

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CAMPUS LAGOA DO SINO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

JOÃO VITOR MENDES DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO  
ALTERNATIVA E ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

BURI/SP  
2025

JOÃO VITOR MENDES DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO  
ALTERNATIVA E ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal De São Carlos como requisito  
para obtenção do título Bacharel em Engenharia  
Ambiental.

Orientador: Henrique Carmona Duval  
Coorientador: Prof. Dr. Rafael De Oliveira Tiezzi


BURI/SP

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL


**Folha de Aprovação**

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) candidato(a) João Vitor Mendes de Oliveira, realizada em 18/11/2025:

 Documento assinado digitalmente  
**HENRIQUE CARMONA DUVAL**  
Data: 18/11/2025 12:03:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Doutor Henrique Carmona Duval – Orientador(a)  
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.

 Documento assinado digitalmente  
**ALDENOR DA SILVA FERREIRA**  
Data: 18/11/2025 14:00:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Doutor Aldenor da Silva Ferreira  
**UFSCar**

 Documento assinado digitalmente  
**JAQUELINE FERNANDA SOARES**  
Data: 18/11/2025 13:23:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Mestranda Jaqueline Fernanda Soares  
**UFSCar**

Oliveira, João Vitor Mendes de

PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS COMO ALTERNATIVA E  
ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL  
SUSTENTÁVEL / João Vitor Mendes de Oliveira --2025.  
41f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,  
campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Henrique Carmona Duval

Banca Examinadora: Doutor Aldenor da Silva Ferreira,  
Jaqueline Fernanda Soares

Bibliografia

1. Matéria orgânica. 2. Conservação do solo. 3. Energia  
renovável. I. Oliveira, João Vitor Mendes de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

## **AGRADECIMENTOS**

O percurso até a conclusão deste trabalho foi bastante desafiador, mas também profundamente gratificante. Durante esse caminho, contei com o apoio de instituições e pessoas que foram cruciais para que eu pudesse chegar até aqui. A cada um de vocês, agradeço profundamente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Carmona, agradeço pela orientação, paciência e conhecimento compartilhados ao longo deste período. Sua dedicação foi essencial para o meu desenvolvimento social, e para o meu crescimento como profissional.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Rafael Tiezzi, agradeço pelo apoio constante, pelas contribuições e por sempre me incentivar a buscar soluções inovadoras e sustentáveis.

Aos meus familiares e amigos, por acreditarem em mim, vocês são parte fundamental desta conquista. Um agradecimento especial às repúblicas Milan-b e Oscar-cavara, que foi meu lar e minha família durante anos no período acadêmico. Vocês me ofereceram uma família longe de casa, também foram minha rede de apoio, conhecimentos e convivência que fez toda a diferença na minha trajetória.

Agradeço também à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Lagoa do Sino, pelo espaço proporcionado para o desenvolvimento deste trabalho e pela formação acadêmica de qualidade me proporcionando espaço para o desenvolvimento deste trabalho.

A instituição acadêmica foi o ambiente onde cresci tanto pessoalmente quanto profissionalmente. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento fosse realizado, meu mais sincero agradecimento. Muito obrigado!

## RESUMO

Considerando a crescente relevância dos sistemas agroflorestais como alternativa sustentável para a produção agrícola e a conservação ambiental, este trabalho objetiva analisar a produção de biomassa em sistemas agroflorestais como um desenvolvimento rural sustentável. Para tanto, procedeu-se à realização de uma pesquisa qualitativa, baseada em revisão bibliográfica de materiais publicados nos últimos 10 anos, incluindo artigos científicos, teses, dissertações e relatórios técnicos. Desse modo, observou-se que os sistemas agroflorestais promovem múltiplos benefícios, como o aumento da fertilidade do solo, a conservação da água e a redução da erosão, além de contribuírem significativamente para a geração de biomassa utilizada como fonte de energia renovável e insumo agrícola. Espécies como o mutambo (*Guazuma ulmifolia*) e o capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) destacaram-se pela eficiência no fornecimento de biomassa, enquanto práticas como a integração de reflorestamentos agroflorestais demonstraram elevado potencial para mitigação de mudanças climáticas. Esses achados permitem concluir que os sistemas agroflorestais representam uma solução promissora para aliar produção agrícola, conservação ambiental e benefícios sociais, contribuindo para a resiliência das comunidades rurais e para os objetivos globais de sustentabilidade.

Palavras-chave: Matéria orgânica; Conservação do solo; Energia renovável.

## ABSTRACT

Considering the growing relevance of agroforestry systems as a sustainable alternative for agricultural production and environmental conservation, this study aims to analyze biomass production in agroforestry systems as an effective strategy for sustainability. To this end, a qualitative research was conducted, based on a bibliographic review of materials published in the last 10 years, including scientific articles, theses, dissertations, and technical reports. The results revealed that agroforestry systems offer multiple benefits, such as increased soil fertility, water conservation, and erosion reduction, in addition to significantly contributing to biomass generation used as a renewable energy source and agricultural input. Species such as *mutambo* and capim - Mombaça stood out for their efficiency in biomass production, while practices like the integration of agroforestry reforestation demonstrated high potential for climate change mitigation. These findings suggest that agroforestry systems represent a promising solution to combine agricultural production, environmental conservation, and social benefits, contributing to the resilience of rural communities and to global sustainability goals.

Keywords: Organic matter; Soil conservation; Renewable Energy.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
3.1	Conceitos fundamentais sobre sistemas agroflorestais	13
3.2	Princípios e práticas para a produção de biomassa	17
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>21</b>
4.1	Produção de biomassa em sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável (DRS)	21
4.1.1	Princípios e Práticas Dos Sistemas Agroflorestais	22
4.1.2	Benefícios ambientais, econômicos e sociais da produção de biomassa em sistemas agroflorestais	23
4.1.3	Desafios e potencialidades	25
4.2	Casos práticos	29
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento rural sustentável (DRS) tem se tornado um imperativo global, especialmente em face das crescentes preocupações com as mudanças climáticas, a degradação ambiental e a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais emergem como uma abordagem inovadora e promissora. Esses sistemas integram arbustos e árvores com culturas agrícolas e/ou criação de animais, gerando um ambiente de produção diversificado que pode oferecer múltiplos benefícios econômicos, sociais e ecológicos (Daniel; Oliveira; Soares, 2020; Ribeiro *et al.*, 2024).

Os sistemas agroflorestais são caracterizados pela capacidade de ser similar aos ecossistemas naturais, melhorando a qualidade do solo e da água promovendo assim a biodiversidade local. Ao combinar diferentes espécies vegetais e animais, esses sistemas promovem a sinergia entre os componentes agrícolas e florestais, resultando em uma utilização mais eficiente dos recursos naturais. Essa integração pode levar à melhoria da fertilidade do solo, controle da erosão e aumento da retenção de água, contribuindo para a resiliência dos ecossistemas agrícolas (Giovanni, 2023).

A produção de biomassa em sistemas agroflorestais (SAF), vem se destacando como uma estratégia relevante para o DRS. A biomassa, derivada de materiais orgânicos como resíduos de plantas e árvores, pode ser utilizada para a produção de energia renovável, adubação orgânica e alimentação animal. Esse uso diversificado não apenas agrega valor aos produtos agrícolas, mas também contribui para a sustentabilidade econômica dos produtores rurais, oferecendo uma fonte adicional de renda (De Sousa *et al.*, 2021).

Além dos benefícios econômicos e ecológicos, os sistemas agroflorestais têm um impacto significativo nas comunidades rurais. Eles promovem a segurança alimentar, diversificando a produção agrícola e reduzindo a dependência de monoculturas. Essa diversificação pode aumentar a resiliência dos agricultores a flutuações de mercado e a condições climáticas adversas, fortalecendo a estabilidade econômica e social das áreas rurais (Alves; Alencar, 2020).

A produção de biomassa em sistemas agroflorestais também está alinhada com as metas globais de sustentabilidade, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Especificamente, esses sistemas contribuem para os 3

ODS relacionados à erradicação da pobreza, segurança alimentar, ação climática e vida terrestre<sup>1</sup>. A adoção generalizada de tais práticas pode acelerar o progresso rumo a um desenvolvimento mais sustentável e equitativo (Loiola, 2024).

No entanto, a adoção de sistemas agroflorestais enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de conhecimento técnico especializado, mudanças nas práticas agrícolas tradicionais e acesso a mercados e financiamento. Políticas públicas eficazes e programas de capacitação são essenciais para superar esses obstáculos e incentivar a implementação em larga escala de sistemas agroflorestais para a produção de biomassa (Mira, 2021).

Portanto, a pesquisa sobre a produção de biomassa em sistemas agroflorestais não apenas contribui para o avanço científico, mas também oferece soluções práticas sustentáveis para os desafios do desenvolvimento rural sustentável. Ao explorar as interações complexas entre os componentes agrícolas e florestais, essa abordagem pode proporcionar benefícios múltiplos, promovendo a sustentabilidade ambiental, o bem-estar das comunidades rurais e a viabilidade econômica.

Nesse contexto surge a pergunta: Como a produção de biomassa em sistemas agroflorestais pode contribuir como uma alternativa e estratégia eficaz para o desenvolvimento rural sustentável?

A importância de discutir a produção de biomassa em sistemas agroflorestais reside em seus múltiplos benefícios. Ambientalmente, esses sistemas promovem a sustentabilidade, melhorando a qualidade do solo e da água, aumentando a biodiversidade e reduzindo as emissões de carbono. Economicamente, diversificam as fontes de renda dos agricultores, promovendo estabilidade financeira. Socialmente, aumentam a segurança alimentar e a resiliência das comunidades rurais. Assim, investigar esses sistemas é essencial para fornecer evidências científicas e recomendações práticas, orientando políticas públicas e iniciativas para o desenvolvimento rural sustentável (Mira, 2021; De Sousa, 2021).

---

<sup>1</sup> Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) mencionados estão diretamente relacionados às metas da Agenda 2030 da ONU, que buscam promover equilíbrio social, ambiental e econômico. O ODS 1 (Erradicação da Pobreza) visa eliminar a pobreza em todas as suas formas e dimensões; o ODS 2 (Fome Zero) propõe acabar com a fome e promover a agricultura sustentável; o ODS 13 (Combate às Alterações Climáticas) tem como meta adotar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos; e o ODS 15 (Vida sobre a Terra) busca proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, combater a desertificação e deter a perda da biodiversidade.

No ambiente acadêmico, esta pesquisa pode fornecer informações sobre a eficiência desses sistemas, as técnicas mais promissoras e os impactos ambientais positivos, fortalecendo assim a base de conhecimento acadêmico e fornecendo evidências científicas para uma melhor formulação de políticas e práticas agrícolas mais sustentáveis.

Assim, o objetivo geral da pesquisa é: analisar a produção de biomassa em sistemas agroflorestais como uma estratégia e alternativa para o desenvolvimento sustentável. Enquanto os objetivos específicos são: Revisar a literatura sobre os princípios e práticas dos sistemas agroflorestais; identificar os benefícios ambientais, econômicos e sociais da produção de biomassa em sistemas agroflorestais; examinar casos de sucesso na implementação de sistemas agroflorestais para produção de biomassa em diferentes regiões.

## 2 METODOLOGIA

Para responder aos problemas estabelecidos e alcançar os objetivos específicos delineados, foi realizada uma pesquisa de revisão bibliográfica. Esse tipo de pesquisa foi adequado para compilar, analisar e sintetizar o conhecimento existente sobre a produção de biomassa em sistemas agroflorestais e sua relevância para o desenvolvimento rural sustentável (DRS). A pesquisa foi do tipo qualitativa, focada na revisão da literatura existente sobre o tema. A abordagem qualitativa foi apropriada para compreender os conceitos, práticas e impactos relacionados aos sistemas agroflorestais e à produção de biomassa, bem como para identificar padrões, tendências e lacunas no conhecimento atual.

O universo da pesquisa abrangeu artigos científicos, livros, teses, dissertações, relatórios técnicos e documentos de políticas públicas relevantes ao tema, de forma que a revisão bibliográfica abrangeu materiais publicados nos últimos 10 anos, que abordaram de maneira significativa a produção de biomassa em sistemas agroflorestais e seus impactos ambientais, econômicos e sociais. A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisa em bases de dados acadêmicas como Google Scholar, Scopus, Web of Science e SciELO.

Em segundo momento, foi realizada a seleção de 10 artigos baseados em critérios de relevância, qualidade metodológica e pertinência ao tema central do trabalho. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de conteúdo, uma técnica qualitativa que permitiu a categorização e interpretação das informações extraídas dos textos revisados. Foram identificados e discutidos os principais temas, conceitos e evidências apresentados na literatura.

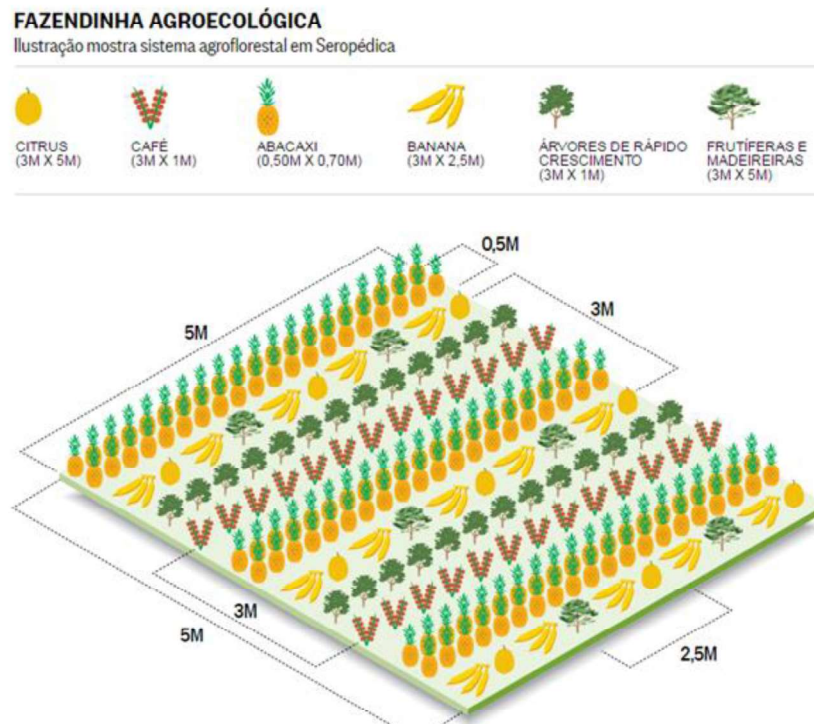
Foram utilizados descritores e palavras-chave como "sistemas agroflorestais", "produção de biomassa", "desenvolvimento rural sustentável", "benefícios ambientais", "impactos econômicos" e "segurança alimentar".

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Conceitos fundamentais sobre sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são orientados por uma abordagem inovadora para o uso sustentável da terra, na qual árvores e arbustos são cultivados em conjunto com plantas agrícolas ou, em alguns casos, com criação de animais. Além disso existe a diversificação na produção, fortalecendo a renda do agricultor e ampliando a segurança alimentar. Esse tipo de sistema busca imitar o funcionamento dos ecossistemas naturais, promovendo interações entre seus componentes que geram benefícios econômicos, sociais e ambientais. O objetivo principal é equilibrar a produção agrícola com a conservação ambiental, maximizando o uso dos recursos disponíveis (Martins; Ranieri, 2014; Schembergue *et al.*, 2017). Ambientalmente, os sistemas agroflorestais ajudam na recuperação áreas degradadas, promovem a biodiversidade e contribuem para a mitigação e adaptação frente as mudanças climáticas; tudo isso devido à grande resiliência ecológica do sistema. Desta forma, é possível verificar o funcionamento de um Sistema Agroflorestal de forma simplificada através da Figura 1 abaixo.

Figura 1- exemplo sistema agroflorestal



Fonte: Garcia (2024)

Uma das características mais marcantes dos SAFs é sua capacidade de regenerar o solo. Eles ajudam a aumentar a fertilidade, reduzem a erosão e melhoram a retenção de água, criando um ambiente mais saudável para as plantas. Esses benefícios são alcançados porque as árvores e arbustos ajudam a proteger o solo e a reciclar nutrientes, criando um ciclo sustentável dentro do sistema. Esse tipo de manejo é especialmente útil em áreas que enfrentam degradação ambiental ou baixa produtividade agrícola (Altieri; Nicholls, 2011).

A Figura 2, apresenta uma comparação entre três sistemas de uso da terra: monocultura, agrofloresta e floresta. Esses sistemas diferem em organização da vegetação, diversidade biológica e impacto ambiental, evidenciando a transformação da paisagem e dos serviços ecossistêmicos proporcionados. A monocultura, representada por uma única espécie cultivada em larga escala, prioriza a produtividade agrícola, mas compromete aspectos como a biodiversidade e a qualidade do solo. Segundo Mascarenhas *et al.* (2020), esse modelo pode resultar em degradação ambiental, erosão do solo e redução da capacidade de armazenamento de biomassa, devido à falta de diversidade estrutural e funcional.

Por outro lado, a área identificada como "Agrofloresta" demonstra um sistema agroecológico integrado, onde culturas agrícolas, espécies arbóreas e vegetação nativa coexistem. Esse modelo proporciona maior equilíbrio entre produção e conservação ambiental. Cunha *et al.* (2018) destacam que os SAFs têm potencial para armazenar carbono e melhorar a fertilidade do solo, enquanto Oliveira (2022) reforça sua eficácia na conservação do solo e manutenção da biodiversidade, mesmo em regiões adversas como o semiárido brasileiro. Além disso, as agroflorestas possibilitam a diversificação de produtos agrícolas e florestais, promovendo sustentabilidade econômica e ambiental.

A "Floresta", por sua vez, representa um ecossistema natural intacto, importante para a estabilidade ecológica e a preservação da biodiversidade. Fragmentos florestais, como descrito por Silva (2020), oferecem serviços ecossistêmicos indispensáveis, como a ciclagem de nutrientes e a conservação de recursos hídricos, além de atuarem como importantes reservatórios de carbono. Apesar de não serem diretamente voltadas à produção agrícola, as florestas naturais são fundamentais para sustentar a vida e mitigar os impactos das mudanças climáticas, servindo como um modelo ideal de equilíbrio ambiental.

Figura 2- monocultura, agrofloresta e floresta



Fonte: CicloVivo (2023)

Outro ponto importante é a diversificação da produção. Diferentemente das monoculturas, os SAFs permitem que os agricultores colham diferentes produtos em uma mesma área, como frutas, grãos, madeira e até alimentos de origem animal. Essa diversidade reduz os riscos econômicos, pois protege os produtores contra as flutuações de mercado ou perdas devido a condições climáticas adversas. Além disso, a venda de múltiplos produtos pode aumentar a renda das famílias rurais e promover a segurança alimentar nas comunidades (Schroth *et al.*, 2004).

Além dos benefícios ambientais e econômicos, os SAFs também têm impactos social e cultural positivos. Eles ajudam a criar oportunidades de trabalho no campo e incentivam práticas mais sustentáveis, contribuindo para a conscientização ambiental das comunidades rurais. Ao mesmo tempo, oferecem alternativas econômicas para agricultores que desejam adotar práticas mais alinhadas com as metas de sustentabilidade global, como as definidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Martins; Ranieri, 2014). Por outro lado, as escolhas sobre o plantio e o manejo de um SAF devem ser feitas de forma participativa e de acordo com os conhecimentos tradicionais e locais.

Os SAFs também desempenham um papel fundamental no combate às mudanças climáticas. Por meio do plantio de árvores e da conservação da cobertura vegetal, esses sistemas ajudam a capturar carbono da atmosfera, contribuindo para a mitigação do efeito estufa. Além disso, o uso sustentável da terra reduz a necessidade

de desmatamento e degradação ambiental, que são grandes emissores de gases de efeito estufa (Schembergue *et al.*, 2017).

Apesar de tantas vantagens, implementar os SAFs não é tão simples. Um dos desafios mais comuns é a falta de conhecimento técnico e capacitação entre os agricultores. Muitas vezes é necessário mudar práticas agrícolas convencionais já consolidadas dentre os agricultores, o que pode gerar resistência. Além disso, o acesso ao mercado para os produtos gerados nesses sistemas ainda é limitado, e os produtores frequentemente enfrentam dificuldades para obter financiamento, certificação e apoio técnico (Uchoa *et al.*, 2024).

Outro desafio significativo é a adaptação dos SAFs a diferentes contextos locais. Como cada região possui características únicas, como tipo de solo, clima e cultura agrícola, é necessário ajustar os sistemas às condições locais. Isso exige planejamento cuidadoso e, muitas vezes, assistência de especialistas para garantir que o sistema seja viável e produtivo a longo prazo (Schroth *et al.*, 2004).

Ainda assim, os SAFs têm mostrado grande potencial em diversas partes do Brasil e do mundo. Estudos realizados no estado do Amazonas, por exemplo, mostraram que esses sistemas podem melhorar a produtividade agrícola enquanto conservam a biodiversidade local. Além disso, os SAFs têm sido utilizados como estratégia para recomposição de áreas degradadas e recuperação de reservas legais, contribuindo para a preservação ambiental (Martins; Ranieri, 2014).

Um estudo gerado no município de Belterra, Pará, analisou a decomposição da serapilheira e a liberação de nutrientes em três sistemas agroflorestais (SAFs). A pesquisa contou com agricultores familiares e ocorreu entre setembro de 2015 e agosto de 2016. Foi identificado que o SAF com *Moringa oleifera* teve a maior taxa de decomposição e liberação de macronutrientes, enquanto o SAF com maior densidade de folhas apresentou menor taxa de decomposição. Esses resultados destacam a eficiência dos SAFs na ciclagem de nutrientes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Rebêlo *et al.*, 2023). Esse achado é similar ao observado em estudos de sistemas agroflorestais diversificados, que também apontam benefícios na reciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade do solo (Altieri, 2012). Assim, conclui-se que SAFs com espécies estratégicas, como *Moringa oleifera* no caso analisado, podem otimizar a sustentabilidade agroecológica.

Entre 2016 e 2017, uma pesquisa foi conduzida na região da Transamazônica, abrangendo os municípios de Anapú, Pacajá e Senador José

Porfírio. Participaram 29 agricultores familiares que iniciaram a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) com SAFs. A escolha das espécies foi guiada pela segurança alimentar e geração de renda. A conservação da água foi identificada como o principal motivador para a recuperação dessas áreas (Nascimento *et al.*, 2020). Resultados semelhantes foram registrados em iniciativas no Vale do Ribeira, onde SAFs aumentaram a renda dos agricultores enquanto preservavam recursos naturais (Seoane *et al.*, 2023). Conclui-se que SAFs são uma solução técnica e econômica para restaurar APPs em associação à produção agrícola.

Uma análise financeira de SAFs implantados em Dourados, Mato Grosso do Sul, comparou dois modelos em áreas de um hectare. Um sistema combinava café, milho e feijão, enquanto o outro incluía pupunha e banana. Ambos demonstraram viabilidade financeira, mas o segundo apresentou maior retorno financeiro e menor tempo de recuperação do investimento (Garcia *et al.*, 2021). Esses dados corroboram estudos que destacam os SAFs como sistemas sustentáveis economicamente viáveis, especialmente quando bem planejados (Altieri, 2012). Assim, SAFs diversificados podem contribuir com a estabilidade econômica de agricultores familiares.

Em outro estudo, pesquisadores avaliaram SAFs sucessoriais no Vale do Ribeira, conduzidos desde os anos 1990. Esses sistemas permitiram a certificação orgânica, aumento da biodiversidade e melhoria da renda dos agricultores. A comercialização diversificada em feiras locais foi apontada como um destaque, promovendo segurança alimentar e restauração ecológica (Seoane *et al.*, 2023). Identifica-se que sistemas agroflorestais integrados e participativos fortalecem a sustentabilidade econômica e ambiental.

### **3.2 Princípios e práticas para a produção de biomassa**

O conceito de biomassa é muito amplo, porque engloba materiais que são naturalmente biodegradáveis e que fazem parte do ciclo de carbono na natureza.

A biomassa - termo introduzido inicialmente por Eugene Adam - é constituída pelo material produzido por todos os seres vivos (animais, vegetais, fungos e protistas) em seus diferentes processos, isto é, a matéria orgânica viva, desde quando fixa energia solar nas moléculas constituintes de suas células, passando por todas as etapas da cadeia alimentar, ou trófica (GBio USP, 2024, p.1).

A geração de energia a partir da biomassa é uma prática crescente no Brasil e no mundo, impulsionada por demandas ambientais e pela necessidade de mitigar

emissões de gases de efeito estufa. No mercado global, o país se destaca pela produção de pellets e briquetes a partir de bagaço de cana, casca de café e outros resíduos lignocelulósicos. Essa prática não só contribui para a transição energética, mas também fortalece a economia local e regional (Garcia *et al.*, 2021).

No setor agrícola, a biomassa também desempenha um papel crucial como adubo orgânico. Resíduos de colheitas e plantas de cobertura, como crotalária e mucuna, são amplamente utilizados para enriquecer o solo, melhorando sua fertilidade e capacidade de retenção de água. Esse uso não apenas substitui fertilizantes químicos, mas também favorece práticas agrícolas sustentáveis, especialmente em sistemas de produção familiar (Jandrey, 2019).

Estudos sobre adubação com biomassa evidenciam benefícios significativos para a biodiversidade do solo. A adição de resíduos orgânicos aumenta a presença de microorganismos benéficos, melhora a estrutura do solo e promove o sequestro de carbono (Oliveira, 2022). Isso é particularmente relevante em regiões de clima semiárido, onde o manejo adequado do solo é essencial para manter sua produtividade a longo prazo (Oliveira, 2022).

Os benefícios ambientais do uso da biomassa são amplamente documentados. Por ser uma fonte renovável, sua queima libera carbono já presente no ciclo natural, diferentemente dos combustíveis fósseis, que adicionam carbono fóssil à atmosfera (Garcia *et al.*, 2021). Além disso, práticas como o uso de sistemas agroflorestais promovem a conservação de ecossistemas, reduzindo a pressão sobre florestas nativas e mitigando mudanças climáticas (Ribeiro *et al.*, 2017).

A nível econômico, a biomassa representa uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento regional. No Brasil, indústrias de pellets e briquetes geram empregos e impulsionam economias locais, ao mesmo tempo em que fortalecem o mercado de energia renovável (Garcia *et al.*, 2021). Essas atividades também são essenciais para a diversificação da matriz energética e a redução da dependência de fontes externas (Browne *et al.*, 2017).

Socialmente, o uso da biomassa tem impactos positivos significativos, especialmente em comunidades rurais. A produção de biomassa, seja para energia ou adubação, oferece alternativas sustentáveis que fortalecem a segurança alimentar e energética dessas comunidades. Além disso, promove a inclusão econômica de pequenos produtores, que podem comercializar excedentes ou utilizá-los para suas próprias necessidades (Jandrey, 2019).

A adoção da biomassa como recurso estratégico está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS 7 – Energia Acessível e Limpa, por exemplo, incentiva o uso de fontes renováveis e sustentáveis, objetivo diretamente atendido pela diversificação energética promovida pela biomassa (ONU, 2015). A redução de emissões de carbono também colabora com o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, que visa combater as alterações climáticas e seus impactos por meio da mitigação e adaptação (ONU, 2015).

Outro ponto relevante é o alinhamento da biomassa com o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, que propõe o uso eficiente dos recursos naturais e a redução da geração de resíduos. O aproveitamento de resíduos para energia ou adubação exemplifica a aplicação de princípios da economia circular, onde nada é perdido e tudo é reaproveitado de forma eficiente (Oliveira, 2022). Essas práticas reduzem significativamente a geração de lixo, especialmente em áreas urbanas, onde o descarte irregular ainda é um problema (Silva *et al.*, 2021).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são uma das abordagens mais promissoras para a produção de biomassa. Combinando árvores, cultivos agrícolas e manejo sustentável, os SAFs proporcionam benefícios econômicos, sociais e ambientais, como a diversificação de culturas, a conservação do solo e o aumento da biodiversidade (Ribeiro *et al.*, 2017). Esses sistemas são particularmente eficazes em integrar a produção de biomassa para energia com práticas agrícolas sustentáveis.

Além disso, os SAFs ajudam a mitigar emissões de gases de efeito estufa, substituindo o uso de lenha de florestas nativas por madeira de sistemas manejados. Isso contribui para a conservação de ecossistemas e para a redução do desmatamento, desafios críticos no Brasil e em outros países em desenvolvimento (Ribeiro *et al.*, 2017).

No contexto da produção de energia, a biomassa também contribui para a eficiência energética. O uso de briquetes e pellets, por exemplo, apresenta maior densidade energética e menor emissão de poluentes comparado à lenha comum, tornando-os alternativas viáveis para uso doméstico e industrial (Silva *et al.*, 2021). Esses avanços tecnológicos fortalecem a competitividade da biomassa no mercado de energia limpa.

Para agricultores familiares, a biomassa tem um papel essencial na transição agroecológica. A utilização de adubos orgânicos e plantas de cobertura não apenas melhora a produtividade agrícola, mas também reduz a dependência de

insumos externos, fortalecendo a autonomia dos produtores (Jandrey, 2019). Essa abordagem é fundamental para a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas produtivos.

Outro benefício importante é a redução de custos operacionais nas propriedades rurais. A produção de biomassa e o uso de resíduos locais diminuem gastos com fertilizantes e combustíveis, permitindo maior investimento em outras áreas, como infraestrutura e tecnologias agrícolas (Oliveira, 2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Produção de biomassa em sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável (DRS)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm se destacado como uma solução promissora para a produção de biomassa, sendo integrados ao conceito de Desenvolvimento Rural Sustentável (DRS). A combinação de espécies arbóreas, forrageiras e agrícolas permite aliar benefícios econômicos, ambientais e sociais, promovendo uma gestão equilibrada dos recursos naturais. Estudos recentes ressaltam como a biomassa gerada nesses sistemas pode ser utilizada de forma multifuncional, seja como fonte de energia renovável, seja como insumo agrícola.

A biomassa gerada em SAFs é um recurso valioso, pois contribui para a diversificação das atividades econômicas nas propriedades rurais e melhora a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Magalhães *et al.* (2020) mostraram que espécies como o mutambo (*Guazuma ulmifolia*) e o capim-Mombaça (*Panicum maximum*) apresentam alto potencial para a produção de biomassa, destacando-se por sua eficiência no fornecimento de matéria seca e rápida adaptação a sistemas recém-implantados. Essa diversificação é crucial para reduzir a vulnerabilidade dos pequenos produtores às flutuações do mercado agrícola.

Além disso, a biomassa desempenha um papel essencial na conservação do solo. Oliveira (2022) e Lima *et al.* (2021) destacam que a serrapilheira gerada nos SAFs melhora a cobertura do solo, reduzindo erosão, aumentando a retenção hídrica e promovendo a regeneração da matéria orgânica. Esses serviços ecossistêmicos são fundamentais para sustentar a produtividade agrícola em longo prazo, especialmente em regiões vulneráveis como o semiárido brasileiro.

A utilização da biomassa como fonte de energia renovável também é uma vertente promissora nos SAFs. Cunha *et al.* (2018) demonstraram que o *Eucalyptus urograndis* é uma opção eficiente para a geração de biomassa e o sequestro de carbono, reforçando o papel desses sistemas na mitigação das mudanças climáticas. Moscoliato (2024) complementa essa visão ao avaliar reflorestamentos agroflorestais no sistema Taungya, que alia o uso agrícola ao plantio de espécies nativas, promovendo simultaneamente subsistência e benefícios ambientais.

Essa capacidade de gerar energia limpa é particularmente relevante em comunidades rurais, onde o acesso a fontes renováveis pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis, diminuir custos e impulsionar o desenvolvimento local. Além disso, contribui para a transição energética, alinhando-se às metas globais de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Outro ponto importante é o papel dos SAFs na conservação dos recursos naturais. Silva (2020) destacou que a serapilheira produzida nesses sistemas aumenta a capacidade de retenção hídrica e a fertilidade do solo, enquanto Perez *et al.* (2022) evidenciaram a biodiversidade da fauna edáfica sustentada pela biomassa acumulada. Essas funções ecológicas fortalecem o equilíbrio dos agroecossistemas, promovendo resiliência frente às mudanças climáticas.

A mecanização é um elemento essencial para ampliar a adoção dos SAFs e aumentar a eficiência na produção de biomassa. Morais (2022) avaliou diferentes máquinas para o manejo de capim-Mombaça em SAFs, mostrando como tecnologias adequadas podem reduzir custos, otimizar o tempo de trabalho e melhorar o vigor das plantas. Essa inovação é crucial para incentivar a transição de sistemas convencionais para modelos agroflorestais, especialmente em propriedades familiares que carecem de recursos para investimentos em tecnologias de ponta.

#### **4.1.1 Princípios e Práticas dos Sistemas Agroflorestais**

De acordo com a literatura, os SAFs apresentam benefícios multifacetados. Eles otimizam o uso da terra ao conciliar a produção agrícola com a conservação dos recursos naturais. Segundo Silva (2020), esses sistemas reduzem a pressão sobre o solo e promovem a regeneração ambiental ao aumentar a biodiversidade e melhorar a capacidade de retenção hídrica dos solos. Além disso, como destaca Jandrey (2019), a adição de biomassa e o uso de fertilizantes orgânicos, como húmus líquido, potencializam a fertilidade do solo e aumentam a sustentabilidade do agroecossistema.

Os SAFs também oferecem uma oportunidade única para a produção de biomassa, que pode ser utilizada tanto para fins energéticos quanto para cobertura do solo. Estudos mostram que espécies como o eucalipto e o pinus são amplamente cultivadas devido ao seu rápido crescimento e elevada capacidade de armazenamento de carbono. Essa característica não só contribui para a mitigação das

mudanças climáticas, como também gera recursos econômicos adicionais, com a venda de madeira e biomassa. Evidentemente, essas espécies só têm esse efeito positivo de captura e armazenamento de carbono se não forem predominantes e estiverem plantadas em consórcio com uma diversidade de outras espécies.

A importância socioeconômica dos SAFs também é notável. Segundo Ribeiro *et al.* (2017), eles são essenciais para pequenos agricultores, permitindo maior diversificação de renda e segurança alimentar. Os SAFs permitem consórcios uma vasta variedade de alimentos como frutas, grãos, raízes, hortaliças, medicinais, criações animais que servem ao autoconsumo das famílias e à comercialização em feiras e outros circuitos curtos. Com isso consegue-se obter alimento e renda.

No entanto, apesar dos avanços, ainda há desafios significativos para a implementação ampla dos SAFs. O manejo adequado, a mecanização e a falta de políticas públicas robustas são barreiras que limitam sua expansão. Morais (2022) destaca a necessidade de equipamentos específicos para otimizar o manejo desses sistemas, reduzindo custos e esforços manuais. A mudança de paradigma de sistemas simplificados de monocultura e de aportes tecnológicos externos para sistemas agrobiodiversos e com maior autonomia energética tem sido apontada como um dos grandes desafios para a adoção desses sistemas em grande escala.

Portanto, os SAFs são uma alternativa promissora para um modelo de produção agrícola mais sustentável. Investir em pesquisa, políticas públicas e capacitação técnica é essencial para explorar todo o potencial desses sistemas. Como sintetizado nos estudos, ao integrar agricultura e conservação, os SAFs oferecem uma abordagem holística para enfrentar os desafios ambientais e socioeconômicos da atualidade.

#### **4.1.2 Benefícios ambientais, econômicos e sociais da produção de biomassa em sistemas agroflorestais**

Sobre os benefícios, os SAFs desempenham um papel fundamental na conservação ambiental ao mitigar as mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono. Cunha *et al.* (2018) evidenciam que o *Eucalyptus urograndis* em SAFs apresenta elevada capacidade de estoque de carbono, com as classes III e IV registrando os maiores valores de biomassa e carbono acumulado (2,97 Mg ha<sup>-1</sup>). Esses resultados destacam o potencial dos SAFs na redução do impacto ambiental

de sistemas agrícolas convencionais. Outras espécies madeireiras, mas também árvores nativas e frutíferas cumprem essa função ecológica.

Além disso, os SAFs melhoram significativamente o solo e os recursos hídricos. Oliveira (2022) demonstrou que espécies como gliricídia e capim-tanzânia em SAFs no semiárido brasileiro são eficazes na conservação do solo, devido à deposição de serrapilheira e à cobertura eficiente do solo. Na Amazônia Ocidental, Silva (2020) identificou SAFs com maior capacidade de retenção hídrica (CRH) em frações de serrapilheira, destacando a influência da estrutura vegetal sobre a conservação de recursos hídricos.

A diversificação de produtos nos SAFs é um dos fatores que os tornam economicamente vantajosos. Magalhães *et al.* (2020) avaliaram a produção de biomassa em SAFs com mutambo, eucalipto e capim-mombaça. O mutambo apresentou maior acúmulo de biomassa (1,96 kg/planta), enquanto o capim-mombaça foi eficiente em produtividade rápida (6,3 t/ha por corte), destacando-se como alternativa viável para agricultores em sistemas recém-implantados.

Morais (2022) complementa essa perspectiva, ao avaliar a mecanização em SAFs. A mecanização reduz custos operacionais e aumenta a eficiência no manejo de biomassa, sendo a mini colhedora de grãos a opção mais econômica para agricultores familiares. Já Mosco gliato (2024) destaca o sistema Taungya, que combina reflorestamento com produção de biomassa, permitindo a recuperação de áreas degradadas sem comprometer o rendimento econômico.

No aspecto social, os SAFs promovem segurança alimentar e inclusão. Meireles *et al.* (2019) identificaram que a densidade de plantas de café e o arranjo de grevéleas em SAFs impactam significativamente o estoque de biomassa e carbono, demonstrando como sistemas agroflorestais podem beneficiar pequenos produtores em regiões como o Planalto da Conquista e a Chapada Diamantina.

Além disso, a biodiversidade proporcionada pelos SAFs sustenta a fauna epiedáfica e melhora a fertilidade do solo. Perez *et al.* (2022) verificaram que SAFs acumulam serrapilheira em níveis equivalentes aos de fragmentos florestais nativos, sustentando alta diversidade biológica e potencializando a regeneração natural do ecossistema.

Os estudos revisados reforçam que a produção de biomassa em SAFs traz múltiplos benefícios. Ambientalmente, os SAFs conservam recursos naturais e

mitigam impactos climáticos. Economicamente, otimizam a produção e promovem novas oportunidades de renda, enquanto, socialmente, fortalecem a resiliência e a inclusão em comunidades rurais. Contudo, há vários desafios a serem superados para o sucesso desses sistemas, como as políticas públicas de financiamento, assistência técnica e extensão rural, certificação, comercialização e mecanização apropriada, visando sua adoção em larga escala como modelo de desenvolvimento sustentável.

#### **4.1.3 Desafios e potencialidades**

A biomassa, proveniente de resíduos florestais, agrícolas e orgânicos, oferece oportunidades para a geração de energia por meio de processos como combustão, gaseificação, pirólise e digestão anaeróbica (Silva *et al.*, 2021). No Brasil, onde as renováveis já ocupam uma fatia significativa da matriz energética, a biomassa contribui para a diversificação, especialmente via resíduos de cana-de-açúcar e madeira, promovendo a produção de bioeletricidade e biocombustíveis. Isso permite a redução de emissões de gases de efeito estufa, a criação de empregos em plantações e operações, e o aproveitamento de terras degradadas sem competir com a agricultura alimentícia (Amaral, 2019).

Tecnologias de compactação, como pellets, facilitam o transporte e armazenamento devido à maior densidade energética, abrindo mercados globais para exportação e aplicações em setores como aquecimento residencial e industrial (Bernardo *et al.*, 2022). A co-digestão de resíduos com culturas energéticas potencializa a produção de biogás, gerando energia descentralizada e biofertilizantes, alinhando-se a políticas ambientais como o Acordo de Paris (Almeida, 2016). Em plantações florestais, sistemas como talhadia permitem ciclos rápidos de regeneração e ciclagem de nutrientes via retenção de resíduos, melhorando a proteção do solo e a viabilidade econômica (Oliveira, 2023). No geral, essas potencialidades fortalecem a sustentabilidade, promovendo uma matriz energética mais equilibrada e inclusiva.

### **3 Desafios na Produção de Biomassa**

Apesar das vantagens, a produção de biomassa enfrenta obstáculos significativos relacionados às propriedades físicas dos materiais, como heterogeneidade, alto teor de umidade e baixa densidade, que complicam o manuseio, armazenamento e transporte, gerando riscos como obstruções em silos, explosões de poeira e incêndios (Deng *et al.*, 2025). A secagem e redução de tamanho

demandam processos energéticos intensivos, enquanto emissões de odores e poeiras representam riscos ambientais e à saúde.

Na gestão de nutrientes em plantações intensivas, como de eucalipto, a exportação de biomassa pode levar à depleção de solos, exigindo fertilizações caras e práticas de retenção de resíduos para evitar erosão e perda de fertilidade (Oliveira, 2023). Em regiões com infraestrutura limitada, como certos estados brasileiros, a dependência de fontes fósseis persiste devido a investimentos elevados em cogeração, barreiras logísticas e falta de políticas de incentivo (Amaral, 2019). Para biomassa compactada, custos de produção e padronização de qualidade (como teor de cinzas e umidade) desafiam a competitividade, especialmente em escala pequena, agravados por deficiências em infraestrutura e gestão de resíduos (Bernardo *et al.*, 2022).

No âmbito da digestão anaeróbica, altos sólidos totais podem reduzir a eficiência da degradação e os rendimentos, limitando a viabilidade econômica para produtores menores devido aos custos de biodigestores e complexidade operacional (Almeida, 2016). Adicionalmente, a concentração em poucas fontes, como cana-de-açúcar, e emissões não renováveis na matriz energética demandam diversificação e inovações para superar dependências (Silva *et al.*, 2021). Soluções envolvem caracterizações personalizadas, equipamentos flexíveis e políticas que promovam práticas sustentáveis.

No aspecto técnico, o manejo integrado dos SAFs é uma tarefa complexa. A combinação de diferentes espécies arbóreas, culturas agrícolas e vegetação nativa exige conhecimento técnico para garantir que todas os componentes do sistema cresçam harmoniosamente. Estudos como o de Meireles *et al.* (2019) mostram que fatores como densidade de plantas e arranjos específicos têm impacto direto na biomassa e no carbono acumulado, mas otimizá-los requer planejamento e monitoramento contínuos. Além disso, a mecanização em SAFs, embora essencial para reduzir esforços manuais e custos, ainda enfrenta limitações pela falta de equipamentos adaptados para pequenas propriedades, como destacado por Morais (2022).

Na dimensão econômica, os altos custos iniciais de implementação representam um grande obstáculo. A necessidade de investimentos em mudas, infraestrutura e insumos pode desmotivar os pequenos agricultores, especialmente quando o retorno financeiro dos SAFs é mais lento em comparação aos sistemas

convencionais. Além disso, a falta de incentivos financeiros e políticas públicas específicas agrava a situação, dificultando o acesso a crédito e subsídios. Mascarenhas *et al.* (2020) também destacou que a comercialização de produtos agroflorestais enfrenta desafios como a ausência de mercados estruturados e logística adequada, limitando o potencial econômico desses sistemas.

Os desafios sociais também são expressivos. Muitos agricultores desacreditam dos SAFs em razão de estarem submetidos aos pacotes tecnológicos da revolução verde de forma eficaz, e a assistência técnica e extensão rural para uma transição agroecológica frequentemente é insuficiente. Segundo Magalhães *et al.* (2020), saber realizar planos de manejo e monitorar o desempenho de espécies em SAFs são essenciais para identificar práticas eficientes, mas a falta de apoio nesta direção torna difícil replicar essas práticas em larga escala. Além disso, os técnicos também têm uma formação voltada à métodos convencionais, o que também dificulta a transição para sistemas agroflorestais.

No âmbito institucional, a ausência de regulamentações específicas para SAFs é um entrave significativo. Esses sistemas muitas vezes não são contemplados em políticas públicas voltadas para agricultura ou meio ambiente, criando lacunas legais e reduzindo o apoio institucional. A fragmentação das políticas públicas também prejudica a coordenação entre pesquisa, financiamento e implementação, o que enfraquece as iniciativas voltadas para promover os SAFs.

Os SAFs são uma ferramenta eficaz para mitigar mudanças climáticas, pois promovem o sequestro de carbono e a conservação dos recursos naturais. Cunha *et al.* (2018) demonstraram que o *Eucalyptus urograndis*, quando integrado em SAFs, apresenta elevada capacidade de estoque de carbono, especialmente em áreas menores, mostrando-se uma opção interessante para reduzir os impactos ambientais.

Dentro do contexto de diferentes práticas para a mitigação, vale ressaltar que existem outras relacionadas aos SAFs, onde ao aumentar a resiliência dos ecossistemas, a estabilidade ecológica é melhorada, favorecendo uma diversidade de espécies presentes, reduzindo a vulnerabilidade a eventos climáticos intensos, como seca prolongada e chuvas intensas. Dessa forma, os sistemas agroflorestais fortalecem a capacidade de enfrentar novas condições climáticas.

A diversidade de produtos gerados pelos SAFs é uma de suas maiores potencialidades econômicas. Eles permitem a produção simultânea de alimentos, madeira e biomassa energética, otimizando o uso da terra e ampliando as fontes de

renda para agricultores. Magalhães *et al.* (2020) destacaram que o capim-mombaça, utilizado em SAFs, apresenta alta produtividade de biomassa (6,3 t/ha por corte), o que oferece uma alternativa econômica viável para sistemas recém-implantados. Além disso, os SAFs podem atender à crescente demanda por produtos sustentáveis, como biocombustíveis e madeira certificada, criando oportunidades de mercado tanto no Brasil quanto no exterior, como mostram os avanços no setor de pellets de biomassa.

Outro aspecto econômico relevante é a resiliência financeira proporcionada pelos SAFs. A diversidade de culturas reduz a dependência de uma única fonte de renda, protegendo os agricultores de oscilações no mercado e de condições climáticas adversas. Meireles *et al.* (2019) observaram que o arranjo de grevileas e café em SAFs influencia positivamente o estoque de biomassa e carbono, tornando o sistema mais produtivo e lucrativo a longo prazo.

No campo social, os SAFs promovem segurança alimentar, geração de emprego e inclusão social. Ao integrar produção agrícola e conservação, esses sistemas criam oportunidades para pequenos agricultores e comunidades tradicionais. Perez *et al.* (2022) demonstraram que SAFs podem sustentar uma alta diversidade biológica no solo, aumentando a fertilidade natural e possibilitando o cultivo de culturas de ciclo curto entre as árvores.

Os SAFs também desempenham um papel crucial na educação ambiental e no fortalecimento das comunidades rurais. A implementação desses sistemas pode fomentar o conhecimento sobre práticas agrícolas sustentáveis dentre crianças e adolescentes em idade escolar, por meio de atividades de campo em escolar do campo e da cidade. Além disso, os SAFs podem ser adaptados a diferentes contextos socioeconômicos e regionais, como demonstrado por Oliveira (2022) em suas avaliações no semiárido brasileiro, onde essas práticas mostraram eficácia na conservação do solo e produção sustentável. Portanto, tais sistemas podem ser exemplos para projetos de educação ambiental adaptados às realidades regionais.

Os SAFs têm grande potencial para a recuperação de áreas degradadas, contribuindo para a regeneração de ecossistemas e a restauração de serviços ambientais. Moscolliato (2024) destacou que o sistema Taungya permite reflorestar áreas degradadas enquanto mantém uma produção significativa de biomassa, conciliando conservação e desenvolvimento econômico. Esse potencial para

regeneração ambiental torna os SAFs uma peça-chave em estratégias globais de sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas.

## 4.2 Casos práticos

No Quadro 1, apresentam-se os estudos selecionados que investigam diferentes aspectos relacionados à produção de biomassa, conservação do solo e manejo sustentável em sistemas agroflorestais (SAFs). Foram analisados 10 estudos que abrangem tópicos como o monitoramento de espécies arbóreas e gramíneas para biomassa, conservação de recursos hídricos, biodiversidade do solo, estoque de carbono e avanços na mecanização em SAFs.

Quadro 1- estudos selecionados

Nº	Autor/Data	Objetivo	Metodologia	Resultado	Conclusão
1	Magalhães <i>et al.</i> (2020)	Monitorar a produção de biomassa e crescimento das espécies arbóreas <i>mutambo</i> ( <i>Guazuma ulmifolia</i> L.), eucalipto ( <i>Eucalyptus urograndis</i> ) e da gramínea capim Mombaça em um SAF.	Monitoramento realizado na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna-SP. Mediu-se o crescimento e a produção de biomassa das espécies arbóreas e gramíneas durante períodos específicos, considerando características climáticas locais.	O <i>mutambo</i> apresentou maior crescimento ( $32,6 \pm 5,8$ cm/mês) e biomassa acumulada ( $1,96 \pm 0,74$ kg). O eucalipto apresentou menor taxa de crescimento ( $18,2 \pm 11,7$ cm/mês) e biomassa ( $0,80 \pm 0,75$ kg). O capim Mombaça teve produtividade média de $6,3 \pm 1,6$ t/ha por corte, sendo maior nas bordas.	O <i>mutambo</i> é a espécie mais promissora para produção de biomassa arbórea em SAFs. O capim Mombaça é eficiente para fornecimento rápido de biomassa em sistemas recém-implantados.
2	Oliveira (2022)	Avaliar a conservação do solo e a agrobiodiversidade em dois SAFs no semiárido brasileiro.	Coleta de dados na fazenda Coringa Agrofloresta, com amostragem de serrapilheira em 8 pontos e análise de cobertura do solo em 33 pontos equidistantes.	Espécies como gliricídia, pau-pombo e capim-Tanzânia são eficazes na conservação do solo. O sistema apresentou boa cobertura do solo e quantidade de	SAFs promovem conservação do solo e produção de biomassa, demonstrando eficácia como modelo sustentável para o semiárido.

			Recolhimento de informações sobre espécies locais usadas para produção de biomassa.	serrapilheira compatíveis com sua função ecológica.	
3	Lima <i>et al.</i> (2021)	Estimar a produção de biomassa da serrapilheira em sistemas de Caatinga e SAFs.	Coleta mensal de serrapilheira em quadrados de 0,25 m <sup>2</sup> , durante o ano de 2018, em diferentes sistemas (Caatinga nativa, antropizada e degradada) e em SAFs, na unidade demonstrativa do IFPI Campus Cocal.	Durante o período seco, SAFs e sistemas antropizados apresentaram maior produção de serrapilheira. No período chuvoso, a Caatinga nativa e antropizada tiveram maior deposição, principalmente de biomassa de folhas verdes (BFV).	SAFs e Caatinga antropizada destacam-se na produção de biomassa o ano inteiro, com papel fundamental no período seco, fornecendo recursos essenciais para a alimentação animal e a sustentabilidade do sistema.
4	Cunha <i>et al.</i> (2018)	Avaliar a produção de biomassa e o estoque de carbono do <i>Eucalyptus urograndis</i> em um sistema agroflorestal.	Cubagem rigorosa utilizando o método de Smalian. Dados submetidos à análise descritiva e cálculo de carbono com fator de conversão do IPCC (2006).	As classes III e IV apresentaram maior produção de biomassa e estoque de carbono. O estoque estimado foi de 2,97 Mg ha <sup>-1</sup> em áreas de menor tamanho, com possibilidade de integração com outros componentes ao longo do tempo.	O sistema agroflorestal avaliado é promissor para produção de biomassa e estoque de carbono, sendo uma opção interessante para reduzir impactos ambientais.
5	Meireles <i>et al.</i> (2019)	Avaliar como o manejo e o arranjo de grevileas e café influenciam na biomassa individual do café em SAFs.	Determinação destrutiva da biomassa de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) e ajuste de equações alométricas em sistemas convencionais e orgânicos, no Planalto da Conquista e Chapada Diamantina (Bahia).	A densidade das plantas de café e o arranjo das grevileas têm maior impacto no estoque de biomassa individual do que o tipo de manejo (convencional ou orgânico). Diferentes modelos alométricos foram ajustados	A densidade de café e o arranjo das grevileas são os principais fatores que determinam o estoque de biomassa e carbono em SAFs com café, mais que o manejo adotado.

				para as condições avaliadas.	
6	Moscogliato (2024)	Estimar a biomassa aérea em reflorestamentos com espécies nativas implantados por meio do sistema agroflorestal Taungya.	Comparação de biomassa aérea em talhões com diferentes manejos em reflorestamentos de 4 e 6 anos, realizados por famílias em assentamentos no Pontal do Paranapanema (SP).	Biomassa média aos seis anos foi de 17,43 Mg ha <sup>-1</sup> (variação: 8,31–23,97 Mg ha <sup>-1</sup> ). Aos quatro anos, a média foi de 13,75 Mg ha <sup>-1</sup> (variação: 2,98–29,89 Mg ha <sup>-1</sup> ). Variações marcadas pelo manejo, mesmo em condições aparentemente uniformes.	O sistema agroflorestal Taungya promove recuperação de áreas degradadas sem perdas significativas no acúmulo de biomassa, mostrando-se eficaz para reflorestamento sustentável com espécies nativas.
7	Mascarenhas <i>et al.</i> (2020)	Estimar a biomassa seca e úmida da madeira de freijó ( <i>Cordia goeldiana</i> ) em SAF multiestratificado.	Avaliação dendrométrica (altura, DAP) e coleta de madeira em árvores representativas de diferentes classes diamétricas. Estimou-se densidade básica/aparente e umidade, usando parâmetros para calcular biomassa seca e úmida.	A biomassa seca e úmida aumentaram das classes diamétricas I para III. Observou-se uma correlação positiva entre o aumento de diâmetro e os valores de biomassa.	O freijó cultivado em SAF apresentou biomassa consistente com as características esperadas para espécies nesse sistema, sendo adequado para estocagem de biomassa e serviços ecológicos.
8	Silva (2020)	Determinar a biomassa e a capacidade de retenção hídrica (CRH) em frações de serapilheira em SAFs na Amazônia Ocidental.	Coleta de serapilheira em parcelas de 30x30 m com gabarito de madeira (50x50 cm) em três SAFs e fragmento de floresta secundária. Separação das frações (folhas, galhos, material reprodutivo e amorfo) e análise de biomassa e CRH.	Biomassa variou de 7,11 Mg ha <sup>-1</sup> (SAF 2) a 9,50 Mg ha <sup>-1</sup> (SAF 3). Fração folhas foi predominante nos SAFs 1 e 2, enquanto o material amorfo foi mais relevante no SAF 3. O SAF 3 apresentou maior CRH na fração folhas.	A estrutura e tipologia vegetal influenciam na quantidade de biomassa e CRH da serapilheira. SAFs na Amazônia têm potencial para conservar recursos hídricos e melhorar o manejo sustentável.
9	Perez <i>et al.</i> (2022)	Estimar a serapilheira acumulada e a	Coleta de serapilheira com molde de ferro	O SAF apresentou acúmulo médio	Recomenda-se manejo de entrelinhas no

		biodiversidade da fauna epiedáfica em um SAF sem manejo por 5 anos.	(0,25 m <sup>2</sup> ) para análise de biomassa seca. Instalação de armadilhas tipo Pitfall para capturar organismos epiedáficos, seguidos de análise taxonômica e cálculo dos índices de Shannon-Wiener (H') e Pielou (J).	de serapilheira semelhante a fragmentos florestais nativos (1 kg/m <sup>2</sup> ). Diversidade da fauna epiedáfica foi sustentada pela diversidade de árvores no SAF, com H' = 1,6 e J = 0,8.	SAF para introduzir culturas de ciclo curto, aproveitando as boas condições de fertilidade natural e biodiversidade do solo proporcionadas pela serapilheira acumulada.
10	Morais (2022)	Avaliar a mecanização em SAFs cultivados por agricultores familiares, com foco na produção de biomassa de capim-Mombaça.	Comparação de três máquinas (RC, RRM e MC) em cortes de capim-Mombaça em SAFs. Avaliou-se produção de massa seca, vigor de rebrota, consumo de combustível e custos operacionais.	A RC apresentou melhor vigor de rebrota e maior produção de massa seca. A MC foi mais eficiente em tempo e custos operacionais, enquanto a RRM foi mais indicada para manejo em escalas maiores devido à relação custo-benefício no trabalho e combustível.	A mecanização em SAFs pode otimizar o manejo e reduzir custos para agricultores familiares. Escolha da máquina deve considerar a escala de operação e os objetivos do manejo, incentivando a transição para sistemas agroflorestais sustentáveis.

Fonte: Autoria própria (2025)

Os estudos analisados abordam diversos aspectos relacionados aos sistemas agroflorestais (SAFs), com foco em temas como produção de biomassa, conservação ambiental, eficiência no manejo e impacto social. A comparação entre eles indica as contribuições significativas que esses sistemas podem proporcionar para a sustentabilidade e a recuperação de áreas agrícolas e florestais.

Entre os tópicos mais recorrentes nos estudos, destacam-se a produção de biomassa, explorada por autores como Magalhães *et al.* (2020), Lima *et al.* (2021), Cunha *et al.* (2018), Mascarenhas *et al.* (2020) e Moscoqliato (2024). A conservação do solo e dos recursos naturais também aparece como tema central em Oliveira (2022), Lima *et al.* (2021), Perez *et al.* (2022) e Silva (2020), enfatizando a importância da serapilheira e dos serviços ecossistêmicos. A eficiência no manejo agroflorestal é destacada por Morais (2022) e Meireles *et al.* (2019), enquanto o armazenamento de carbono é investigado por Cunha *et al.* (2018) e Moscoqliato (2024). Por fim, o impacto

social e a sustentabilidade são abordados principalmente por Perez *et al.*(2022) e Silva (2020).

Os resultados apresentados são amplos e diversos. Magalhães *et al.*(2020) destacou o *mutambo* como a espécie arbórea mais promissora para a produção de biomassa em SAFs, enquanto o capim-Mombaça mostrou eficiência para fornecimento rápido de biomassa em sistemas recém-implantados. Lima *et al.*(2021) e Silva (2020) enfatizaram a importância dos SAFs na produção de serrapilheira, particularmente em períodos secos, auxiliando na retenção hídrica e na proteção do solo. Por outro lado, Cunha *et al.*(2019) revelou que classes diamétricas maiores de *Eucalyptus urograndis* apresentam melhor desempenho no estoque de carbono, enquanto Moscoliato (2024) observou que o manejo influencia significativamente a biomassa aérea em reflorestamentos agroflorestais.



Métricas como taxas de crescimento (Magalhães *et al.*, 2020), biomassa seca e úmida (Mascarenhas *et al.*, 2020), estoque de carbono (Cunha *et al.*, 2019), índices de biodiversidade, como Shannon-Wiener e Pielou (Perez *et al.*, 2022), e capacidade de retenção hídrica (Silva, 2020) são amplamente utilizadas para medir os impactos e resultados dos SAFs.




Os artigos também oferecem contribuições relevantes para o campo. Moraes (2022) destaca inovações tecnológicas ao avaliar a mecanização em SAFs, enquanto Silva (2020) explora metodologias que auxiliam na retenção hídrica e conservação de áreas florestais. Oliveira (2022) e Lima *et al.* (2021) reforçam o papel (qual?) dos SAFs na conservação do solo e promoção da biodiversidade, enquanto Moscoliato (2024) e Cunha *et al.* (2018) oferecem informações (quais?) sobre o sequestro de carbono como benefício adicional desses sistemas.

O Quadro 2 traz as exemplificações, por imagens, dos trabalhos selecionados.

Quadro 2 – exemplificação visual

Nº	Autor/Data	Exemplificação dos estudos
1	Magalhães <i>et al.</i> (2020)	Não contém imagens
2	Oliveira (2022)	Não contém imagens
3	Lima <i>et al.</i> (2021)	Etapas de campo referentes às coletas de serrapilheira no campo

				
<b>4</b>	Cunha <i>et al.</i> (2018)	Não contém imagens		
<b>5</b>	Meireles <i>et al.</i> (2019)	Não contém imagens		
<b>6</b>	Moscogliato (2024)	<p>Características do solo de R1 (2004) e R2 (2006) respectivamente</p> 		
<b>7</b>	Mascarenhas <i>et al.</i> (2020)	<p>A) Abate e seccionamento das árvores de freijó. B) Discos de madeira separados por classes de DAP. C) Acondicionamento dos discos de madeira em sacos plásticos. D) Discos acondicionados em estufa. E) Paisagem dos discos.</p>		

		
8	Silva (2020)	<p>Aspecto do SAF 1, localizado no município de Rolim de Moura</p> 
9	Perez <i>et al.</i> (2022)	Não contém imagens
10	Morais (2022)	<p>Caracterização do corte da Roçadora rotativa montada ao trator</p> 

Fonte: Autoria própria (2025)

Apesar das contribuições, algumas limitações são apontadas. A maioria dos estudos concentra-se em áreas geográficas específicas, dificultando a generalização dos resultados, como mencionado por Perez *et al.* (2022) e Silva (2020). Além disso, há a necessidade de estudos de longo prazo para avaliar os impactos contínuos, conforme observado por Mascarenhas *et al.* (2020).

Sugestões para futuras pesquisas incluem a expansão dos estudos para regiões menos investigadas, como o Cerrado brasileiro, proposta por Oliveira (2022),

e a investigação de novas combinações de espécies em SAFs para maximizar os benefícios, conforme indicado por Meireles *et al.* (2019). Morais (2022) sugere o desenvolvimento de tecnologias mais acessíveis para o manejo sustentável em SAFs.

O impacto social dos SAFs também é um aspecto relevante. Perez *et al.* (2022) evidenciam como esses sistemas contribuem para a recuperação da fertilidade do solo, enquanto Morais (2022) ressalta que a mecanização pode reduzir esforços físicos e custos, facilitando a adesão de agricultores familiares a sistemas mais sustentáveis. Silva (2020) promove a conscientização ambiental ao destacar a importância da conservação de recursos hídricos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar a produção de biomassa em sistemas agroflorestais como estratégia para a o desenvolvimento sustentável. Os resultados demonstraram que os sistemas agroflorestais oferecem uma série de benefícios, incluindo a geração de biomassa utilizada para energia renovável e insumos agrícolas, a conservação do solo e da água, e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Espécies como o mutambo e o capim-Mombaça se destacaram pela alta eficiência na produção de biomassa, enquanto práticas integradas de reflorestamento agroflorestal mostraram-se eficazes para o sequestro de carbono e a diversificação econômica.

As contribuições deste estudo incluem a sistematização de informações sobre o potencial dos sistemas agroflorestais, reforçando sua relevância para políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável e para práticas agrícolas mais resilientes. Além disso, a pesquisa frisa a importância de tecnologias e estratégias que promovam a adoção de sistemas agroflorestais por pequenos agricultores.

Por se tratar de um estudo bibliográfico, destaca-se a dependência de literatura e a falta de pesquisa experimental para análise dos SAFs, o que restringe a análise a contextos já investigados e pode não abranger plenamente a diversidade regional e nem o controle das variáveis.

Futuras pesquisas podem explorar a aplicação de sistemas agroflorestais em regiões específicas ainda pouco estudadas, bem como avaliar a viabilidade econômica de diferentes espécies e modelos de manejo em larga escala.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. **Potencial de produção de biogás a partir de biomassa de suinocultura com culturas energéticas**. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012.
- ALVES, D. F.; DE ALENCAR, M. O. A exploração do sistema agroflorestal e potencialização do desenvolvimento local: um estudo de caso de Caririçu/CE. **Latin American Journal of Business Management**, v. 11, n. 1, 2020.
- AMARAL, D. **Potencial de uso da biomassa florestal na geração de energia térmica e elétrica pela indústria do estado do Rio de Janeiro**. 2019. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- BERNARDO, A. ; SERRA, J. C. V. S.; SILVA, A. M da; DELATORRE, F. M.; DIAS JÚNIOR, A. F. **Oportunidades e desafios do uso de biomassa compactada para fins energéticos**. In: Biomassa: recursos, aplicações e tecnologias em pesquisas. Viçosa: Editora Científica, 2022. v. 1, p. 1-15.
- CUNHA, S. D.; CARRIJO, U. M.; GRUPIONI, P. H. F.; SILVA, M. F.; SILVA, I. C.; RAMOS, T. V. Produção de biomassa e estoque de carbono de *Eucalyptus urograndis* (GG100) em um sistema agroflorestal. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG – CEPE, 2018, Ipameri. **Anais...** Ipameri: Universidade Estadual de Goiás, 2018. ISSN 2447-8687.
- DANIEL, D. S.; OLIVEIRA, J. R. G.; SOARES, G. R. Utilização de agrotóxicos e desenvolvimento rural sustentável no oeste do Paraná: alternativas, perspectivas e desafios. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 14, supl., p. 12-22, 2020.
- DENG, T; GARG, V.; BRADLEY, M. A. Review of material handling challenges in energy production from biomass and other solid waste materials. **Preprints.org**, [S. l.], 2025. DOI: 10.20944/preprints202507.0487.v1.
- GARCIA, L. Agricultura sintrópica e sistemas agroflorestais para um agro mais sustentável. **Blog AraraSeed**, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://blog.araraseed.com.br/sistemas-agroflorestais-agricultura-sintropica/>. Acesso em: 30 dez. 2024.
- GARCIA, L. T.; PAULUS, L. A. R.; FERNANDES, S. S. L.; ARCO-VERDE, M. F.; PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Viabilidade financeira de sistemas agroflorestais biodiversos no Centro-Oeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e47210413682, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13682>.

GBIO USP. **Conceituando biomassa**. São Paulo: USP, 2024. Disponível em: <https://gbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/livro/conceituando-biomassa>. Acesso em: 30 dez. 2024.

GIOVANNI, L. F. **Sistema agroflorestal: alternativa para aliar respostas ecológicas e econômicas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agroecologia) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2023.

JANDREY, W. F. **Produção de biomassa vegetal e fertilização com húmus líquidos como estratégia técnica em sistemas de produção de base ecológica**. 2019. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

LIMA, R. S.; FONTENELE, J. K. S.; SILVA, V. L.; CHAVES, J. M.; MONTEIRO, J. H. A. Deposição de serrapilheira e variáveis qualitativas da produção de biomassa anual em diferentes sistemas de vegetação de caatinga e sistema agroflorestal no município de Cocal-PI. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 2, n. 1, 2021.

LOIOLA, M. V. C.; CERQUEIRA, T. B.; SOUSA, V. R.; SILVA, M. A. V.; NOGUEIRA, E. M. S. Aplicação de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em agriculturas de base ecológica – agroecossistemas e sustentabilidade. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 2, p. 1075-1087, 2024.

MAGALHÃES, T. M.; XAVIER, M. G. B.; MONTEZUMA, L. V.; RASSI, V. C.; RAMOS FILHO, L. O. Avaliação da produção de biomassa por espécies adubadeiras arbóreas e gramíneas em um sistema agroflorestal. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC, 14., 2020, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. p. 1-12.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. **Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais**. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79–96, 2014.

MASCARENHAS, A. R. P.; SANTOS, F. S.; CAVALCANTE, T. R.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. L.; FREITAS, W. K. Estoque de volume e biomassa na madeira de *Cordia goeldiana* Huber (freijó) em sistema agroflorestal multiestratificado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13602-13615, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-230.

MEIRELES, I. E.; MOREIRA, F. M.; FERNANDES, A. L. T.; SANTOS, F. L.; LACERDA, R. S. Estimativa da biomassa de cafeeiros em sistemas agroflorestais sob manejo orgânico e convencional em diferentes arranjos. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, n. 53, p. 134-147, 2019.

MIRA, P. M. **Desafios e perspectivas na comercialização de produtos provenientes de sistemas agroflorestais no estado de São Paulo**. 2021.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.

MORAIS, G. F. **Aplicação de análise dimensional no estudo de máquinas agrícolas para manejo de biomassa de sistemas agroflorestais**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

MOSCOGLIATO, A. V. **Estimativas de biomassa aérea em reservas legais recuperadas por meio de sistemas agroflorestais**. 2011. 2011 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

OLIVEIRA, G. **Biomassa, demanda e exportação de nutrientes por Eucalyptus urophylla sob sistema de reforma e talhadia**. 2023. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2023.

OLIVEIRA, L. N. C. de. **Quantificação da produção de biomassa e da cobertura do solo em sistemas agroflorestais no município de Trairí - CE**. 2022. 47 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

PEREZ, J. C. F.; SILVA, J. C.; TESSARO, D.; DONAZZOLO, J. Biomassa acumulada acima do solo e fauna epiedáfica em um sistema agroflorestal com 5 anos de idade. **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 3, 2022.

REBÊLO, A. G. M.; CAPUCHO, H. L. V.; PAULETTO, D.; DANTAS, E. F. Estoque de nutrientes e decomposição da serapilheira em sistemas agroflorestais no município de Belterra – Pará. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 4, p. 1876-1893, 2022. DOI: 10.5902/1980509846854.

REDAÇÃO CICLOVIVO. Dendê cultivado em agrofloresta é mais produtivo do que em monocultivo. Em sistemas agroflorestais, o cultivo de dendê também gera serviços ambientais. **CicloVivo**, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/saf-dende-agrofloresta-produtivo/>. Acesso em: 30 dez. 2024.

RIBEIRO, A. P.; FREITAS, L. M.; SILVA, I. H.; FERREIRA, P. A. S.; PAULISTA, R. A.; RIBEIRO, V. P. O Direito Agrário e o uso das geotecnologias: análise dos impactos ambientais sob as relações do Desenvolvimento Rural Sustentável (DRS) e a sadia qualidade de vida. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 17, n. 54, p. 01–31, 2024.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. D.; CARLOS, S. D. M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 55, n. 1, p. 9-30, 2017

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B. da; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A.-M. N. (Org.). **Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes**. Washington, DC: Island Press, 2004. 575 p.

SEOANE, C. E. S.; ALMEIDA, D. R. A.; COELHO, P. A.; CUNHA, L. M. S.; LOPES, S. F. Restauração ecológica em sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira, São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, e202302003, 2023

SILVA, K. F. **Biomassa E Capacidade De Retenção Hídrica Da Serapilheira Em Sistemas Agroflorestais Na Amazônia Sul-Occidental**. 2020. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, 2020.

SILVA, S.; COSTA, A. S. V. da; SANTOS, S. L. B. dos; LAIA, M. L. de. A importância da biomassa na matriz energética brasileira. **Pensar Acadêmico**, Goiânia, v. 19, n. 2, p. 557-583, maio/set. 2021.

UCHOA, G. M. Os sistemas agroflorestais como alternativa ao desenvolvimento sustentável: um estudo de caso sobre o município de Presidente Figueiredo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 21., 2024, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: [S.I.], 2024.