

CAPÍTULO 8

Viabilidade econômica da produção agroecológica integrada e sustentável na região do Caparaó Capixaba: programa REFLORESTAR

Rodrigo Leonardo de Paula Dias Mendonca, Camila Dutra Pimenta, João Sávio Monção Figueiredo, Guilherme Andrião Trugilho, Igor Borges Peron, Gabriela Alves de Novaes, Roberta Cunha Vieira, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-25-1.c8>

Resumo

O presente trabalho propõe um estudo qualitativo baseado na análise de uma experiência de Assistência Técnica no programa REFLORESTAR, que visa promover a transição de sistemas de produção convencionais para sistemas agroflorestais (SAFs). A pesquisa adota o método de estudo de caso. As experiências de extensão rural examinadas estão em andamento desde 2010 nos municípios de Alegre (ES) e Castelo (ES), sob a coordenação do Escritório de Alegre (ES). O estudo apresentará os resultados da modelagem econômica e financeira dos SAFs na região do Caparaó Capixaba. Espera-se obter resultados positivos, já que estudos anteriores indicam que os SAFs oferecem uma taxa interna de retorno média de 10% a 12%. O objetivo é comparar o retorno econômico desses sistemas com o reflorestamento com espécies exóticas, tais como eucalipto, cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. Além disso, espera-se demonstrar uma vantagem econômica dos modelos de SAFs.

Palavras-chave: Assistência Técnica. Modelagem Econômica. Taxa Interna de Retorno. Reflorestamento. Sustentabilidade. Agricultura Familiar.

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) representam uma abordagem inovadora e sustentável para a produção de alimentos, combinando árvores, culturas agrícolas e animais em um mesmo sistema. Essa integração oferece uma série de vantagens significativas, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Também permite que os agricultores cultivem uma variedade de plantas, árvores e animais no mesmo espaço. Isso não apenas aumenta a variedade de alimentos produzidos, mas também cria oportunidades para a comercialização de produtos diversos, o que pode aumentar a renda e a segurança alimentar das famílias agrícolas (Figura 1) (Aguiar Junior *et al.*, 2021; Embrapa, 2021; Lima *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Oliveira; Soares; Rocha, 2023).



Figura 1. Funcionamento de um SAF na Amazônia. Fonte: <https://www.nationalgeo-graphicbrasil.com/meio-ambiente/amazonia/infografico-como-funciona-agrofloresta>.

A combinação de diferentes espécies em um mesmo SAF pode resultar em uma maior eficiência no uso dos recursos disponíveis, como água e nutrientes do solo. Além disso, a presença de árvores pode proporcionar sombreamento

parcial, aumentando a umidade e reduzindo a evaporação do solo, o que é benéfico para as culturas agrícolas. As árvores em SAFs ajudam a proteger o solo contra a erosão, melhorando sua estrutura e fertilidade. Além disso, as raízes das árvores ajudam a aumentar a infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e contribuindo para a recarga de aquíferos e mananciais (Camargo *et al.*, 2017; Cordeiro, 2017; Frederico; Moral, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

As árvores em SAFs podem melhorar a ciclagem de nutrientes, fornecendo material orgânico (como folhas caídas) que se decompõe e enriquece o solo com nutrientes essenciais (Figura 2). Isso reduz a necessidade de fertilizantes externos, economizando custos para os agricultores e reduzindo a poluição causada pelo excesso de nutrientes (Camargo *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Almeida *et al.*, 2023; Crespo; Souza; Silva, 2023; Gonçalves; Oliveira; Souza, 2024).

Para esses mesmos autores, os SAFs podem ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas ao sequestrar carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa das árvores e no solo. Além disso, esses sistemas podem ser mais resilientes a eventos climáticos extremos, como secas e inundações, devido à sua diversidade biológica e maior capacidade de retenção de água. Ou seja, trata-se de um sistema produtivo que, ao mesmo tempo em que se regenera, é sustentável e duradouro.



Figura 2. SAF com elevada diversidade biológica. Fonte: Dário Rodrigues, 2024.

A presença de árvores em SAFs oferece oportunidades adicionais de geração de renda, seja por meio da venda de produtos florestais não madeireiros (como frutas, castanhas e óleos essenciais), madeira, ou serviços ecossistêmicos, como turismo rural e conservação da biodiversidade.

Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR (2017), esse sistema é caracterizado como a combinação intencional e planejada de árvores ou arbustos com cultivos agrícolas e, ou, animais em uma mesma área, ao mesmo tempo (associação simultânea) ou em uma sequência de tempo (associação temporal). Essa prática tem como objetivo diversificar a produção, aperfeiçoar a mão de obra, gerar renda, proteger o solo e a água, além de promover o envolvimento da população local.

O relatório proposto na presente pesquisa apresentará os resultados da modelagem econômica e financeira dos estudos de caso de SAFs na região do Caparaó Capixaba. Em SAFs, como já observados em outros estudos, proporcionam uma taxa interna de retorno média de 10% a 12%. Espera-se observar a diferença de retorno econômico quando comparado ao reflorestamento com espécies exóticas, como eucalipto, cultivo tradicional de café e pastagens para gado de corte ou leite. Além disso, espera-se observar uma vantagem econômica nos modelos de SAFs.

O estudo parte de estimativas da demanda nacional e global por alimentos produzidos em regime de SAFs, que mostram uma grande oportunidade para garantir a segurança alimentar regional de forma sustentável desestimulando o desmatamento de florestas naturais e matas ciliares oferecendo ao mercado consumidor um produto que respeita as regras ambientais, retira carbono da atmosfera e evita a degradação.

Segundo o levantamento da FAO (2023), as projeções sugerem que, caso se siga em um cenário de *business-as-usual*, em 2050 o Brasil produzirá cerca de alimentos em regime de SAFs, tendo um papel importantíssimo na produção de alimentos. Se apostar em uma economia de baixo carbono e SAFs na produção agrícola, pode-se promover a recuperação de solos degradados, garantir água para todas as atividades ligadas à sua demanda, além de promover o ciclo de carbono (C), tornando o Brasil o principal produtor do mundo de alimentos.

Além de demonstrar a viabilidade econômica de SAFs, buscam-se uma solução perene para áreas degradadas em regiões com topografias diferenciadas e disseminar exemplos já existentes e bem-sucedidos e economicamente viáveis.

Esse estudo qualitativo se baseia na análise de uma experiência de Assistência Técnica no programa REFLORESTAR, que busca promover a transição dos sistemas de produção convencionais para SAFs. O método de pesquisa adotado é um estudo de caso, focado nas experiências de extensão rural em andamento nos municípios de Alegre (ES) e Castelo (ES) desde 2010, coordenadas pelo Escritório de Alegre (ES), em colaboração com a coordenadora de projetos da MVGI.

O trabalho será embasado na análise de um diagnóstico realizado pelo mestrando com os produtores que programaram os SAFs, ainda a serem definidos. Além disso, serão conduzidas entrevistas em profundidade com 30 produtores e analisados os dados técnicos e econômicos de duas propriedades com base em 20 índices. As entrevistas serão gravadas e posteriormente transcritas. A categorização das entrevistas será estabelecida a partir da análise das mesmas, abordando inicialmente as categorias de SAF, manejo de agroecossistemas, manejo ecológico do solo, relação ser humano-natureza e reprodução social.

A análise qualitativa deste estudo será orientada pela abordagem interpretativa, seguindo as recomendações de Gomes (2012). A análise interpretativa busca compreender a lógica interna dos fatos, relatos e observações, situando-os no contexto dos atores envolvidos. Para realizar essa análise, serão seguidas três etapas propostas pelo autor. Primeiro, será realizada a montagem da estrutura de análise e categorização dos conteúdos coletados. Essa categorização foi dinâmica e a próxima etapa de exploração do material será feita por meio da interpretação e paráfrase das falas registradas nas entrevistas.

Em seguida, será realizada a exploração do material, identificando as ideias implícitas e explícitas nas entrevistas e buscando os sentidos mais amplos atribuídos a essas ideias. A partir desta fase, serão construídas as categorias de análise presentes neste artigo.

Por fim, será elaborado o documento final, articulando os objetivos do estudo com a base teórica e os dados empíricos coletados, conforme recomendado por Gomes (2012).

Este estudo qualitativo tem como objetivo analisar as variáveis e a viabilidade econômica dos SAFs implantados no Sul do Estado do Espírito Santo, por meio do programa REFLORESTAR, uma política pública ambiental do estado. Serão estudadas 30 propriedades familiares com projetos de até 4,84 ha, assistidas pelo Programa Reflorestar sob a tutela da MVGI, que implantaram sistemas agroflorestais utilizando arranjos com café arábica ou robusta, citros, banana, palmáceas, espécies arbóreas comercializáveis e nativas. O estudo buscará compreender como esse SAF alterou a capacidade financeira dos agricultores desde a implantação até o momento da pesquisa. As categorias de pesquisa serão: a implantação dos SAFs, indicadores de viabilidade econômica, custos e rentabilidade.

Para a coleta de dados deste trabalho, serão selecionadas 30 propriedades onde os proprietários já tenham escolhido quais cultivos implantar ou já tenham mudas plantadas no campo. Será aplicado um questionário *in loco* por meio de entrevistas pessoais. O objetivo da aplicação do questionário é obter informações sobre a escolha das espécies para a implantação dos SAFs, bem como a destinação pretendida dos produtos desses cultivos.

Para compor o valor das receitas, serão analisados dados sobre os preços de mercado dos produtos comercializados na região. Isso será feito por meio de uma pesquisa de mercado utilizando um questionário semiestruturado. Essa pesquisa visa verificar os valores de produtos como mudas, sementes, frutos, madeira, cereais e outros produtos relevantes.

Na composição dos custos serão coletados dados sobre o preparo da área, tamanho da área, custos de mão de obra diária, custos de hora máquina, valores praticados na região do Caparaó Capixaba, vegetação anterior ao plantio do sistema agroflorestal, espaçamento, adubação e procedência das mudas.

Utilizando planilhas, o estudo irá calcular o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), segundo Santana (2005), para análise da

viabilidade econômica dos SAFs. O empreendimento será considerado viável se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Para estimar a geração de renda com os produtos agroflorestais, serão utilizados dados de produção provenientes de literatura e pesquisas de mercado no momento da análise. Esses dados serão adaptados para a densidade de plantio de cada SAF avaliado no estudo

2. Planejamento financeiro e sua importância

O planejamento financeiro envolve a previsão, organização e controle das finanças da empresa para garantir que os recursos sejam utilizados de maneira eficiente e que os objetivos financeiros sejam alcançados. Para os SAFs não é diferente, pois se pode fornecer dados e previsões que ajudam os gestores a tomar decisões mais informadas (Bentes-Gama, 2003; Santana, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para esses mesmos autores, isso inclui a avaliação de novas oportunidades, alocação de recursos e identificação de possíveis riscos. Para garantir a viabilidade de longo prazo, é essencial que as empresas agroflorestais entendam suas margens de lucro, custos operacionais e fluxos de caixa. Isso ajuda a garantir que a empresa possa se manter financeiramente sustentável. Com um planejamento financeiro adequado, é possível monitorar e controlar os custos de produção, o que é fundamental para manter a competitividade no mercado.

Investidores e instituições financeiras geralmente exigem um plano financeiro detalhado antes de conceder empréstimos ou investir no negócio. Um bom planejamento financeiro aumenta a credibilidade e a capacidade de captação de recursos e também pode ajudar a prever os fluxos de caixa futuros, garantindo que a empresa tenha liquidez suficiente para operar, investir e crescer. O aperfeiçoamento dos custos tributários por intermédio de um planejamento financeiro eficaz pode resultar em economias significativas e melhorar a rentabilidade da empresa (Sanguino, 2007; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Os SAFs combinam cultivos agrícolas com árvores e outros componentes florestais, oferecendo uma série de benefícios econômicos, ecológicos e sociais. Para avaliar a viabilidade econômico-financeira desses sistemas, alguns passos são essenciais (Bentes-Gama, 2003; Santana, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Amaro; Silva, 2013; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

- ✓ Análise de mercado: avaliar a demanda e os preços de mercado para os produtos agrícolas e florestais, incluindo madeira, frutas, ervas medicinais, entre outros;
- ✓ Custos de implementação e manutenção: estimar os custos iniciais de instalação do sistema, bem como os custos contínuos de manutenção, colheita e comercialização;
- ✓ Receitas potenciais: projeção das receitas esperadas a partir da venda dos produtos gerados pelo sistema agroflorestal;
- ✓ Análise de riscos: identificação e mitigação de riscos associados a pragas, mudanças climáticas, volatilidade de preços e outros fatores que possam impactar a viabilidade financeira;
- ✓ Indicadores de rentabilidade: utilização de indicadores financeiros, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*, para avaliar a rentabilidade do investimento no SAF;
- ✓ Sustentabilidade ambiental: consideração dos benefícios ambientais dos SAFs, como sequestro de carbono, conservação do solo e biodiversidade, que podem agregar valor e abrir portas para mercados de créditos de carbono e incentivos governamentais.

Para esses mesmos autores, o planejamento financeiro é essencial para a sustentabilidade e sucesso de qualquer empreendimento, incluindo os SAFs. Ele fornece uma base sólida para a tomada de decisões, ajuda a mitigar riscos e maximiza a eficiência dos recursos. Além disso, a avaliação da viabilidade econômico-financeira é fundamental para garantir que os SAFs não só sejam ambientalmente benéficos, mas também economicamente viáveis em longo prazo.

Tópico comum no mundo dos negócios, a viabilidade econômica e financeira de qualquer atividade possibilita uma comparação do retorno financeiro de qualquer atividade. Esse estudo da viabilidade econômico-financeira de SAFs tem por finalidade buscar informações detalhadas sobre as atividades agrícolas em os englobam.

Para fazer uma boa análise de viabilidade econômica, devem-se seguir algumas etapas fundamentais, que são a análise de mercado dos produtos; projeções de receitas, despesas, custos e fluxo de caixa ou projeção de fluxo de caixa; e análise de indicadores calculados em cima dos dados obtidos de receitas, despesas, custos e investimentos (Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para uma boa análise de mercado, deve-se atentar para a elaboração de um bom plano de negócios (no caso do Programa REFLORESTAR, um bom projeto), com a intensão de se conhecer o mercado consumidor ou público alvo, perfil da concorrência, sazonalidade dos produtos, além de outros pontos e informações relevantes para o escoamento da produção agrícola.

Com base nesse levantamento de dados, ter-se-á como objetivo buscar oportunidades e renda para o produtor rural, estimulando a adoção de práticas de uso sustentável dos solos, cultivos diversificados, redução de custos de produção e aperfeiçoamento de áreas. Assim, criar estímulos para os proprietários de terra e agricultores adotarem sistemas produtivos sustentáveis e alternativas econômicas, ambientalmente corretas e socialmente justas.

2.1. Fluxo de caixa – projeção de receitas, despesas, custos e investimentos

Após análise de mercado dos produtos produzidos pelos SAFs, é possível mensurar e projetar possíveis receitas. Essa análise tem como função identificar a capacidade de gerar receitas (dinheiro) para o produtor. Para uma boa projeção de sucesso é importante conhecer o mercado consumidor e projetar números tangíveis evitando números intangíveis ou fictícios (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Para esses mesmos autores, o prazo de retorno no caso de SAFs pode variar dependendo das culturas nele projetadas, em média, de 1 a 5 anos. Em projetos de maior porte, pode-se extrapolar para 10 anos ou mais, variando conforme as demandas. Cabe ressaltar que o apesar do crescimento das receitas, as despesas e custos também aumentam. Com isso é imprescindível que o produtor cogite bem seus projetos com o intuito de evitar surpresas e possíveis prejuízos.

É fundamental que o produtor agroflorestal realize projeções detalhadas e realistas tanto das receitas quanto das despesas e custos associados ao crescimento da operação. Um planejamento financeiro cuidadoso, aliado ao monitoramento contínuo e à gestão de riscos, ajudará a garantir a sustentabilidade e a viabilidade econômico-financeira dos SAFs, evitando surpresas e possíveis prejuízos.

Projetar receitas, custos, despesas e investimento devem obedecer alguns critérios, tais como (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

- ✓ Custos variáveis, aqueles que variam de acordo com produção ou vendas, embalagens, combustíveis, transporte, mão de obra, adubação ou manejo entre outros;
- ✓ Custos fixos, que são aqueles recorrentes, com impostos, diárias da mão de obra ou salários, energia elétrica, entre outros.

É fundamental destacar a importância da dinâmica do dinheiro no planejamento e controle financeiro. O registro adequado dos recebimentos e pagamentos é essencial para que o produtor possa ter uma visão clara e precisa da sua situação financeira.

O objetivo principal do registro dos recebimentos é acompanhar as vendas e outros valores que entram no caixa da propriedade, como recebimento de cheques, transferências bancárias, entre outros. Esses registros permitem ao produtor ter um controle detalhado das entradas de dinheiro, possibilitando uma análise do fluxo de caixa e a identificação de eventuais problemas ou oportunidades.

Da mesma forma, o registro dos pagamentos é fundamental para acompanhar todas as despesas previstas, sejam elas pagas à vista ou a prazo. Isso inclui o pagamento de fornecedores, salários, despesas com insumos, entre outros. Ao registrar esses pagamentos, o produtor pode ter uma visão clara dos seus compromissos financeiros, evitando atrasos e auxiliando no planejamento do uso dos recursos disponíveis.

É importante ressaltar que o registro adequado dos recebimentos e pagamentos deve ser feito de forma organizada e sistemática, utilizando ferramentas como planilhas ou *softwares* de gestão financeira. Dessa forma, o produtor terá informações precisas e atualizadas sobre a sua situação financeira, permitindo tomar decisões mais assertivas e planejar o seu negócio de forma mais eficiente.

2.2. Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é amplamente reconhecido como um indicador financeiro robusto de viabilidade de investimentos. Ele estima o valor presente de um fluxo de caixa futuro, levando em consideração uma taxa de desconto específica. Quando o VPL é positivo, indica que o investimento ou projeto é considerado viável (Bentes-Gama, 2003; Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

**VPL = Valor presente das entradas de caixa – investimento inicial
(Orçamento previsto pelo REFLORESTAR)**

A fórmula básica para o cálculo do Valor Presente Líquido é a seguinte:

$$VPL = \sum \left(\frac{FC_t}{(1+r)^t} \right) - C_0$$

Onde:

- **FC_t** representa o fluxo de caixa no período ttt,
- **r** é a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade,
- **t** é o período de tempo,

- **C_0 é o investimento inicial (ou custo inicial) do projeto.**

O VPL é calculado somando-se todos os fluxos de caixa futuros descontados para o presente e subtraindo o investimento inicial. Se o resultado for positivo, o projeto é considerado economicamente atrativo, pois indica que o retorno esperado é maior que o custo de oportunidade do capital investido, ajustado pela taxa de desconto.

2.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala o valor presente dos benefícios ao valor presente de custos (Arco-Verde, 2014). A TIR é uma métrica utilizada em orçamento de capital para estimar a lucratividade de projetos e investimentos. Ela possui este nome, pois é necessário apenas o fluxo de caixa do projeto para a mesma ser calculada, não dependendo de nenhuma taxa externa.

A TIR é uma métrica poderosa para avaliar a viabilidade e lucratividade de projetos de investimento. Ao calcular a TIR, os produtores e investidores podem tomar decisões informadas, comparando diferentes projetos e escolhendo aqueles que oferecem os melhores retornos em relação ao seu custo de capital (*ibidem*).

Tipicamente expressa em porcentagem (por exemplo, 10%-12%), ela pode ser definida como a taxa de retorno anualizada de um projeto e deve ser compreendida como a taxa de desconto que torna o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa (tanto positivo quanto negativo) igual a 0.

Caso o resultado desta métrica retorne um valor positivo, isso significa que o projeto ou investimento irá gerar valor para a organização caso seja maior do que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade). Caso o resultado desta métrica retorne um valor negativo, isso significa que o fluxo de caixa do investimento está alterando entre positivo e negativo durante a duração do projeto. Uma TIR negativa é um indicativo de um fluxo de caixa mais complexo, o que pode tornar

esta métrica menos útil (Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Antigamente, para esses mesmos autores, encontrar a Taxa Interna de Retorno (TIR) costumava ser um processo mais manual e iterativo, utilizando o método da tentativa e erro. Isso envolvia inserir diferentes valores na fórmula da TIR até encontrar aquele que resultasse em um Valor Presente Líquido (VPL) igual a zero.

Em termos de preferência na análise de investimentos, as taxas de retorno (como a TIR) são frequentemente discutidas porque proporcionam uma medida relativa de *performance* que é mais intuitiva para comparar diferentes oportunidades de investimento. Elas expressam a rentabilidade do investimento como uma porcentagem, facilitando a compreensão e a tomada de decisão em comparação com valores absolutos em reais, como os retornos calculados pelo VPL (Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

2.4. Relação Benefício-Custo (RB/C)

A Relação Benefício-Custo (RB/C) são os principais índices utilizados como parâmetros econômicos para a análise financeira de SAFs (Bentes-Gama, 2005; Sanguino, 2007; Arco-Verde, 2008; Palheta, 2014). A “relação custo-benefício” avalia os prós e contras de uma ação, produto ou projeto, com o objetivo de determinar se os benefícios superam os custos envolvidos.

A Relação Benefício-Custo (RB/C) é uma ferramenta essencial para avaliar a viabilidade econômica de projetos, especialmente em SAFs. Ela permite aos produtores e investidores tomar decisões informadas, assegurando que os projetos escolhidos sejam economicamente sustentáveis e lucrativos. Uma RB/C maior que 1 indica um projeto viável, proporcionando uma base sólida para investimentos futuros.

Relação Benefício Custo (RB/C) indica o quanto os benefícios superam ou não os custos totais onde o projeto é viável se o valor for maior ou igual à unidade de capital (Börner, 2009). É um critério fundamental para tomadas de decisão informadas e eficazes, influenciando escolhas que variam desde investimentos financeiros até políticas públicas.

O custo-benefício é definido como as melhores escolhas que os agentes econômicos realizam em determinadas situações. Projetos intitulados como PSA (pagamento por serviços ambientais) buscam benefícios maiores que os custos ao adquirir ou produzir algo. As escolhas que os indivíduos fazem tem como reflexo o custo-benefício, lembrando que toda escolha remete a uma perda: esse fato é conhecido como *trade-off* entre os economistas (Arco-Verde, 2008; Palheta, 2014).

Em agroecologia, pode-se exemplificar isso os estudos com cafés cultivados em SAFs, que obtiveram menor produtividade por área, mas calculadas a reduções de custos de adubação, resiliência vegetativa das plantas, melhoria a qualidade dos cafés e ganhos ambientais, chegamos a conclusões que a relação custos benefício se aplica a atividades agrícolas como a cafeicultura (Silva *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022).

Portanto, pode-se definir o custo como algo que exige atenção, dinheiro, entre outros pontos. Já o benefício é uma melhoria que se irá conquistar ao realizar uma ação que demanda um custo específico. Neste caso, os benefícios são maiores quando o projeto, o produto ou o serviço apresentam mais pontos positivos, em termos qualitativos e em termos quantitativos.

2.5. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Para determinar se um projeto é viável, é fundamental que o retorno financeiro esperado seja superior ao investimento inicial realizado. Esse princípio é essencial para qualquer tipo de investimento. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) desempenha um papel fundamental nesse processo, pois representa o mínimo que um investidor ou empresa deseja obter como retorno para considerar um investimento satisfatório (Arco-Verde, 2008; Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

Segundo esses mesmos autores, a TMA é uma ferramenta poderosa, especialmente útil na escolha entre várias opções de investimento disponíveis. Ela é utilizada tanto em análises estratégicas quanto financeiras para avaliar a atratividade de um projeto ou investimento. Essa taxa é normalmente

determinada com base nas principais taxas de juros praticadas pelo mercado, que refletem o custo de capital e o retorno esperado dos investidores.

As principais taxas de juros que atualmente exercem impacto significativo na definição da TMA podem incluir (Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014):

✓ Taxa Selic: a Taxa Básica de Juros da economia brasileira, usada pelo Banco Central para controlar a inflação e influenciar as demais taxas de juros do mercado;

✓ CDI (Certificado de Depósito Interbancário): taxa de juros utilizada como referência para operações entre instituições financeiras no Brasil;

✓ TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo): utilizada pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) para financiar investimentos de longo prazo no Brasil;

✓ TBF (Taxa Básica Financeira): utilizada para reajuste de títulos do Tesouro Nacional no Brasil;

✓ Inflação esperada: a expectativa de inflação futura também é considerada na determinação da TMA, pois afeta o poder de compra do dinheiro investido.

Essas taxas são essenciais porque influenciam o custo do capital e o potencial retorno sobre o investimento, ajudando a estabelecer um critério objetivo para a viabilidade econômica de um projeto ou investimento. Portanto, ao calcular o Valor Presente Líquido (VPL) ou a Taxa Interna de Retorno (TIR) de um investimento, a TMA é fundamental para determinar se os fluxos de caixa futuros são suficientes para compensar o investimento inicial, garantindo assim que o projeto seja considerado viável.

2.6. Taxa Referencial

Taxa de juros utilizada para remunerar o capital nos projetos agroflorestais será de 4,00 % ao ano, que é a taxa de juros adotada no Plano Safra 2023/2024 ABC / agroecologia estipulada pelo Banco Central do Brasil Pronaf ABC+ Agroecologia (bndes.gov.br).

Para calcular o valor da TR, é necessário primeiramente encontrar o valor de outra taxa: a TBF (Taxa Básica Financeira). Ela é o principal elemento da

fórmula utilizada para chegar ao valor final da Taxa Referencial. Após encontrado o valor da TBF, aplica-se um redutor e só então se chega ao valor da TR. Deste modo, a TR sempre será um pouco menor do que a TBF (Arco-Verde; Arco-Verde; Amaro, 2014; Palheta *et al.*, 2014).

É possível simular a correção de valores pela Taxa Referencial por intermédio da calculadora da TR, disponibilizada pelo Banco Central.

2.7. Pronaf ABC+ Agroecologia

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) é uma iniciativa governamental destinada a apoiar os agricultores familiares no Brasil, oferecendo acesso a crédito com condições vantajosas. Uma das modalidades é o Pronaf AB+ Agroecologia, voltado para atividades agrícolas de baixo carbono e práticas agroecológicas. Esse programa é operacionalizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e oferece financiamento tanto para agricultores individuais quanto para grupos de produtores (BNDES, 2020).

No caso de financiamento individual, os recursos podem ser utilizados para construção, reforma ou ampliação de benfeitorias e instalações permanentes, aquisição de máquinas, equipamentos (incluindo irrigação) e implementos agropecuários, além de estruturas de armazenagem. Para financiamentos coletivos, o objetivo é promover investimentos de uso comum entre os agricultores (MAPA, 2020).

As condições incluem taxas de juros prefixadas de até 4% ao ano, prazos de pagamento que variam de 5 a 10 anos, com possibilidade de carência de 14 meses a 3 anos. Os limites de financiamento são de até R\$ 420 mil para atividades como suinocultura, avicultura, aquicultura, carcinicultura e fruticultura, e até R\$ 210 mil para outras finalidades (BNDES, 2020; MAPA, 2020).

O Pronaf AB+ Agroecologia visa promover práticas sustentáveis e o desenvolvimento econômico das famílias agricultoras, contribuindo para a conservação ambiental e a qualidade de vida no campo.

3. Fundamentos dos Sistemas agroflorestais

Os Sistemas Agrossilvipastoris (SASPs) são modelos avançados de integração que combinam agricultura, silvicultura e pecuária em um único sistema produtivo. Essa abordagem integrada visa maximizar o uso da terra, promover a sustentabilidade ambiental e aumentar a produtividade agrícola e pecuária. No contexto dos SASPs, a produção de pastagens para o gado desempenha um papel crucial, proporcionando condições ideais para o bem-estar animal e otimizando os ganhos zootécnicos (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Para esses mesmos autores, além da produção de pastagens, os SASPs incluem o cultivo estratégico de árvores. Essas árvores podem ser plantadas com múltiplos propósitos, como produção de madeira, celulose ou outros produtos florestais. A localização estratégica das árvores dentro do sistema pode oferecer benefícios adicionais, tais como:

- ✓ Sombreamento: As árvores fornecem sombra para o gado e outros animais, ajudando a protegê-los do calor excessivo e melhorando seu conforto.
- ✓ Proteção contra ventos: As árvores atuam como barreiras naturais contra ventos fortes, reduzindo a erosão do solo e protegendo as culturas e pastagens.
- ✓ Circulação de nutrientes: As árvores contribuem para a ciclagem de nutrientes no sistema, ajudando a melhorar a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Esses elementos combinados - pastagens bem manejadas e árvores estrategicamente plantadas - criam um ambiente produtivo e sustentável dentro dos SASPs. Esses sistemas não apenas melhoram a eficiência do uso da terra, mas também promovem a conservação dos recursos naturais e a resiliência às mudanças climáticas, tornando-se uma opção atraente para agricultores e pecuaristas que buscam integrar práticas agrícolas e ambientais de maneira harmoniosa e produtiva (Figura 3).



Figura 3. SASP. Fonte: www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipas-toris-ssp-e.html.

A presença estratégica de árvores em SASPs não só contribui para a produtividade agrícola e pecuária, mas também desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas. As árvores têm a capacidade de absorver carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa e no solo, ajudando a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (Franke; Furtado, 2001; MAPA, 2012; Miguel Lenz, 2019).

Para esses mesmos autores, a escolha das culturas agrícolas, espécies de árvores e animais deve ser feita levando em consideração as condições locais, características do solo e os objetivos específicos do produtor. Isso garante que o sistema seja adaptado para maximizar os benefícios ambientais e produtivos.

O *design* espacial do SASP, incluindo a distribuição de árvores e pastagens, é fundamental para melhorar a eficiência produtiva e os benefícios ambientais do sistema. Uma distribuição cuidadosa ajuda a otimizar o uso da terra, minimizar a competição indesejada entre os diferentes componentes e promover interações positivas entre eles (MAPA, 2012; Miguel Lenz, 2019) (Figuras 4 e 5).



Figura 4. SASP. Fonte: <https://www.projetaagroflorestas.com.br/servicos/palestras-sobre-sistemas-agroflorestais/9>.

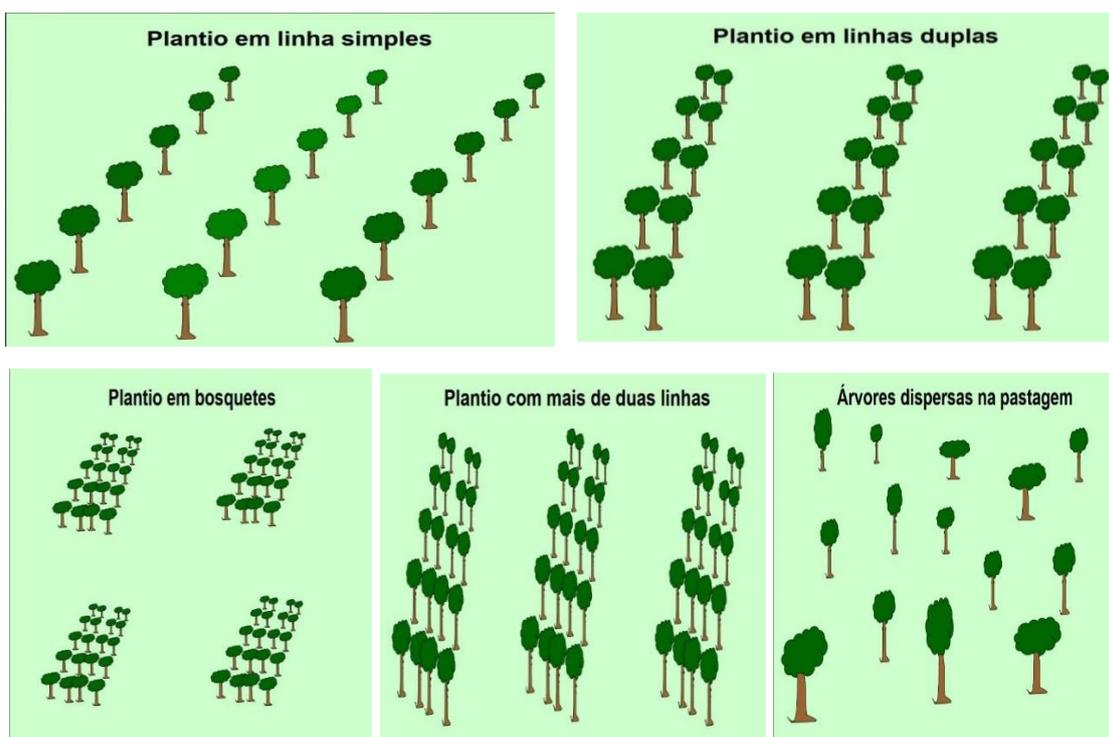


Figura 5. Diferentes tipos de arranjos de SAF. Fonte: Embrapa, 2020.

É essencial adotar práticas de manejo adequadas para garantir a eficiência entre as atividades agrícolas, silvícolas e pecuárias dentro do SASP. Isso inclui manejo integrado de pastagens, rotação de culturas, controle de pragas e doenças, e gestão sustentável dos recursos hídricos.

Para entender melhor o desempenho econômico, social e ambiental dos SASPs em diferentes contextos, são necessárias pesquisas contínuas e avaliações rigorosas. Esses estudos ajudam a identificar melhores práticas, adaptar o sistema às condições locais específicas e promover a adoção mais ampla de SASPs como uma estratégia sustentável para a agricultura.

Os sistemas silvipastoris são uma estratégia eficaz para a gestão sustentável da terra, integrando árvores, pastagens e gado de maneira harmoniosa e produtiva. A classificação desses sistemas, baseada em suas características e objetivos específicos, destaca sua capacidade de promover uma série de benefícios multifacetados (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Para esses mesmos autores, em termos econômicos, os sistemas silvipastoris contribuem significativamente aumentando a geração de receitas. Isso ocorre através da diversificação das fontes de renda, como a extração de madeira e a produção de outros produtos florestais de valor agregado. Essa diversificação não apenas aumenta a rentabilidade para os agricultores e pecuaristas, mas também fortalece a resiliência econômica das operações agrícolas.

Em termos ambientais, os sistemas silvipastoris desempenham um papel crucial na proteção dos solos. As árvores ajudam a reduzir a erosão do solo, melhoram sua estrutura e fertilidade, e promovem a geração de matéria orgânica essencial para a saúde do solo. Além disso, a presença de árvores contribui para a captura de carbono da atmosfera, auxiliando na mitigação das mudanças climáticas e na conservação da biodiversidade (Figura 6) (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017; EMBRAPA, 2020).

Em termos sociais, os sistemas silvipastoris geram empregos e oportunidades econômicas nas áreas rurais. A diversificação das atividades econômicas dentro desses sistemas cria novas oportunidades de trabalho na agricultura, na silvicultura e na comercialização de produtos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das comunidades locais (Costa, 2016; Cordeiro *et al.*, 2017).

Portanto, os sistemas silvipastoris não apenas maximizam a produtividade da terra de forma sustentável, mas também proporcionam benefícios

econômicos, ambientais e sociais significativos, adaptando-se às necessidades e objetivos específicos dos produtores e promovendo práticas agrícolas integradas e responsáveis (Figura 7).



Figura 6. Sistema Silvopastoril. Fonte: <http://www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipastoris-ssp-e.html>.

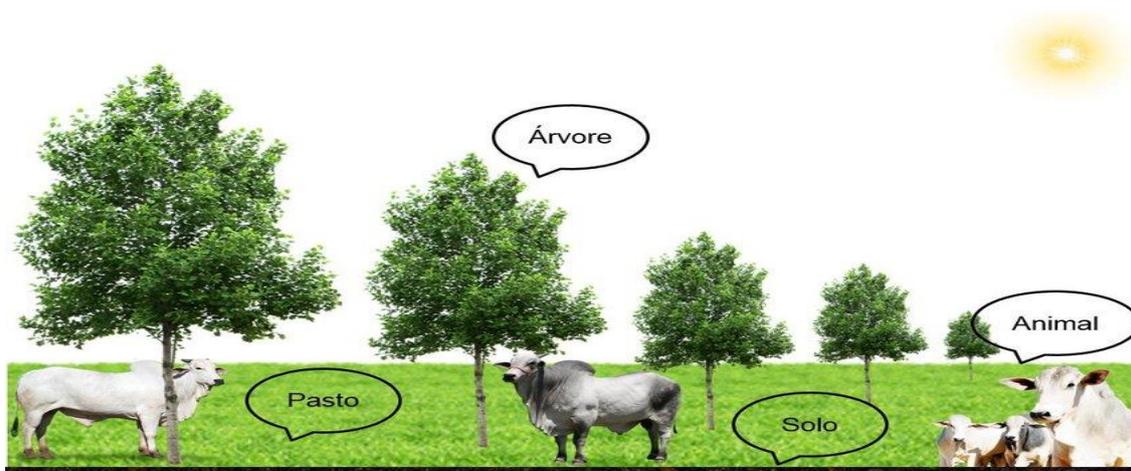


Figura 7. Sistema Silvopastoril. Fonte: <http://www.centralflorestal.com.br/2017/10/os-sistemas-silvipastoris-ssp-e.html>.

4. Sistemas agroflorestais e seus arranjos

A introdução de SAFs representa uma estratégia inovadora e eficaz para mitigar o estresse térmico em bovinos. É fundamental analisar os mecanismos pelos quais os SAFs atuam para entender como esses sistemas proporcionam um ambiente mais confortável para o gado, melhorando seu bem-estar e desempenho produtivo. Esta abordagem examinará os principais mecanismos

de mitigação, como a sombra fornecida pelas árvores, a redução da incidência direta de radiação solar, a melhoria da qualidade do ar e a regulação térmica do solo (Carvalho; Botrel, 2002) (Figura 8).



Figura 8. SAFs diversos. Fonte: <https://www.projetaagroflorestas.com.br/servicos/palestras-sobre-sistemas-agroflorestais/9>.

Uma característica proeminente dos SAFs é a presença de árvores que oferecem sombra para os bovinos (Figura 9).



Figura 9. SAF implementado/área experimental Incaper. Fonte: <https://incaper.es.gov.br/>.

A presença de árvores em SAFs oferece benefícios significativos na mitigação do estresse térmico em bovinos, principalmente por intermédio do sombreamento que proporciona. Esse mecanismo reduz diretamente a exposição direta ao sol, oferecendo áreas sombreadas onde os animais podem se abrigar durante períodos de calor intenso. Além de aliviar o estresse térmico, o sombreamento contribui para moderar a temperatura ambiente, criando microclimas mais confortáveis para o rebanho (Oliveira, 2012).

A diversidade de plantas em SAFs, conforme destacado por Altieri (2012) e Nicholls (2013), permite um uso mais eficiente dos recursos ambientais. Essa diversidade promove um equilíbrio dinâmico próximo ao ecossistema natural, aumentando a resiliência do sistema agrícola frente a impactos ambientais e auxiliando no controle natural de pragas e doenças.

As árvores exercem uma influência significativa no solo dentro dos SAFs, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. As raízes das árvores desempenham um papel crucial na proteção e manutenção da umidade do solo, criando um habitat propício para a biota do solo e facilitando a absorção de nutrientes essenciais para as plantas.

Portanto, a integração de árvores em sistemas agroflorestais não apenas promovem ambientes mais confortáveis e resilientes para o gado, mas também otimiza a produtividade agrícola em condições climáticas adversas. Esses sistemas representam uma abordagem sustentável e eficaz para melhorar a qualidade ambiental, a saúde do solo e a produtividade agrícola de forma integrada (Figura 10).

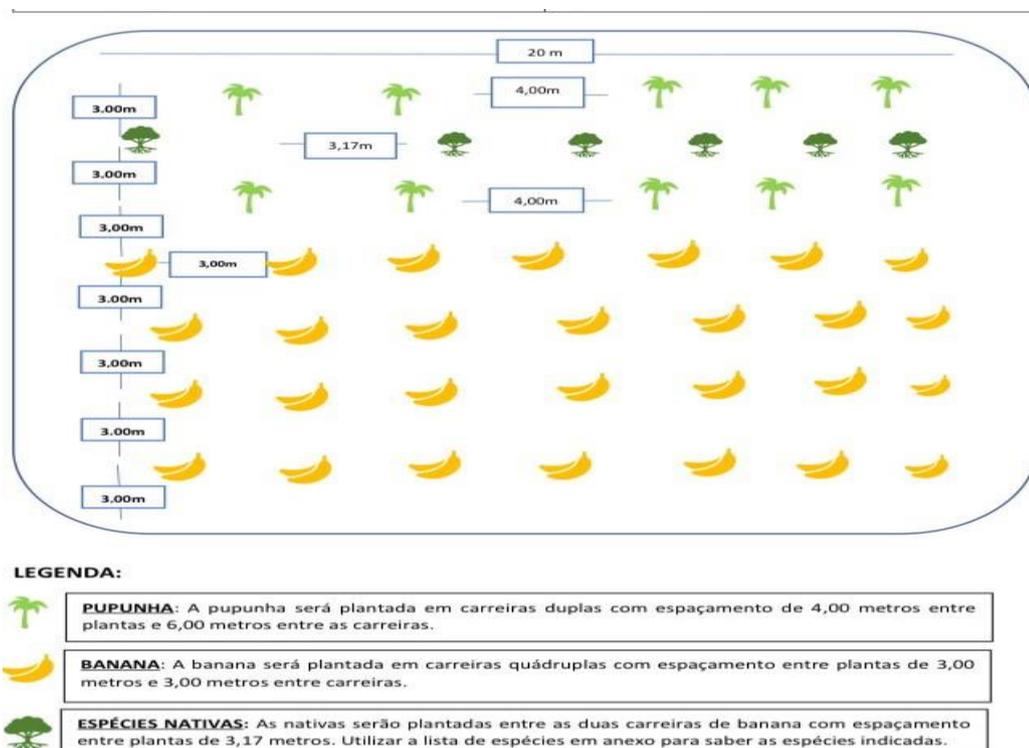


Figura 10. Arranjo de SAF. Fonte: Acervo MVGI, 2023.

5. Contribuições para a sustentabilidade

Atualmente, exploram-se maneiras empreendedoras de aproveitar propriedades rurais, indo além das práticas sustentáveis, buscando simultaneamente aumentar a produção, alcançar sucesso financeiro e contar com políticas governamentais favoráveis. Ao unir os princípios da agroecologia com o apoio de especialistas e políticas públicas eficazes, buscamos não apenas resolver problemas ambientais e sociais, mas também gerar ideias valiosas para otimizar o uso das propriedades rurais (Bricalli, 2011).

Para esse mesmo autor, as principais características dessa abordagem são:

- ✓ Enfrentar os complexos desafios inter-relacionados da segurança alimentar e identificar opções sustentáveis e integradas que gerem sinergias, benefícios e reduzam custos de produção;
- ✓ Reconhecer que essas opções serão definidas de acordo com as necessidades ambientais, sociais e econômicas, contextos e conhecimentos dos atores envolvidos;
- ✓ Considerar as interações entre diferentes setores e as necessidades das partes interessadas, incluindo agricultura, meio ambiente e mudanças climáticas;
- ✓ Identificar barreiras à adoção de práticas sustentáveis e agroecológicas entre os agricultores e propor soluções adequadas por meio de políticas públicas eficazes, estratégias sociais viáveis, ações públicas e incentivos fiscais;
- ✓ Criar ambientes favoráveis promovendo um maior alinhamento de políticas, como as ações dos Núcleos de Estudos Agroecológicos (NEAs) e o Programa Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), investimentos financeiros como o Pronaf AB+ Agroecologia, e acordos institucionais com o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa de Aquisição de Alimentos (PAA);
- ✓ Alcançar objetivos múltiplos por intermédio da definição de prioridades e tomada de decisões coletivas que considerem diferentes benefícios e compensações;
- ✓ Priorizar o fortalecimento do PLANAPO para Agricultores Familiares, melhorando o acesso a serviços de Assistência Técnica e Gerencial (AT&G), conhecimentos, produtos e mercados financeiros;

✓ Desenvolver resiliência a crises econômicas, sociais e ambientais, especialmente relacionadas às mudanças climáticas, cujos impactos têm implicações cruciais para a sustentabilidade agrícola.

Para sustentar e alcançar os objetivos dessa abordagem, a agricultura sustentável é fundamentada em três pilares essenciais (Bricalli, 2011):

✓ Aumentar de forma sustentável a produtividade agrícola mediante práticas agroecológicas, reduzindo custos de produção, aumentando a renda dos agricultores e mantendo a sustentabilidade econômica e social no campo;

✓ Adaptar e desenvolver resiliência às mudanças climáticas, reconhecendo a crescente visibilidade dos seus efeitos na agricultura; e

✓ Reduzir e/ou eliminar as emissões de gases de efeito estufa, transformando a mitigação climática de uma opção em uma necessidade urgente.

Em resumo, a sustentabilidade na agricultura só pode ser alcançada integrando simultaneamente as dimensões econômicas, ambientais, sociais e políticas. Rotular uma atividade como sustentável sem abordar todas essas dimensões pode representar um retrocesso para as gerações futuras.

5.1. Promoções da biodiversidade

Os SAFs desempenham um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, destacando-se pela sua capacidade de fomentar a biodiversidade de forma ativa. A integração de árvores, pastagens e culturas agrícolas cria um ambiente propício para a coexistência de diversas formas de vida. As árvores oferecem habitats para aves, insetos benéficos e microrganismos do solo, aumentando significativamente a diversidade biológica dentro do sistema. Essa variedade de organismos desempenha um papel crucial na regulação natural de pragas, na polinização eficaz e na formação de ecossistemas mais resilientes (Simioni *et al.*, 2022).

Além da biodiversidade, os SAFs contribuem de maneira substancial para a melhoria da qualidade do solo. A presença de árvores facilita a ciclagem de nutrientes, aumentando a disponibilidade de elementos essenciais para plantas e microrganismos do solo (Pezarico *et al.*, 2013; Lemaire *et al.*, 2014). As raízes

profundas das árvores desempenham um papel crucial na estruturação do solo, ajudando a prevenir a erosão e promovendo a retenção de água. Esses fatores combinados resultam em solos mais férteis, resilientes e sustentáveis ao longo do tempo.

Adicionalmente, os SAFs oferecem uma redução significativa da pegada ambiental associada à produção agrícola e pecuária. A diversificação das atividades agrícolas e pecuárias em um mesmo espaço otimiza o uso eficiente dos recursos disponíveis. A ciclagem de nutrientes proporcionada pela matéria orgânica proveniente das plantas reduz drasticamente a dependência de fertilizantes químicos, minimizando assim os impactos ambientais associados à agricultura convencional. Isso não só reduz custos de produção, mas também melhora a qualidade dos solos e dos habitats naturais, promovendo um ambiente de baixo carbono e contribuindo para o bem-estar animal e o desempenho vegetativo das culturas (Figuras 11).



Figuras 11. SAFs e ciclagem de nutrientes. Fonte: Esquerda <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/>; Dereita <https://www.portaldoagronegocio.com.br/>.

Portanto, os SAFs não apenas aumentam a eficiência produtiva de forma sustentável, mas também promovem a conservação da biodiversidade, a qualidade do solo e a redução dos impactos e externalidades ambientais, representando uma abordagem integrada e benéfica para a agropecuária moderna.

5.2. Fixação de nitrogênio no solo

O nitrogênio (N) desempenha um papel fundamental no crescimento das plantas, sendo um componente essencial de diversas estruturas celulares, como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e citocromos. Embora o N seja abundantemente encontrado na atmosfera na forma de gás (N_2), apenas uma pequena fração, aproximadamente 2%, está disponível para as plantas na forma de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) no solo (Souza, 2021).

Para esse mesmo autor, as plantas absorvem o N principalmente por intermédio de dois processos principais: a fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por bactérias simbióticas ou livres que convertem o N_2 atmosférico em formas utilizáveis pelas plantas, e a adubação nitrogenada, que envolve a aplicação de fertilizantes contendo compostos nitrogenados solúveis no solo (Figura 12).

Essa disponibilidade limitada de N no solo pode ser um fator determinante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando diretamente sua produtividade e saúde. A compreensão desses processos é essencial para práticas agrícolas sustentáveis, garantindo uma utilização eficiente do nitrogênio e minimizando impactos ambientais negativos.

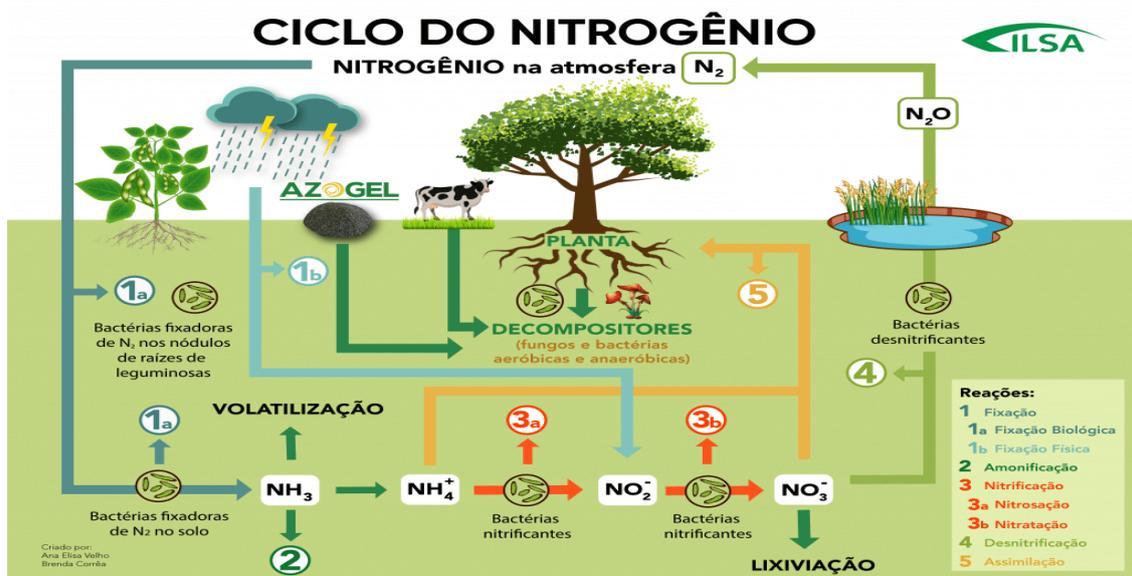


Figura 12. Ciclo do nitrogênio. Fonte: <https://ilsabrazil.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/>.

Atualmente, os adubos químicos desempenham um papel fundamental como fonte principal de N na produção agrícola, com destaque para a ureia e o sulfato de amônio, amplamente utilizados na agricultura convencional (Souza, 2021). No entanto, esses fertilizantes são suscetíveis a perdas por processos como lixiviação, escoamento superficial e volatilização da amônia, o que levanta a necessidade de alternativas sustentáveis, como o uso de bactérias diazotróficas, para reduzir ou substituir esses insumos (Souza, 2021).

A fixação biológica de N é essencial para a fertilidade do solo, sendo os SAFs ambientes ideais para essa função fundamental. Bactérias simbióticas presentes nas raízes de plantas leguminosas, como árvores e arbustos, realizam a fixação de N, beneficiando tanto a qualidade do solo quanto as plantas cultivadas (Carvalho *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2016a; 2016b). Essa abordagem sustentável desempenha um papel fundamental na redução da dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, promovendo sistemas agrícolas mais equilibrados e resilientes.

No processo de fixação de N, bactérias do gênero *Rhizobium* estabelecem simbiose com plantas leguminosas, formando nódulos nas raízes onde convertem o nitrogênio atmosférico (N_2) em formas assimiláveis pelas plantas, como amônia (NH_3) e íons amônio (NH_4^+) (Rejili *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2020). Essa capacidade proporciona uma fonte direta de N para as plantas, contribuindo significativamente para seu crescimento e desenvolvimento.

Nos SAFs, a presença comum de árvores e arbustos leguminosos facilita a fixação biológica de N, aproveitando a diversidade de interações simbióticas entre plantas e bactérias fixadoras de N, o que aumenta a eficiência desse processo (Querné *et al.*, 2017). Isso resulta em um fornecimento contínuo de N para o solo, beneficiando não apenas as leguminosas, mas também outras culturas agrícolas e plantas presentes no sistema.

A capacidade dos SAFs em fixar N reduz a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Smith *et al.*, 2020), proporcionando economias financeiras para os agricultores e contribuindo para a redução dos impactos ambientais adversos associados ao uso excessivo desses insumos, como a poluição da água e a emissão de gases de efeito estufa (Kermah *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2020).

Portanto, a fixação de N em SAFs não apenas promove a fertilidade do solo, mas também exemplifica princípios fundamentais da agricultura sustentável, destacando a importância da diversidade de plantas e das interações benéficas entre vegetais e microrganismos para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais equilibrados e eficientes (Costa *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2017).

6. Considerações

As propostas apresentadas visam transformar as atividades agrícolas da Agricultura Familiar (AF) em práticas ambientalmente corretas, socialmente eficientes e economicamente viáveis, por intermédio do desenvolvimento de Programas de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) em Sistemas Agroflorestais (SAFs). Esses sistemas são inovadores ao combinar produção agrícola, pecuária e conservação florestal, oferecendo uma série de benefícios potenciais.

Os SAFs não apenas promovem a geração de renda adicional e elevação da produtividade financeira por área, mas também proporcionam benefícios ambientais, sociais e econômicos significativos para os produtores. Isso inclui melhorias na qualidade do solo, redução da dependência de insumos externos como fertilizantes e agrotóxicos, aumento da produtividade agrícola e pecuária por área, além da redução dos custos de produção. Esses sistemas são fundamentais para promover a sustentabilidade ao conservar a biodiversidade e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

A viabilidade econômico-financeira dos SAFs é fundamental para a tomada de decisões estratégicas. Um estudo abrangente de viabilidade deve considerar pressupostos do projeto, projeções de volume de produtos, fornecimento de serviços externos, custos com mão de obra, plano de investimento, balanço previsional, demonstrativos de resultados previsionais, avaliação de viabilidade do projeto (VAL, TIR, entre outros), e indicadores econômicos e financeiros. Esses dados são essenciais para avaliar o retorno sobre os investimentos e garantir a execução eficaz dos SAFs.

Em suma, os SAFs representam uma solução promissora para equilibrar produtividade agropecuária com sustentabilidade ambiental, proporcionando

benefícios diversificados para os agricultores, comunidades locais, e para o meio ambiente em geral. A formalização desses sistemas requer um compromisso com a pesquisa contínua, o desenvolvimento tecnológico e a promoção de políticas públicas que apoiem práticas agroecológicas e resilientes.

8. Referências

AGUIAR JUNIOR, A. L. *et al.* Ideótipo arbóreo para Sistemas Agroflorestais. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 1, p. 1349-1362, 2021.

AIRES, K. S. **Estudo da viabilidade econômico-financeira de dois modelos de consórcios agroflorestais: Cacau (*Theobroma cacao* L.) x Café (*Coffea arabica*) x Teca (*Tectoma Grandis*) e Cacau (*Theobroma cacao* L.) x Pupunha (*Bractis gasipaes*) x Freijó-Louro (*Cordia alliodora*)**. Monografia (Graduação em Administração) – Universidade Luterana do Brasil, Ji-Paraná, 2003.

ALMEIDA, M. R.; GUERRA, A. C. M.; BISPO, V. dos S. C.; TRUGILHO, G. A.; XAVIER, S. A. B.; NASCIMENTO, L. M. Q. do; AZEVEDO, P. L.; SOUZA, M. N. Produção de madeira, sequestro de carbono, SAFs e fomento florestal. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. VII. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. p. 150-182. ISBN: 978-65-84548-18-3. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-18-3.c5>

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3 ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA. 2012. 400 p.

ARAUJO, V. C. **Roçados ecológicos: sistemas de plantios baseados na fenologia das espécies para um rendimento sustentado**. Manaus: Gráfica Silva. 248 p. 2005.

ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ARCO-VERDE, M. F. **Análise financeira de sistemas produtivos integrados**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. **Cálculo de indicadores financeiros para sistemas agroflorestais**. Boa Vista: Embrapa, 2014.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C.; SILVA, I. C. **Sistemas agroflorestais: conciliando a conservação do ambiente e a geração de renda nas propriedades rurais**. Brasília: Embrapa, 2013.

ARMANDO, M. S.; BUENO, Y. M.; SILVA ALVES, E. R.; CAVALCANTE, C. H. **Agrofloresta para Agricultura Familiar**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 11 p. 2002. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Circular Técnica,16).

BENTES-GAMA, M. M. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais 2003 em Machadinho d'Oeste, Rondônia**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**. 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/pronaf/>.

BÖRNER, J. Serviços ambientais e adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia: elementos metodológicos para análises econômicas integradas. In: PORRO, R.. **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa, 2009.

BRICALLI, C. Sustainable agriculture and its evolution in Brazil. In: Smith, J. (Ed.), **Sustainable Agriculture Reviews**, n. 8, p. 227-248, 2011.

BRICALLI, L. C. L. Os 4 pilares da agricultura sustentável: o que é preciso fazer para que a agricultura se desenvolva de forma sustentável. A Gazeta, 2011. Disponível em: http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2011/02/768666-os+4+pilares+da+agri+cultura+sustentavel.html. 2011. Acesso em: 11 set. 2019.

CAMARGO, G. M.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P; SILVA, L. F. da S. Sistemas agroflorestais biodiversos: uma alternativa para pequenas propriedades rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, p. 1-13, 2017. ISSN: 1809-239X. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202733/1/36887.pdf>

CARVALHO, A. M. de *et al.* **Agroflorestas: funções ecológicas e produtivas**. Embrapa. 2019.

CARVALHO, J. E. U. Utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais na Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; FREITAS, M.S.M.; VIANA, A.P.; JASMIN, J.M.; MARCIANO, C.R.; CARNEIRO, J.G.A. (Eds). **Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. p. 169-176. 2006.

CARVALHO, M. M; BOTREL, M. A. Arbotização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p. 31-76.

CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; SOUZA, A. D. de. **Ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas em pastagens da micro-região de Juiz de Fora, Zona da Mata de Minas Gerais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 24 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 27).

CORDEIRO, A. L. *et al.* **Integração lavoura-pecuária-floresta: conceitos, benefícios e desafios**. Embrapa Agrossilvipastoril, Documentos 278. 2017.

CORDEIRO, L. A. M. *et al.* Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

COSTA, A. J. P. S. Sistemas agrossilvipastoris: conceitos, técnicas e desafios. **Revista Agroecossistemas**, v. 8, n. 2, p. 137-148, 2016.

COSTA, M. C.; SILVA, E. M.; CARDOSO, C. T. S. Fixação biológica de nitrogênio em sistemas agroflorestais: potencial e desafios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. p. 11-20, 2012.

COSTA, R. B.; ARRUDA, E. J.; OLIVEIRA, L. C. S. Sistemas agrossilvipastoris como alternativas sustentáveis para a agricultura familiar. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 3, p. 2532, 2002.

COSTA, R. B. da; ARRUDA, E. J. de; OLIVEIRA, L. C. C. S. de. **Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar**. Interações (Campo Grande) (2016).

CRESPO, A. M.; SOUZA, M. N.; SILVA, M. A. B. da. Ciclo do carbono e sistemas agroflorestais na sustentabilidade da produção agrícolas: revisão de literatura. **INCAPER EM REVISTA**, v. 13, p. 6-19, 2023. Disponível em: [https://editora.incaper.es.gov.br/incaper-em-revista. DOI:10.54682/ier.v.13e14.p06.19.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Benefícios dos SAFs, mas o que é SAF?** Agricultura familiar, Agroecologia e produção orgânica. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65068763/artigo---beneficios-dos-safs-mas-o-que-e-saf>. Acesso em 10 de abri. de 2024.

EPIFÂNIO, P. S.; SANTOS, T. M. B. Qualidade do sombreamento de três espécies arbóreas na região de Aquidauana-MS. In: ZOOTEC 2006, 2006, Recife. **Resumos expandidos...** [Recife: ABZ], 2006. 1 CD-ROM.

FRANKE, I. L.; FURTADO, E. L. **Manejo de sistemas agroflorestais na Amazônia**: contribuição para políticas de conservação e desenvolvimento sustentável. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos 96. 2001.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. 2001.

FREDERICO, S.; MORAL, Y. P. Sistema agroflorestal e autonomia: uma revisão sistemática. Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária – NERA, Presidente Prudente/SP, Brasil. **Revista NERA**, v. 25, n. 63, p. 190-209, 2022.

GOMES, R. Análise e interpretação de dados de pesquisa qualitativa. In: DESLANDES, S. F.; GOMES, R. MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 31. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012. p. 79-108.

GONÇALVES, J. M.; OLIVEIRA, A. de F. M. de; SOUZA, M. N. Sistemas agroflorestais como estratégia mitigadora: benefícios na atenuação do estresse

térmico em bovinos. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental**. Vol. I. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. p. 249-270. ISBN: 978-65-84548-22-0. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-22-0.c8>

HUANG, J. *et al.* Responses of soil nitrogen fixation to *Spartina alterniflora* invasion and nitrogen addition in a Chinese salt marsh. **Scientific Reports**, v. 6, n. October 2015, p. 1-8, 2016a.

HUANG, M. *et al.* Advances in agroforestry systems: a review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 12, p. 2655-2664, 2016b.

KERMAH, M. *et al.* N₂-fixation and N contribution by grain legumes under different soil fertility status and cropping systems in the Guinea savanna of northern Ghana. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 261, n. December 2016, p. 201–210, 2018.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LIMA, R. G.; MARTINS, E. de O.; TAVARES, L. R.; RANGEL, D. S.; LOUBACK, G. R.; TRUGILHO G. A.; SILVA, M. B. A. da; XAVIER, S. B. A.; PERON, I. B.; VARDIERO, L. G. G.; GOMES, A. L. C.; SOUZA, M. N. Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. III. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 270-298. 2022. <http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c9>

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – PLANO ABCMapa**. Brasília/DF: [s.n.]. 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de **Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/programas/pronaf>.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Agrossilvipastoril**: Guia de Implantação. Brasília: MAPA. 2012.

MIGUEL LENZ, A. *et al.* Expansion of eucalyptus energy plantations under a Livestock-Forestry Integration scenario for agroindustries in Western Paraná, Brazil. **Ecological Indicators**, n. 98, p. 39-48, 2019.

OLIVEIRA, J. W. A.; SOARES, U. G.; ROCHA, A. P. S. da Estudo da viabilidade econômica e ambiental da implementação de sistemas agroflorestais. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 11, p. 22610–22630, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N11-132. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2243>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, T. K.; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S.; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).

PALHETA, I. C.; GOMES, C. A. S.; LOBATO, G. J. M.; PAULA, M. T.; PONTES, A. N.. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal no município de Santa Bárbara-PA. **Revista do Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.19, p.1947, 2014.

PEZARICO, C. R. *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013.

REJILI, M. *et al.* Nitrogen fixation and growth of two leguminous tree species (*Acacia tortilis* and *Acacia raddiana*) under arid climate conditions in Tunisia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 26, p. 3861-3867, 2012.

SANGUINO, A. C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais no Pará. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 71-88, 2007.

SANTANA, A. C. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém: UFRA, 2005.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Sistemas Agroflorestais**. 2017.

SILVA, J. M. V. de O. da; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. R.; PIROVANI, G.; CAON, B. L.; MOREIRA, M. F.; SIQUEIRA, C. B.; TRUGILHO, G. A.; KAULZ, M.; CRESPO, A. M.; GOMES, A. L. C.; GALL, M. V. C.; PINHEIRO, A. C. M.; GUERRA, A. C. M.; PERON, I. B. Sistemas agroflorestais e consórcios na cultura do café. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 172-201. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c6>

SILVA, J. M. V. O.; SOUZA, M. N.; RANGEL, O. J. P.; FORNAZIER, M. L.; LOUBACK, G. C.; PIROVANI, G.; SIQUEIRA, C. B. Sistemas agroflorestais (SAFs) e a cafeicultura. In: **Produção de café orgânico: práticas agroecológicas conservacionistas e novas tecnologias disponíveis ao produtor rural**. 1 ed. Meidrum Street, Mauricius: Novas Edições Acadêmicas, 2021, v.1, p. 40-50.

SIMIONI, F. J. *et al.* Biodiversity and ecosystem services in agroforestry systems: a review. **Agroforestry Systems**, p. 1-18, 2022.

SOUZA, A. M. **Uso eficiente do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Editora UFV. 2021.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. VOL. I. CANOAS: Mérida Publishers, 2021.

SUŠA, O. Global dynamics of socio-environmental crisis: dangers on the way to a sustainable future. **Civitas - Revista de Ciências Sociais**, v. 19, n. 2, p. 315, 9 ago. 2019.

XU, G. ; SCHUMAN, M. C. ; BLANCHART, E. ; ALBRECHT, A. ; BRUSSAARD, L. ; REINTAM, E. ; CLUZEAU, D. Soil carbon sequestration in tropical

agroforestry systems: a meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 291, 106795. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106795>

ZHAO, H. *et al.* Rhizobia-legume symbiosis and nitrogen fixation in agroforestry systems. In: MONDAL, S. K.; SAHOO, P. K. (Eds.). **Agroforestry for sustainable agriculture**, p. 221-237, 2020.