada para Nordeste, Sul, Sudoeste e Norte, respectivamente.

T1: Pastagem em monocultivo (capim marandu - *Urochloa brizantha* cv *marandu*);

T2: Eucalipto em monocultivo (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*);

T3: Pastagem e eucalipto em sistema silvipastoril;

T4: Pastagem, eucalipto e leucena (*Leucaena leucocephala*) em sistema silvipastoril;

T5: Pastagem e araribá (*Centrolobium tomentosum*) em sistema silvipastoril.



Figura 2 - Croqui de localização do experimento.

Fonte: Elaboração Marino Salgarello Coelho (2023).

Antes da implantação do experimento Sistemas Silvopastoris foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm para analisar a fertilidade do solo (Tabela 1). Segundo Santos et al. (2018), o solo na região é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Com base nos dados da análise de fertilidade, o solo possui textura argilosa (material com conteúdo de argila entre 350 g kg⁻¹ e 600 g kg⁻¹), acidez ativa média e teor de matéria orgânica médio.

Os dados da análise de fertilidade solo mostram que o solo possui saturação por bases maior que 50 %. Sabe-se que a saturação por bases é a proporção (taxa percentual, $V\% = 100 \times SB/T$) de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH 7 (valor SB refere-se à soma de bases). A expressão “alta saturação” se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (eutrófico) e “baixa saturação” a solos com valores inferiores a 50% (distrófico). Nesse caso, o solo do experimento é eutrófico. Ressalta-se que a área de implantação do experimento vem sendo explorada desde seu desmatamento para a exploração pecuária, com registros de

imagens aéreas desde 1970. No ano de 2007 foi implantado um cafezal sendo cultivado até o ano de 2016, voltando ao plantio de pastagem.

Tabela 1 - Análise dos dados de fertilidade do solo antes da implantação do experimento Sistemas Silvipastoris, Jerônimo Monteiro, ES.

Parâmetros	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH água	1:2,5	5,82	5,69
Ca		2,36	2,00
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,99	0,86
P		12,13	7,05
K	mg dm ⁻³	94,41	45,16
MO	g dm ⁻³	12,18	10,82
Al		0,05	0,09
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2,24	2,35
S	mg dm ⁻³	25,11	28,66
SB		3,59	2,98
t	cmol _c dm ⁻³	3,64	3,07
T		5,83	5,33
V		61,47	55,91
m	%	1,37	2,93
Areia		459	392
Silte	g kg ⁻¹	258	293
Argila		283	315

Fonte: Elaboração Marino Salgarello Coelho (2023).

3.2 Implantação

O tratamento T1 foi implantado por meio do plantio a lanço das sementes do capim marandu, em área total. O tratamento T2 foi implantado via o plantio de mudas de eucalipto no espaçamento de 2 m x 3 m em área total. Nos tratamentos T3, T4 e T5,

as espécies arbóreas foram plantadas em 2 renques com 3 fileiras no espaçamento de 2 m x 3 m entre as espécies arbóreas e 17 m entre os renques. As mudas de leucena no tratamento T4 foram implantadas na faixa de 17 m de pasto, em grupos de duas fileiras com espaçamento inicial de 1 m x 0,75 m distanciadas a cada 3,0 m de capim marandu. O manejo da leucena foi focado em servir como banco de proteína para o gado e não para produção de madeira. Sendo assim, quando a planta atingiu um metro de altura, houve o corte do ápice da planta para a quebra da dominância apical, favorecendo o crescimento dos ramos laterais e manutenção da altura para que o animal pudesse se alimentar de suas folhas.

As mudas das espécies florestais, com altura de 20 cm, foram plantadas em berço de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Foi adotado o método do cultivo mínimo para implantação das mudas, sendo realizada a roçagem simples nas linhas de plantio e abertura das covas com cavadeira manual. As mudas de *Centrolobium tomentosum* *Leucaena leucocephala* foram adquiridas junto ao viveiro florestal da Reserva Natural Vale localizada no município de Sooretama, ES e as mudas *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* da Empresa Suzano.

Em todos os tratamentos, as plantas daninhas foram controladas com o uso de herbicida pós-emergente nas entrelinhas do plantio. A adubação de base foi realizada no berço de plantio e a adubação de plantio foi realizada imediatamente após o plantio em coveta lateral, ambas com 150 g de NPK (03-30-10) + micronutrientes. Nos meses 3, 6 e 12 foram efetuadas adubação de cobertura (NPK 20-00-20) + micronutrientes.

3.3 Aporte de serapilheira

O estudo sobre o aporte de serapilheira foi realizado nos tratamentos T2 (E): Eucalipto em monocultivo (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*); T3 (PE): Pastagem eucalipto em sistema silvipastoril; T4 (PEL): Pastagem, eucalipto e leucena (*Leucaena leucocephala*) em sistema silvipastoril e T5 (PA): Pastagem e araribá (*Centrolobium tomentosum*) em sistema silvipastoril (Figura 1). Nesse contexto, o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Centrolobium tomentosum* estavam com 4,0 anos de idade.

O aporte de serapilheira foi realizado por meio da coleta de material senescente com o uso de coletores circulares de maio de 2022 a abril de 2023. Em cada parcela foram instalados aleatoriamente 6 coletores circulares com área de 0,3183 m² (aproximadamente um diâmetro de 63,66 cm) a 90 cm do solo, com uma rede com malha de 2 mm, com o intuito de obter uma representação do aporte na parcela conforme Scoriza et al. (2012). Todo o material coletado foi separado em folhas e miscelânea (composta praticamente por galhos finos, estruturas reprodutivas e sementes), acondicionados em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante, sendo assim determinada a sua massa seca em balança de precisão. A quantificação das frações da serapilheira aportada foi estimada para kg ha⁻¹.



Figura 3 – Coletores de serapilheira instalados no experimento.

Fonte: Elaboração Marino Salgarello Coelho (2023).

3.4 Dados climatológicos

Dados climatológicos da estação automática de Alegre – ES foram obtidos junto ao site do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2023) a fim de correlacionar o aporte da serapilheira aos eventos climáticos. Para isso, os dados climatológicos foram segregados conforme as datas corretas de cada coleta realizada. Os dados utilizados foram: acumulado de pluviosidade (mm), acumulado da radiação global (kJ m⁻²), temperatura média diária, média máxima diária e média mínima diária (° C), umidade relativa média (%), velocidade média do vento e velocidade média de rajada (m s⁻¹).

3.5 Análise estatística

Baseado nas informações levantadas da estação meteorológica, definiram-se dois regimes hídricos distintos: período de menor precipitação (abril a setembro) e período de maior precipitação (outubro a março). Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software estatístico SPSS versão 20,0. O teste de normalidade por meio de Shapiro-Wilk verificou se os dados seguiram a distribuição normal e o teste de Levene verificou se as variâncias eram estatisticamente iguais (homocedasticidade).

Os dados do aporte de serapilheira entre os tratamentos e os períodos de precipitação foram analisados por meio da estatística descritiva (média, desvio padrão e percentual). Aplicou-se ainda o teste Tukey ($p < 0,05$), para comparar o aporte de serapilheira entre os tratamentos e o teste T ($p < 0,05$) para comparar as médias do aporte de serapilheira entre as frações folha e miscelânea e entre os dois regimes de precipitação. Com base nas variáveis climatológicas, realizou-se correlação de Pearson para o aporte de serapilheira total, folhas e miscelânea.

4. RESULTADOS DA PESQUISA

O aporte de serapilheira (folhas + miscelânea) total foi de 12.331,6; 12.827,5; 12.024,9 e 4.488,5 kg ha⁻¹ para os tratamentos E, PE, PEL e PA, respectivamente (Tabela 2). Por meio do teste de Tukey, ($p < 0,05$), não houve diferença estatística para o aporte total. Comparando o aporte de serapilheira total entre o período de menor e maior precipitação, observa-se que houve diferença estatística por meio do teste T apenas para o tratamento PA, 1.536,8 e 2.951,7 kg ha⁻¹, respectivamente.

Analisando os dados do presente estudo com o estudo de Wink et al. (2022) que teve como objetivo avaliar a influência da sazonalidade climática, face de exposição e da posição dos coletores na deposição e estoque de nutrientes da serapilheira em sistemas integrados de produção, os autores observaram que a contribuição da serapilheira do eucalipto na ciclagem de nutrientes variou em função do sistema de cultivo, sendo maior no consórcio de árvores com lavoura (ILF) do que no consórcio de árvores com pastagem (IPF).

Tabela 2 - Aporte total de serapilheira entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvopastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro - ES.

Tratamento	Período de menor precipitação (inverno seco)	Período de maior precipitação (verão chuvoso)	Total
	kg ha⁻¹		
E (Trat. 2)	4.393,2 ab ±2596 (35,6%)	7.938,4 a ±5131 (64,4)	12.331,6 a±7141,3 (100)
PE (Trat. 3)	6.615,2 ab ±1078 (51,6)	6.212,3 a ±2686 (48,4)	12.827,5 a ±2126 (100)
PEL (Trat. 4)	6.881,4 a ±4043 (57,2)	5.143,5 a ±3171 (42,8)	12.024,9 a ±6801 (100)
PA (Trat. 5)	1.536,8 b ±621	2.951,7 a* ±966	4.488,5 a ±1514

(32,2)

(65,8)

(100)

Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (*) diferença estatística por meio do teste T, comparando o período de menor e maior precipitação. Valores entre “ () ” representam a contribuição percentual de cada período de precipitação para o total.

E = eucalipto; PE = pastagem + eucalipto; PEL = pastagem + eucalipto + leucena; PA = pastagem + araribá.

Fonte: Elaboração própria (2023).

Em relação ao aporte da serapilheira foliar o total foi de 9.196,6; 9.177,7; 8.600,9 e 3.060,4 kg ha⁻¹ para os tratamentos E, PE, PEL e PA, respectivamente. Observa-se que não houve diferença estatística para o aporte da serapilheira foliar (teste de Tukey ($p < 0,05$)). Analisando os dados, bem como, comparando aporte da serapilheira foliar entre o período de menor e maior precipitação, é possível observar que houve diferença estatística por meio do teste T somente para o tratamento PA 818,4 e 2.242,0 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Aporte de serapilheira foliar entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvopastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro - ES.

Tratamento	Período de menor precipitação (inverno seco)	Período de maior precipitação (verão chuvoso)	Total
	kg ha⁻¹		
E (Trat. 2)	3.040,7 a ± 2015 (33,1)	6.155,9 a ± 4406 (66,9)	9.196,6 a ± 5858 (100)
PE (Trat. 3)	4.761,0 a ± 1481 (51,9)	4.416,7 a ± 2135 (41,8)	9.177,7 a ± 1798 (100)

	4.450,4 a ± 3179	4.150,5 a ± 2608	8.600,9 a
PEL (Trat. 4)	(51,7)	(48,3)	± 5690 (100)
	818,4 a ± 670	2.242,0 a* ± 744	3.060,4 a
PA (Trat. 5)	(26,7)	(73,3)	± 1225 (100)

Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (*) diferença estatística por meio do teste T, comparando o período de menor e maior precipitação. Valores entre “ () ” representam a contribuição percentual de cada período de precipitação para o total.

E = eucalipto; PE = pastagem + eucalipto; PEL = pastagem + eucalipto + leucena; PA = pastagem + araribá.

Fonte: Elaboração própria (2023).

Aporte de serapilheira de miscelânea (Tabela 4) foi de 3.650,0; 3.424,0; 3.135,0 e 1.428,2 kg ha⁻¹ para os tratamentos PE, PEL, E e PA, respectivamente. Por meio do teste de Tukey, ($p < 0,05$), não houve diferença estatística aporte de serapilheira de miscelânea. Comparando o aporte de serapilheira de miscelânea entre o período de menor e maior precipitação, observa-se que não houve diferença estatística por meio do teste T.

Tabela 4 - Aporte de serapilheira de miscelânea (composta praticamente por galhos finos, estruturas reprodutivas e sementes) entre os tratamentos (modelos de Sistemas Silvopastoris) e entre os períodos de menor e maior precipitação aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro – ES.

Tratamento	Período de menor precipitação (inverno seco)	Período de maior precipitação (verão chuvoso)	Total
	kg ha ⁻¹		
E (Trat. 2)	1.352,5 a ± 670 (43,1)	1.782,5 a ± 670 (56,9)	3.135,0 a ± 1913 (100)

PE (Trat. 3)	1.854,2 a ± 670 (50,8)	1.795,6 a ± 670 (49,2)	3.650,0 a ± 1631 (100)
PEL (Trat. 4)	2.431,0 a ± 670 (70,1)	993,0 a ± 670 (28,9)	3.424,0 a ± 2303 (100)
PA (Trat. 5)	7.18,4 a ± 670 (50,3)	709,8 a ± 670 (49,7)	1.428,2 a ± 650 (100)

Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). (*) diferença estatística por meio do teste T, comparando o período de menor e maior precipitação. Valores entre “ () ” representam a contribuição percentual de cada período de precipitação para o total.

E = eucalipto; PE = pastagem + eucalipto; PEL = pastagem + eucalipto + leucena; PA = pastagem + araribá.

Fonte: Elaboração própria (2023).

O estudo realizado Moura (2016) por teve como objetivos, quantificar o aporte anual de serapilheira em um povoamento comercial de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, entre os 27 e 38 meses de idade, em Aracruz-ES, Brasil. O aporte de serapilheira, teve variação durante os dozes meses de coleta, com valores médios mensais entre 72,91 e 730,95 kg ha⁻¹, para a fração folhas/miscelânea, entre 12,65 e 311,57 kg ha⁻¹, para a fração galhos, e entre 130,45 e 768,21 kg ha⁻¹ para o total. Segundo o autor, o aporte anual de folhas/miscelânea, galhos e total foram, respectivamente de 3.485,17; 1.312,41 e 4.7978,57 kg ha⁻¹. No presente estudo, também houve variação do aporte de serapilheira durante os 12 meses de coleta. Nos tratamentos E, PE e PEL foram observados os menores aportes de serapilheira total em setembro/2022 (período de menor precipitação - inverno seco), respectivamente 513, 8; 318,7 e 265,6 kg ha⁻¹. No entanto, os maiores aportes de serapilheira total foram no período de maior precipitação – verão chuvoso): tratamento E (1.520,7 kg ha⁻¹, março/2023); tratamento PE (1.659,3 kg ha⁻¹, abril/2022; tratamento PEL (1.960,9 kg ha⁻¹, maio/2023) e tratamento PA (659, 0 kg ha⁻¹, janeiro/2023).

Cabe ressaltar que nesse estudo o aporte de serapilheira apresentou alta variabilidade (CV > 20%) ao longo dos 12 meses de coleta, isso pode ser devido a uma

estratégica adaptativa das espécies aos períodos de alterações das variáveis climáticas. Segundo Corrêa; Schumacher e Momolli (2013), estudando a deposição de serapilheira em povoamento de *Eucalyptus dunnii* entre 1,5 e 2,5 anos de idade, observaram que o aporte de serapilheira foi de 4.085,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, sendo constituído por 93 % pela fração folhas. O estudo de Viera et al. (2014), avaliaram a dinâmica nutricional em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, observaram uma produção de serapilheira de 6.870,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ aos seis anos e 8.500,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ aos nove anos de idade.

Estudo realizado por Freitas et. al. (2013) teve como objetivos quantificar a produção de serapilheira total em dois Sistemas Agrossilvipastoris, sendo o Sistema 1: milho (*Zea mays*) + eucalipto (híbrido – *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) + acácia (*Acacia mangium*) + braquiária (*Brachiaria decumbens*); e o Sistema 2: milho (*Zea mays*) + eucalipto (híbrido – *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*); mais testemunha: braquiária (*Brachiaria decumbens*) em monocultivo. Os autores observaram que o maior aporte de serapilheira total durante período de estudo foi observado no Sistemas Agrossilvipastoris com eucalipto (4.219,8 kg ha⁻¹ano⁻¹) e com eucalipto mais acácia (4.450,11 kg ha⁻¹ano⁻¹), comparados à monocultura de pasto (2.387,64 kg ha⁻¹ano⁻¹), evidenciando-se a contribuição significativa do componente arbóreo para o aumento da quantidade de material vegetal depositado sobre o solo. Apesar de não haver diferenças estatísticas, a deposição de serapilheira da forrageira no Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto foi superior à do sistema com eucalipto e acácia.

No estudo de Corrêa Neto et al. (2014) os sítios foram selecionados em posições topográficas distintas de uma topo-sequência: terço superior (TS), terço médio (TM) e terço inferior (TI). Os solos foram diferenciados quanto à classe, características do terreno, influência do lençol freático e produtividade. No (TS) localiza-se um Argissolo Vermelho-Amarelo, no (TM) o Argissolo Amarelo, e no (TI) um Planossolo Háplico. Ao comparar o aporte de material decíduo (folhas) entre os sítios, verifica-se que no verão e inverno o aporte segue padrões semelhantes, assim como no outono e na primavera, ressaltando entre eles o padrão inverso dos terços superior (TS) e médio (TM) em relação ao terço inferior (TI). Os maiores aporte de material decíduo (folhas) foram na primavera (TS = 12,78 Mg ha⁻¹); outono TM = 12,93 Mg ha⁻¹) e TI (verão

20,07 Mg ha⁻¹). Segundo os autores, os parâmetros estudados refletem as diferentes características dos sítios e suas limitações e sugerem dinâmicas de manejo diferenciadas, o que indica a adoção de distintas técnicas de plantio, como espaçamento, tipo de aplicação de nutrientes, dentre outros.

É possível constatar que no presente estudo o aporte de serapilheira total não corrobora com alguns dados citados. Pois, as diferenças podem estar induzidas pela densidade do povoamento, espécies e variáveis climáticas (SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014). O aporte de serapilheira pode ainda ser alterado em função da idade, da época de coleta, das condições edafoclimáticas, espaçamento, estágio de sucessão, altitude, latitude, relevo, tipo de solo (CALDEIRA et al., 2008), bem como condições de sombreamento intenso (PACIULLO et al., 2007 e FREITAS et al., 2013).

A literatura evidencia que a dinâmica da serapilheira é influenciada por diversos fatores como o tipo e a diversidade da vegetação (GUIMARÃES; CALIL, 2017), fatores climáticos como o vento, em fragmentos, devido ao efeito de borda (PIETRO-SOUZA, et al., 2012) e a mudança no padrão climático, causado pelos períodos de seca e chuva. Silva et al. (2007) também destacam que a estação climática influencia na sazonalidade da produção de serapilheira em floresta de transição Amazônia-Cerrado, sendo maior na estação seca e menor na estação chuvosa, com maior expressividade para o compartimento folhas. Além disso, em plantios florestais, essa sazonalidade de deposição de serapilheira também pode sofrer influência do fogo, ataque de insetos, bem como da dimensão e proporção das copas, densidade e do manejo silvicultural (VIERA; SCHUMACHER, 2010) e da distância entre as faixas de plantio das árvores (FREITAS et al., 2013). Segundo esses autores, a deposição de serapilheira em sistema agrossilvipastoril é inversamente proporcional as distâncias das faixas de plantio das árvores.

Analisando os dados do aporte de serapilheira das espécies *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Centrolobium tomentosun*, é possível observar que o aporte da serapilheira total, das folhas e das miscelâneas foi menor na espécie *Centrolobium tomentosun*. Os dados evidenciam que foi no período de menor precipitação (inverno seco) que ocorreu maior aporte de serapilheira total e foliar (Tabela 2 e 3). Os dados do aporte de serapilheira de *Centrolobium tomentosun* corroboram com o estudo realizado

por Aidar e Joly (2003). Segundo os autores a queda de serapilheira ocorreu durante todo o ano, com o mínimo no início da estação úmida (outubro 1990, com 0,3% do total da serapilheira produzida durante o período de estudo), e dois picos principais: um durante o verão, no auge da estação úmida (janeiro e fevereiro 1991, com 25,1% do total de serapilheira), e um no fim do inverno, durante a estação seca (julho e agosto 1991, com 52,3 % do total da serapilheira). A espécie apresentou grande produção de serapilheira ($4.200,0 \text{ kg ind}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

A literatura registra que o comportamento decíduo do *Centrolobium tomentosum* durante o inverno (julho a setembro), evento bem documentado para outras espécies arbóreas características das Matas Ciliares do interior do estado de São Paulo (Pagano e Durigan 2000), está relacionado ao estresse hídrico (Pedroni et al., 2002). Os resultados obtidos no presente trabalho de Aidar e Joly (2003) quanto à quantidade e a qualidade da serapilheira produzida por *Centrolobium tomentosum* e nesse estudo indicam uma grande contribuição da espécie na ciclagem de nutrientes na em Mata Ciliar e em diferentes modelos de Sistemas Silvopastoris.

Independente do tratamento o aporte de serapilheira é composto majoritariamente pelo componente folhas, sendo 9.196,6; 9.177,7; 8.600,7 e 3.060,2 kg ha^{-1} para os tratamentos E, PE, PEL e PA, respectivamente. Tais valores evidenciam que o componente folhas representa 74,6, 71,5, 71,5 e 68,2 % do total de serapilheira aportada (Tabela 5). Conforme Schumacher et al. (2011), as folhas normalmente constituem a maior proporção da biomassa de serapilheira que cai ao solo. Alguns autores consideram que épocas úmidas ao longo do ano provêm condições ambientais mais propícias para a renovação foliar, e sua ação mecânica pode influenciar na queda das folhas (VENDRAMI et al., 2012).

Os resultados encontrados corroboram com o estudo de Zhang et al. (2014) que realizaram um levantamento do padrão de aporte de serapilheira em diferentes ecossistemas florestais no mundo. Segundo os autores, a participação da fração folhas variou entre 63-74 %. No estudo de Scoriza e Piña-Rodrigues (2014), a quantidade de serapilheira aportada nos fragmentos florestais foi $6,9 \pm 0,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, composta por 65 % de folhas. Valores semelhantes são encontrados na literatura para floresta

Estacional Semidecidual (GODINHO et al., 2013), bem como em plantios com eucaliptos (MELOS; SATO; COELHO NETTO, 2010; DINIZ; PEREIRA; LOSS, 2011; CORRÊA; SCHUMACHER; MOMOLLI, 2016; URBANO et al., 2018)

Aidar e Joly (2003) tiveram como objetivos estudar a dinâmica da produção da serapilheira do *Centrolobium tomentosum* em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. De acordo com autores a produção anual média por indivíduo atingiu ($4.200,0 \text{ kg ind}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), sendo que os folíolos representaram 63,2 %, as raques 19,0% (total de folhas 82,2 %), as flores 10,1 % e os frutos 7,7 % do total da serapilheira aportada. No presente estudo a fração folhas na serapilheira aportada correspondeu 68,2 % (Tabela 5). A literatura registra que alguns autores associam essa variação às características fisiológicas das espécies pioneiras de maior ocorrência nessas áreas, que possuem período e ciclos de vida menores que as espécies clímax, aportando mais frequentemente a serapilheira ao solo (PINTO et al., 2008; MENEZES et al., 2010; GODINHO et al., 2013). É possível que outros fatores ambientais, tais como: idade da folha, estresse hídrico, diminuição de entrada de nutrientes, diminuição do período do dia, mudanças na composição dos gases atmosféricos e consumo por organismos parasitas, representam uma grande contribuição para a queda das folhas (BORCHERT et al., 2002).

Tabela 5 - Aporte de serapilheira entre as frações em cada tratamento (modelos de Sistemas Silvipastoris) aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro – ES.

Tratamento	Folha	Miscelânea	Total
kg ha^{-1}			
E (Trat. 2)	9.196,6 \pm 5858 (74,6)	3.135,0 \pm 1913 (25,4)	12.331,6 \pm 7141,3 (100)
PE (Trat. 3)	9.177,7* \pm 1798 (71,5)	3.650,0 \pm 1631 (28,5)	12.827,5 \pm 2126 (100)
PEL (Trat. 4)	8.600,7 \pm 5690 (71,5)	3.424,0 \pm 2303 (28,5)	12.024,9 \pm 6801 (100)
PA (Trat. 5)	3.060,2 \pm 1225	1.428,2 \pm 650	4.488,5 \pm 1514

(68,2)

(31,8)

(100)

(*) diferença estatística por meio do teste T, comparando as frações. Valores entre “ () ” representam a contribuição percentual de cada fração para o total.

E = eucalipto; PE = pastagem + eucalipto; PEL = pastagem + eucalipto + leucena; PA = pastagem + araribá.

Fonte: Elaboração própria (2023).

A análise de Pearson mostra correlação positiva entre a serapilheira foliar do tratamento P+E e as variáveis meteorológicas temperatura média, máxima e mínima, com valores de 0,80, 0,80 e 0,79, respectivamente. Correlação inversa foi observado entre o aporte de miscelânea do tratamento com pastagem + araribá (P+A) e as temperaturas médias, máximas e mínimas, -0,62, -0,60 e 0,65, respectivamente (Tabela 6). As variáveis velocidade média de rajada e velocidade média do vento apresentaram correlação inversa com o aporte de serapilheira foliar para os tratamentos P+E, P+E+L e P+A.

Tabela 6 - Correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas e o aporte de serapilheira nos diferentes tratamentos (modelos de Sistemas Silvopastoris) e frações aos 4,0 anos de idade, Jerônimo Monteiro, ES.

	Pluv.	Radia.	T. Média	T. Max	T. Min	UR	V. Raj.	V. Média
Total								
E	0,25	0,29	0,62	0,61	0,63	0,25	-0,14	-0,19
PE	0,34	0,31	0,35	0,36	0,34	0,51	-0,65	-0,71
PEL	-0,43	-0,50	-0,47	-0,46	-0,47	0,09	-0,52	-0,46
PA	-0,42	-0,48	-0,56	-0,55	-0,58	0,03	-0,51	-0,41
Folha								
E	0,27	0,42	0,80	0,80	0,79	0,12	-0,30	-0,41
PE	0,69	0,50	0,39	0,38	0,40	0,77	-0,54	-0,62
PEL	-0,39	-0,42	-0,40	-0,39	-0,41	0,10	-0,62	-0,58
PA	-0,36	-0,42	-0,35	-0,35	-0,36	0,18	-0,59	-0,53

	Miscelânea							
E	0,04	-0,09	-0,06	-0,08	-0,03	0,24	0,18	0,24
PE	-0,33	-0,14	0,05	0,07	0,01	-0,19	-0,31	-0,30
PEL	-0,17	-0,30	-0,26	-0,27	-0,25	0,01	0,16	0,22
PA	-0,35	-0,39	-0,62	-0,60	-0,65	-0,16	-0,25	-0,13

Valores em negrito apresentam correlação de Pearson ($p < 0,05$).

E: Eucalipto; PE: Pastagem e Eucalipto; PEL: Pastagem, Eucalipto e Leucena; PA: Pastagem e Araribá. Pluv = Acumulado de Pluviosidade; Radia. = Acumulado da Radiação Global; T. Média = Temperatura Média Diária; T. Max = Temperatura Média Máxima Diária; T. Min = Temperatura Média Mínima Diária; UR = Umidade Relativa Média; V. Raj = Velocidade Média de Rajada; V. Média = Velocidade Média do Vento. n=12.

De acordo com Viera et al. (2014), o aumento na serapilheira aportada pode estar associado ao aumento na velocidade do vento, radiação solar e evapotranspiração e na disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas. De modo geral, a serapilheira aportada está mais associada as condições climáticas, como a precipitação, do que com as práticas de manejo empregadas no povoamento. Tal afirmação é comprovada no estudo de Triadiati et al. (2011), em que a deposição mensal de serapilheira tanto em floresta natural como sistema agroflorestal é influenciada pelas condições climáticas. Porém, para espécie de pinus, Lopes (2013) afirma que a precipitação não influenciou a deposição de serapilheira. Wink et al. (2022), comentam que a serapilheira aportada apresentou padrão sazonal em função da precipitação, com maior deposição no período seco. Os fatores de sazonalidade climática, face de exposição e a posição dos coletores influenciaram na serapilheira aportada de eucalipto entre os sistemas de cultivo.

Conforme Wink et al. (2022), entender a influência dos fatores de produção, como a exposição à luz, a disposição de plantio e a temporalidade climática sobre a serapilheira aportada e o estoque de nutrientes da serapilheira é importante para a tomada de decisão quanto à escolha do espaçamento, a orientação das faixas de plantio, a escolha das espécies, e na compreensão do tempo de retorno desse material, ao ciclo geoquímico, influenciando as práticas de manejo, como a adubação. Empregar

generalizações nesse tipo de estudo pode ser arriscado, uma vez que esse, por ser um processo ecológico e dinâmico, é regulado por um conjunto de fatores, como a resposta de crescimento das espécies, características edafoclimáticas e do correto planejamento de plantio e manejo.

Estudo realizado por Caldeira et al. (2022) teve como o objetivo avaliar a resposta da serapilheira aportada em relação aos elementos climáticos em um plantio do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Os autores constataram que nenhum dos elementos climáticos no mesmo mês de coleta influenciaram de forma significativa a deposição total e da fração folhas+miscelânea. Contudo, houve correlação para a fração galhos, com efeito negativo para umidade do ar mínima e positivo para radiação solar. É fato que fatores ambientais, principalmente temperatura do ar, precipitação e radiação solar, influenciam o padrão sazonal de produção de serapilheira e, portanto, os processos de ciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2011; ZHANG et al. 2014). De forma geral, localidades com alta precipitação pluviométrica normalmente apresentam maior produção de serapilheira do que em regiões mais secas. A frequência e distribuição das chuvas também são importantes fatores na deposição, sendo necessária a consideração da ocorrência de intempéries incomuns no clima da região, uma vez que estes podem alterar a deposição de serapilheira, tanto em sistemas florestais naturais, como em florestas plantadas (ANDRADE et al., 2003).

5. CONCLUSÕES

Nos modelos de sistemas silvipastoris com eucalipto foi observado maior aporte de serapilheira total.

Em relação ao período de menor e maior precipitação somente houve diferença estatística no aporte total para o tratamento P+A (pastagem + araribá).

Foi constatado correlação positiva entre o aporte da serapilheira foliar do tratamento P+E (pastagem + eucalipto) e as variáveis meteorológicas temperatura mínima e média.

No que se refere o aporte de serapilheira entre as frações (folhas e miscelânea) entre os diferentes tratamentos (modelos de sistemas silvipastoris), o menor aporte de miscelânea foi no tratamento P+A (pastagem + araribá).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, M. P. M.; JOLY, C. A. 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**, v. 26, n. 2, p. 193-202, jun. 2003.

ALVARES, C. A. et al Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

BALBINO, L. C. et al. **Marco referencial: Integração Lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2011. 130p.

BALBINO, L. C. et al. **Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações**. In: BUNGENSTAB, D. J. Editor Técnico. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. p.11-18.

BALIEIRO, F. C. et al. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p. 597-601, 2004.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. **Técnicas de amostragens e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp**. In: GONCALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 105-133.

BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, São Paulo, v. 34, p. 27-39, 2002.

CALDEIRA et al. **Existe relação dos elementos climáticos com a deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus*?** In: FELSEMBURGH, C. A. Engenharia florestal: resultados das pesquisas e inovações tecnológicas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. p. 50-65.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 29, n. 1, p. 53–68, 2008.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, p.189-204. 2001.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR – Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

CORRÊA NETO, T. A. et al. Aporte de serapilheira em plantios de eucalipto em função da qualidade do sítio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 399-406, out./dez. 2014.

CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 41, n. 97, p. 65–74, 2013.

CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e micronutrientes ao longo das estações do ano em um plantio de eucalipto estabelecido sobre pastagem natural degradada no bioma pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 435-442, jun. 2016. DOI: dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.16.

DIAZ, P. Araribá (*Centrolobjum tomentosum* Guillem. ex Benth. - Fabaceae): revisão bibliográfica de essência nativa de grande potencial silvicultural. **Revista Instituto Florestal**, v. 4 único, p. 430-434, mar.1992.

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Aporte de material decíduo e fertilidade do solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, p. 19-26, 2011.

DUARTE, E. M. G. **Árvores em sistemas agroflorestais: ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica do solo**. 2011. Tese (Doutorado Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

EEKEREN, N. et al. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. **Applied Soil Ecology**, v. 40, p. 432-446, 2008.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Ilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.151-168. (Suplemento especial) 2010.

FERREIRA, A. D. et al. **Manejo das árvores e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto**. In: BUNGENSTAB, D. J. Editor Técnico. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 212-142.

FERREIRA, R. L. C. et al. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, 2007.

FREITAS, E. C. S. et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

GARBIN, M. L. et al. Breve histórico e classificação da vegetação capixaba. **Rodriguésia**, v. 68, n. 5, p. 1883-1894, 2017.

GARRETT, R. D. et al. Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, p. 24, 2020.

GODINHO, T. de O. et al. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 131 - 144, 2013.

GUIMARÃES, L. E, CALIL, F. N. Aspectos ecológicos em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **Tree Dimensional**, Goiânia, v. 2; n. 4, p. 1-21, 2017.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2023**. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados do censo agropecuário., 2019** Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 01 de dezembro de 2023.

IBM Corporation. **IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0**; IBM Corporation: Armonk, NY, USA, 2011.

INCAPER – **Assistência Técnica e Extensão Rural. 2017**. Disponível: http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=atlas_pluvio Access: 19 jan. 2017. » http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=atlas_pluvio

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 11 de dezembro de 2023.

KICHEL, A. N. et al. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro**. In: BUNGENSTAB, D. J. Editor Técnico. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. p.1-9.

LOPES, G. V. **Dinâmica nutricional em um povoamento de *Pinus taeda* L., no Rio Grande do Sul**. 2013. 140f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MACEDO, M. C. M; ARAÚJO, A. R. **Integração lavoura-pecuária: alternativas para recuperação de pastagens degradadas**. In: BUNGENSTAB, D. J. Editor Técnico. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. 2. ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. p.27-48.

MELOS; SATO; COELHO NETTO. Produção, estoque e retenção hídrica da serrapilheira em encosta sob plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*: Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 33, n. 2, p. 66-73, 2010.

MENEZES, C. E. G. et al. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MOURA, R. R. S. **Produção de serapilheira e decomposição dos resíduos da colheita em povoamento de *Eucalyptus* no Espírito Santo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. 2000. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em Matas Ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil**. In Matas ciliares: conservação e recuperação (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Editora da USP/Fapesp, São Paulo, p.109-123

PARRA, A. S.; RAMIREZ, D. Y. G.; MARTÍNEZ, E. A. Silvopastoral systems ecological strategy for decreases C footprint in livestock systems of Piedmont (Meta), Colombia. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 66, p. e23220340, 2022.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 177-182. 2002.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. **Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo**. Alegre: Ufes, 2012. 178p.

PIETRO-SOUZA W. et al. Produção de necromassa e de serapilheira em área de preservação permanente pertencente ao rio São Lourenço, Campo Verde – MT. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9; n. 1, p. 47-66, jan./mar., 2012.

PINHEIRO, F. M. et al. Soil carbon stock and stability under *Eucalyptus*-based silvopasture and other land-use systems in the Cerrado biodiversity hotspot. **Journal of Environmental Management**, v. 299, p. 113676, 2021.

PINTO, S. I. C. et al. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 545 - 556, 2008.

PIOVESAN, G.; M. V. et al. Deposição de serapilheira em povoamento de pinus. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 42, n. 2, p. 206-211, 2012

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Colombo: (Embrapa Florestas. Documentos, 191)**. Embrapa Florestas, 40p. 2009.

ROCHA, G. L. A evolução da pesquisa em forragicultura e pastagens no Brasil. **Anais... Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 45, n. 1, p.5-51, 1988.

SALTON, J. C. **Benefícios da adoção da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: CORDEIRO, L. A. M. et al. Editor Técnico. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393p. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

SALVADOR, S. M.; CONSENSA, C. B.; ARAÚJO, E. F. DE. Produção de serapilheira e devolução de macronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* (F. Muell). **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, RS, v. 2, n. 2, p. 2014, 2014.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.: il.

SCHUMACHER, M. V. et al. Espécies predominantes na deposição de serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 479-486, 2011.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 471-480, 2008.

SCORIZA, R. N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v. 2, n. 2, p. 01-18, 2012.

SILVA C. J. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Revista Acta Amazônica**, v. 37; n. 4; p. 543-548, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000400009>

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LACLAU, J. P. Applying Sewage Sludge to *Eucalyptus grandis* plantations: Effects on biomass production and nutrient cycling through litterfall. **Applied and Environmental Soil Science**, [S.l.], v. 2011, p. 1–11, 2011.

SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 471p.

SOUZA, J. A.; DAVID, A. C. Deposição de serrapilheira 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**, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

STAMPS, W.T.; LINIT, M.J. Plant diversity and arthropod communities: implications for temperate agroforestry. **Agrofor. Syst.**, v. 39, p. 73-89, 1997.

TANG, G.; LI, K.; ZHANG, C.; GAO, C.; LI, B. Accelerated nutrient cycling via leaf litter, and not root interaction, increases growth of *Eucalyptus* in mixed-species plantations with *Leucaena*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 310, p. 45-53, 2013.

TRIADIATI, S. et al. Litterfall production and leaf-litter decomposition on natural forest and cacao agroforestry in Central Sulawesi, Indonesia. **Asian Journal of Biological Sciences**, v. 4, n. 3, p. 221-234, 2011. doi 10.17311/aibs.2011.221.234

UDAWATTA, R. P. et al. Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. **Appl Soil Ecol.**, v. 39, p. 153-160, 2008.

URBANO, C. N. et al. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em povoamentos jovens de *Eucalyptus* no planalto catarinense. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v. 6, n. 2, p. 33-44, mai./ago., 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X27068>.

VENDRAMI, J. P.; JURINITZ, C. F.; CASTANHO, C. T. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 136 - 143, 2012.

VIERA, M. et al. Deposição de serrapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 21, n. 3, p. 327-338, 2014.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serrapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 225-233, abr./jun., 2010. <https://doi.org/10.5902/198050981848>.

VINHAL-FREITAS, I. C.etal. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.757-764, 2010.

WENDLING, I. J. et al. **Sistemas silvipastoris – uma alternativa viável para áreas montanhosas do Espírito Santo**. In: GONÇALVES, F. G. et al. Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021. 332 p.

WINK, C. et al. Influência de fatores climáticos e espaciais na produção de serrapilheira do eucalipto em sistemas integrados. **Advances Forestry Science**, Cuiabá, v. 9, n. 2, p. 1751-1760, 2022.

XAVIER, F.A.S. **Soil organic matter stock and quality in agroforestry and full sun coffee systems**. 2009. 153 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

YARED, J. A. G.; BRIENZA JÚNIOR, S.; MARQUES, L. C. T. **Potencialidades da agrossilvicultura para a Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU/PA, 1992. 17 p. (EMBRAPA-CPATU/PA. Curso de instrutores agroflorestais, Macapá (1992).

ZHANG, H.; YUAN, W.; DONG, W.; LIU, S. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. **Ecological Complexity**, v. 20, p. 240–247, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2014.01.003>.

ZIMMER, A. H. et al. Uso da ILP na melhoria da produção animal. In: SIMPAPASTO – SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/Sthampa, p. 39-79. 2011.