



Sistemas Agroflorestais Biodiversos: uma Alternativa Sustentável para Sequestro de Carbono e sua Comercialização no Mercado de *Commodity*?

Agroforestry Biodiversity Systems: a Sustainable Alternative for Carbon Sequestration and its Commercialization in the Commodity Market?

MARTINELLI, Gabrielli do Carmo¹; SOUZA, Allison, Cesar¹; PADOVAN, Milton Parron²

¹Universidade Federal da Grande Dourados, gabrielli_martinelli@hotmail.com, allisoncesar@hotmail.com; ²Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, milton.padovan@embrapa.br

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de sistemas agroflorestais no mercado de capitais por meio da comercialização de créditos de carbono. Para isso, foi realizada uma pesquisa de campo, na qual dados foram coletados *in loco* para mensurar o sequestro de carbono em sistemas agroflorestais biodiversos localizados em um assentamento rural em Bonito. A precificação do carbono foi estimada com base nos anos de 2017 e 2024 como parâmetros. Os dados obtidos indicaram que os sistemas agroflorestais têm potencial para gerar renda ao produtor rural, caso os créditos de carbono sejam comercializados. Assim, quanto maior a diversidade de espécies, maior poderá ser o retorno financeiro.

Palavras-chave: Floresta, mitigação, desempenho econômico, eficiência.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the performance of agroforestry systems in the capital market through the commercialization of carbon credits. To achieve this, a field survey was conducted, during which data were collected on-site to measure carbon sequestration in biodiverse agroforestry systems located in a settlement in Bonito. The carbon pricing was estimated based on the years 2017 and 2024 as parameters. The data obtained indicated that agroforestry systems have the potential to generate income for rural producers if carbon credits are commercialized. Thus, the greater the species diversity, the higher the potential financial return.

Keywords: Forest, Mitigation, economic performance, Efficiency.

Introdução

As alterações climáticas representam riscos significativos para a segurança alimentar nas próximas décadas, em parte devido à exploração excessiva de recursos naturais resultantes da intensificação da produção agropecuária, mudança do uso da terra e desmatamento (Nguyen et al. 2023; FAO, 2024). No Brasil, esses sistemas são responsáveis por aproximadamente 70% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (Seeg, 2021). No entanto, a demanda por alimentos continua a



umentar, o que exige melhorias nos processos produtivos e a redução do desperdício, buscando um modelo sustentável de produção (Raj et al., 2022).

Assim, há uma crescente preocupação, especialmente nas esferas públicas, em mitigar os GEE, que são os principais responsáveis pelo aquecimento global. O dióxido de carbono (CO₂) é um dos principais causadores de impactos negativos ao meio ambiente, e sua concentração acumulada é acelerada por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento (Kabir et al., 2023).

Em 2023, o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (ALB) atingiu 9.064 km², representando uma redução de 21,8% em comparação ao período anterior, sendo a menor taxa desde 2019 (Brasil, 2023). Essa redução pode estar ocorrendo pelo surgimento de novos sistemas de produção de alimentos, como os Sistemas Agroflorestais (SAFs). O termo SAFs é frequentemente associado a uma série de impactos positivos sobre o meio ambiente, com ênfase nos últimos anos, destacando o sequestro de carbono focado na comercialização, em decorrência de propostas de alcance do carbono neutro. No entanto, não diminuindo o potencial em melhorar a qualidade do solo, o aumento da biodiversidade e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (Pumariño et al., 2015; Ator et al., 2022; Kumar et al., 2024), bem como, ascensão de renda e produtividade quando relacionado ao impacto econômico (Boadi et al., 2023). Além disso, não se pode esquecer dos impactos sociais, logo, os efeitos sociais podem incluir: preservação cultural, fortalecimento da comunidade, emprego, qualidade de vida, bem-estar e saúde (Smith et al., 2022).

Nas últimas décadas pesquisas demonstrando o potencial dos SAFs em sequestrar carbono vem aumentando significativamente mundialmente (Maharjan et al., 2024 em Nepal; Kaushal et al., 2024 no Himalaia; Getnet et al., 2023 na Etiópia; Komal et al., 2022 no Brasil; Martinelli et al., 2019), isso intensifica à medida que surge a possibilidade da comercialização do crédito de carbono. Um evento significativo para enaltecer o mercado de carbono foi a Conferência das Partes (COP) 21, realizada em Paris em 2015, onde foi firmado o Acordo de Paris, que ampliou os compromissos para reduzir as emissões e incentivou a criação de mercados de carbono mais robustos.

O mercado de carbono é geralmente dividido em dois modelos principais: o regulado e o voluntário. Ambos se baseiam na comercialização de créditos de carbono, mas apresentam diferenças significativas em seus princípios de funcionamento e regulamentação (Simoni, 2009). Dessa forma, os SAFs por estocarem carbono por meio da biomassa (troncos, folhas, raízes) e no solo, pode ser uma alternativa para aumentar esse tipo de prática, principalmente para os pequenos produtores rurais. Dessa forma, considerando a importância do tema e sua relevância como um "*hot topic*", este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho dos sistemas agroflorestais no mercado de capitais através da comercialização de créditos de carbono.



Metodologia

Técnicas de pesquisa

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos empregados na elaboração deste trabalho. A pesquisa foi realizada utilizando métodos qualitativos e quantitativos. Para a coleta de dados, foi realizada uma pesquisa semiestruturada, complementada por dados primários. Também foi realizada uma visita in loco, caracterizando-se como um estudo de campo.

Caracterização da área de estudo

Os dados utilizados neste estudo foram coletados em cinco propriedades rurais localizadas no município de Bonito, ao sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul. As propriedades estão situadas nas seguintes coordenadas geográficas: 21°21'29,2"S e 56°35'11,9"W; 21°21'40,7"S e 56°35'48,1"W; 21°22'42,6"S e 56°35'52,7"W; 21°20'23,7"S e 56°35'05,3"W; 21°21'40,3"S e 56°35'49,8"W, respectivamente.

Para a seleção dos cinco Sistemas Agroflorestais (SAFs), uma equipe da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Agropecuária Oeste, em parceria com a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), realizou um levantamento prévio na região, em conjunto com escritórios da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (AGRAER) e de organizações não governamentais, como a Fundação Neotrópica do Brasil e o Instituto das Águas da Serra da Bodoquena (IASB).

O objetivo foi identificar a adoção de SAFs pelos agricultores locais. Após essa etapa, foram visitadas as propriedades dos agricultores indicados. No total, foram encontrados 15 SAFs no município de Bonito, dos quais 5 foram selecionados, priorizando aqueles com maior diversidade de espécies arbustivas e arbóreas.

Especificação das propriedades

Os cinco sistemas agroflorestais selecionados estão localizados no Assentamento Santa Lúcia, no município de Bonito-MS. Essa prática de uso da terra no município foi estimulada por meio de um projeto denominado Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (GEF Rio Formoso), financiado pelo Banco Mundial e gerido por instituições públicas, como a EMBRAPA Solos, Gado de Corte, Agropecuária Oeste e Pantanal, AGRAER, IMASUL e IASB. Os objetivos do projeto eram recuperar áreas degradadas, conservar a biodiversidade e preservar o meio ambiente. Os agentes envolvidos promoviam capacitações e acompanhamento nas propriedades rurais. Antes disso, as áreas haviam sido destinadas à exploração agrícola por meio de sistemas de monocultivo intensivo durante décadas.

Os sistemas agroflorestais são classificados como biodiversos e semiabertos, compostos por espécies nativas e exóticas, com predominância de espécies nativas.



Esses sistemas foram implementados entre os anos de 2000 e 2005 e permanecem em operação até hoje. O assentamento abrange uma área total de 1.026,744 hectares, divididos em 36 lotes, sendo que cada lote possui uma área total de 16 hectares. No entanto, as parcelas destinadas aos sistemas agroflorestais não são homogêneas, variando de 0,5 ha a 2,5 ha. Para a análise, estabeleceu-se uma medida padrão, convertendo os dados para 1 hectare.

Coleta de dados

A coleta de dados foi dividida em duas etapas. Primeiramente, para calcular o total de carbono presente na biomassa de cada sistema agroflorestal, foram utilizados dados coletados pela EMBRAPA Agropecuária Oeste entre março e agosto de 2015, que foram disponibilizados para este estudo. Para a coleta, foram demarcadas 50 parcelas de 10 m x 10 m, totalizando 0,5 hectare (5000 m²) por sistema agroflorestal, distribuídas aleatoriamente, ou seja, o processo foi repetido em cada SAF. Em seguida, foram identificadas as espécies cultivadas em cada sistema e classificadas como lenhosas ou frutíferas. Todas as informações foram inseridas em planilhas eletrônicas separadas por atributo e, posteriormente, reunidas em uma única matriz, formando uma base de dados principal com informações sobre todas as espécies.

Para garantir a credibilidade do estudo, as propriedades foram revisitadas em março de 2017 para a segunda fase da coleta de dados. Nessa etapa, foi realizada uma pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas, utilizando um roteiro que continha perguntas abertas e fechadas. O objetivo foi obter dados complementares necessários para calcular as emissões referentes ao sistema de produção.

Estimativa do sequestro de carbono

A descrição detalhada do método empregado para mensurar o sequestro de carbono e calcular as toneladas de CO₂ equivalente, que serão utilizadas na valoração do crédito de carbono, está devidamente documentada no artigo de Martinelli et al. (2019). Para determinar o valor do preço do carbono, foi considerada uma série histórica, a qual abrange o ano de 2017 (01/01/2017 a 31/12/2017), quando os dados foram coletados, além de uma análise baseada na média dos preços atuais, compreendendo o período de (01/01/2024 a 31/10/2024). Essa abordagem permite a comparação dos valores entre os diferentes anos analisados. Os dados foram obtidos em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>>. É importante destacar que, tanto para os valores de comercialização do crédito de carbono de 2017 quanto de 2024, foi utilizado o valor médio. Além disso, o site <<https://br.investing.com/currencies/usd-brl-convert>> foi empregado para converter o valor médio de EUR para USD.



Resultados e discussões

Tabela 1. Total de CO₂ eq por “*carbono pools*” considerando 1 hectare.

| Descrição | SAF I | SAF II | SAF III | SAF IV | SAF V |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| |t ha ⁻¹ | | | | |
| Carbono armazenado na biomassa viva | 20 | 80 | 61 | 73 | 16 |
| Carbono armazenado na serapilheira | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| Carbono armazenado no solo 0–40 cm | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Total | 76 | 135 | 118 | 129 | 72 |

A Tabela 1 apresenta os totais de CO₂ equivalente armazenados em diferentes "piscinas de carbono" para cinco Sistemas Agroflorestais (SAFs), considerando uma área de 1 hectare. Os resultados são organizados nas seguintes categorias: carbono armazenado na biomassa viva em que se refere à quantidade de carbono estocado nas plantas do sistema agroflorestal. Os valores variam significativamente entre os SAFs, com SAF II apresentando o maior armazenamento, com 80 t de carbono, enquanto o SAF V apresentou o menor, com apenas 16 t.

Já o carbono armazenado na serapilheira inclui folhas e outros materiais orgânicos em decomposição no solo, apresentando valores relativamente similares entre os SAFs, variando de 3 a 5 t ha⁻¹. Com relação ao carbono armazenado no solo (0–40 cm) é semelhante entre todos os SAFs, com 52 t ha⁻¹ de carbono acumulados no solo a uma profundidade de 0 a 40 cm, indicando uma uniformidade na capacidade de armazenamento de carbono do solo entre os sistemas, já que não foi possível medir *in loco*, estimando a partir de dados da literatura.

Alguns estudos já foram elaborados no Brasil considerando o sequestro de carbono, como Cardoso et al. (2022), que avaliaram o sequestro de carbono em sistemas agroflorestais (SAF) e florestas na Amazônia oriental brasileira, revelando que os estoques de carbono em SAFs jovens (10,2 ± 2,0 Mg ha⁻¹) e avançados (47,2 ± 8,1 Mg ha⁻¹) superaram os de florestas secundárias (5,8 ± 2,5 e 26,5 ± 19,5 Mg ha⁻¹). As florestas maduras conservadas apresentaram os maiores estoques (190,2 ± 11,0 Mg ha⁻¹), seguidas pelas florestas maduras exploradas (119,4 ± 5,1 Mg ha⁻¹) e SAFs avançados (108,6 ± 7,5 Mg ha⁻¹). Aos 30 anos, a recuperação de carbono foi de 46% nos SAFs e 35% nas florestas secundárias, destacando o potencial dos SAFs para recuperar terras degradadas e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

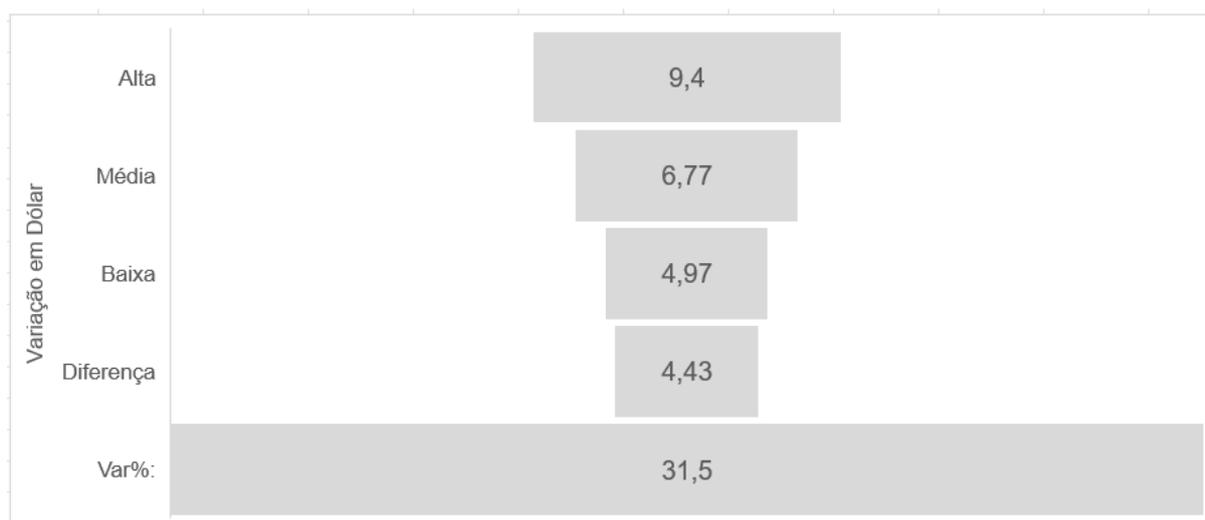
Ainda no Brasil o trabalho de Do Sacramento et al. (2012) tem como área de estudo a região semiárida, em que a má gestão dos cultivos reduz os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) do solo, tornando vital a adoção de sistemas sustentáveis. Este estudo analisou os efeitos de sistemas agroflorestais (agrossilvipastoril e silvipastoril) e um sistema tradicional em Sobral, Ceará, após 13 anos. O agrossilvipastoril teve as



menores perdas de C e N, enquanto o sistema tradicional mostrou reduções de 58,87 Mg ha⁻¹ de C orgânico e 9,57 Mg ha⁻¹ de N total, evidenciando sua inadequação. Os relevos côncavo e plano apresentaram os maiores estoques de C e N, respectivamente, nos sistemas agroflorestais e na vegetação nativa.

Nota-se que os SAFs têm um potencial de sequestrar carbono, com isso a possibilidade da sua comercialização. Na Figura 2 são incluídos os valores em US\$ do valor do crédito de carbono a ser comercializado no ano de 2017.

Figura 2. **Variação do preço do carbono por tonelada em dólares, considerando 1 hectare por ano em 2017**



Fonte: Adaptado de investing.com (2017).

Os dados apresentados refletem uma análise quantitativa que evidencia as diferenças entre os valores medidos. A alta de US\$ 9,4 sugere um desempenho ou resultado significativamente superior em comparação com a média de US\$ 6,77, indicando um potencial máximo que pode ser explorado ou que reflete um pico de eficiência.

A baixa de US\$ 4,97 demonstra que, mesmo em cenários menos favoráveis, os resultados ainda se mantêm em um intervalo aceitável, mas inferior à média, o que pode indicar flutuações na performance ou variabilidade nas condições que afetaram o desempenho.

A diferença de US\$ 4,43 entre a alta e a média é relevante, pois sugere um espaço significativo para melhorias ou um potencial para otimização em processos que poderiam elevar a média geral. Isso é especialmente importante em contextos onde a maximização de resultados é desejável.

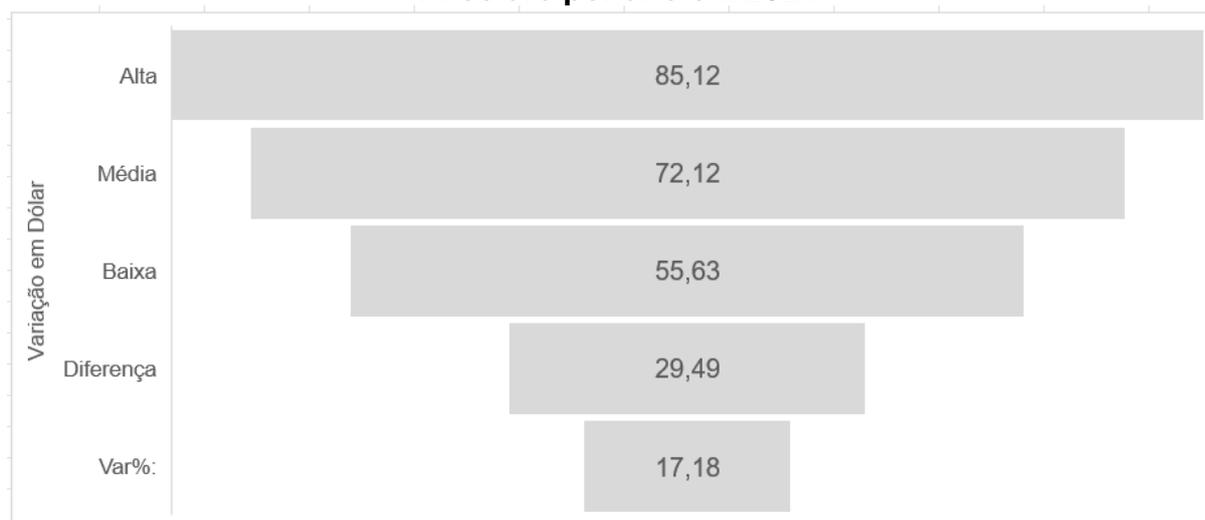


Por fim, a variação percentual de 31,50% revela que a alta é aproximadamente um terço superior à média, o que é uma indicação de que, em certas condições ou momentos, o desempenho pode ser otimizado de forma significativa. Essa variação pode ser útil para definir metas ou ajustes em estratégias, focando em aproveitar melhor as condições que permitiram a obtenção do resultado alto.

Em resumo, esses resultados oferecem insights sobre a eficácia e a variabilidade dos processos analisados, sugerindo a necessidade de estratégias que possam mitigar as oscilações e maximizar a performance em direção ao valor mais alto identificado.

Já no Figura 3 apresenta-se os valores do crédito de carbono considerando o ano de 2024.

Figura 3. Variação do preço do carbono por tonelada em dólares, considerando 1 hectare por ano em 2024



Fonte: Adaptado de investing.com (2024).

Ao comparar os dados de 2024 com os anteriores, observamos mudanças significativas nos resultados. Quando se refere à variável alta, o valor de US\$ 85,12 em 2024 representa um aumento substancial em relação à alta anterior de US\$ 9,4 no ano de 2017. Isso sugere uma melhoria significativa no desempenho, indicando que as estratégias implementadas podem ter sido eficazes em aumentar a eficiência ou a produção.

Por sua vez, a média que, totaliza US\$ 72,12 também representa um avanço em comparação com a média anterior de US\$ 6,77. Isso indica uma mudança positiva, refletindo melhorias consistentes nos processos ou na qualidade dos resultados.



Já a baixa em 2024 foi de US\$ 55,63, ainda está acima da baixa anterior de US\$ 4,97, mostrando que mesmo os resultados menos favoráveis, nessa fase são consideravelmente melhores, indicando uma redução na variabilidade negativa. Assim, a variação%: A variação percentual de -17,18% sugere uma diminuição em relação ao desempenho anterior. Essa queda pode indicar uma estabilidade nos resultados mais altos, mas também pode sugerir um desafio que precisa ser abordado para evitar retrocessos.

Tabela 2. Diferença entre os preços por ano nos sistemas agroflorestais em Bonito, MS.

| Descrição |Ano..... | | | |
|-----------|-------------------------------|------|------------------|---------|
| | 2017 | 2024 | 2017 | 2024 |
| |t ha ⁻¹ | | US\$ | |
| SAF I | 76 | 76 | 578,3 | 6044,2 |
| SAF II | 135 | 135 | 1027,3 | 10736,5 |
| SAF III | 118 | 118 | 897,9 | 9384,5 |
| SAF IV | 129 | 129 | 981,6 | 10259,3 |
| SAF V | 72 | 72 | 547,9 | 5726,1 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na Tabela 2 é possível observar o valor dos preços em cada um dos SAFs de acordo com total de toneladas que cada SAF sequestrou. Considerando o total de carbono armazenado na biomassa viva, na serapilheira e no solo, observa-se que o SAF II, ao sequestrar a maior quantidade de CO₂ eq. por hectare, possui o maior valor agregado em créditos de carbono, caso fosse comercializado.

Esses valores, embora sendo estimativas, ressaltam não apenas os serviços ecossistêmicos que o produtor rural oferece ao meio ambiente e a sociedade, mas também a possibilidade de aumentar sua renda ao comercializar essa *commodity*. Kumar et al. (2020) estimaram que, aos dois anos de idade, o sistema agroflorestal baseado em choupo apresentou uma biomassa total de 3,707 t ha⁻¹, com um estoque de carbono de 1,597 t ha⁻¹ e sequestro de carbono de 5,862 t ha⁻¹. O crédito de carbono gerado foi de 5,86 e o preço do carbono foi estimado em \$103,76 por tonelada.

Este padrão de valorização dos SAFs reflete as tendências globais, como mencionado por Kumar et al. (2024), onde a maior pressão por soluções ambientais sustentáveis e as políticas globais de carbono elevam o valor dos créditos. A crescente valorização dos créditos de carbono está intrinsecamente ligada à intensificação das políticas climáticas e à crescente conscientização do papel que os sistemas agroflorestais podem desempenhar no sequestro de carbono, criando assim novas oportunidades econômicas para os produtores rurais.



Conclusões

O SAF II se destacou por sequestrar a maior quantidade de carbono e apresentar a maior precificação entre os cinco SAFs analisados, o que pode ser atribuído à sua maior densidade de espécies. Observou-se também uma variação significativa entre os anos de 2017 e 2024, com uma valorização considerável no mercado. No ano de 2024 quando considerado o valor médio da precificação do crédito de carbono a variação percentual foi $\approx 964,77\%$. Isso significa que existe valorização do preço do crédito de carbono em 2024 em relação a 2017 pode ser atribuída a uma série de fatores, principalmente o aumento da conscientização global sobre as mudanças climáticas e a intensificação das políticas ambientais voltadas para a mitigação dos impactos ambientais.

Desde 2017, houve um crescente engajamento de governos, empresas e sociedade civil na busca por soluções sustentáveis, o que impulsionou a demanda por créditos de carbono como mecanismo para compensação de emissões. Além disso, o fortalecimento de regulamentações ambientais, como o Acordo de Paris, e a crescente pressão por parte de investidores por investimentos socialmente responsáveis contribuíram para a valorização desse mercado. A maior adesão ao conceito de economia de baixo carbono, associada à crescente demanda por empresas que buscam neutralizar suas emissões, também tem gerado uma valorização do preço dos créditos de carbono, refletindo um mercado mais robusto e valorizado em 2024.

No entanto, o estudo possui limitações, especialmente pela ausência de análises estatísticas que permitam avaliar a variação nos preços dos créditos de carbono ao longo dos anos. Como sugestão, futuras pesquisas poderiam expandir este estudo, abrangendo novas áreas ou até mesmo replicando a análise com dados atualizados, a fim de proporcionar uma compreensão mais aprofundada sobre o tema.

Referências

BODAI, S. A.; BOSSELMANN, A. S.; OWUSU, K.; ASARE, R.; OLWIG, M. F. Household economics of cocoa agroforestry: costs and benefits. In: JONES, Robert; SMITH, Jane (Org.). **Agroforestry as climate change adaptation**. [S.l.]: Springer, 2023. p. 121-145.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Desmatamento na Amazônia cai 21,8% em 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/05/desmatamento-na-amazonia-cai-21-8-em-2023>. Acesso em: 31 out. 2024.



FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2024**. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/home/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutrition-in-the-world/en>. Acesso em: 31 out. 2024.

GETNET, D.; MEKONNEN, Z.; ANJULO, A. The potential of traditional agroforestry practices as nature-based carbon sinks in Ethiopia. **Nature-Based Solutions**, v. 4, p. 100079, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100079>.

INVESTING.COM. **Carbon emissions** - Historical data. Investing, 2024. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>. Acesso em: 27 nov. 2024.

KABIR, Muhammad et al. Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century: a mini review. **Journal of King Saud University - Science**, v. 35, n. 5, p. 102693, jul. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102693>.

KAUSHAL, R. et al. Mulberry based agroforestry system and canopy management practices to combat soil erosion and enhance carbon sequestration in degraded lands of Himalayan foothills. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 24, p. 100467, dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100467>.

KOMAL, N. et al. Carbon storage potential of agroforestry system near brick kilns in irrigated agro-ecosystem. **Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 295, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020295>.

KUMAR, A. et al. Carbon sequestration and credit potential of gamhar (*Gmelina arborea* Roxb.) based agroforestry system for zero carbon emission of India. **Scientific Reports**, v. 14, p. 4828, 2024. DOI: [10.1038/s41598-024-53162-5](https://doi.org/10.1038/s41598-024-53162-5).

MARTINELLI, G. C.; SCHLINDWEIN, M. MARIA; PADOVAN, M. P.; VOGEL, E.; RUVIARO, C. F. Environmental performance of agroforestry systems in the Cerrado biome, Brazil. **World Development**, v. 122, p. 339-348, 2019.

NGUYEN, Trung Thanh et al. Security risks from climate change and environmental degradation: implications for sustainable land use transformation in the Global South. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 63, p. 101322, ago. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101322>.

PUMARIÑO, L.; WELDESEMAT SILESHI, G.; GRIPENBERG, S.; KAARTINEN, R.; BARRIOS, E.; NYAWIRA MUCHANE, M.; MIDEGA, C.; JONSSON, M. Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: A meta-analysis. **Basic and Applied Ecology**, v. 16, n. 7, p. 573-582, nov. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.08.006>.



SACRAMENTO, J. A. A. S. do; ARAÚJO, A. C. de M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. da S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. de. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, n. 3, p. 1-10, jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000300025>.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Emissões totais, 2021**. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 25 out. 2024.

SIMONI, W. F. de. Mercado de Carbono. In: FUJIHARA, M. C. & LOPES, F. G. **Sustentabilidade e Mudanças Climáticas**: guia para o amanhã. São Paulo: Terra das Artes Editora: Editora Senac São Paulo, 2009.

SMITH, L. G.; WESTAWAY, S.; MULLENDER, S.; GHALEY, B. B.; XU, Y.; MØLGAARD LEHMANN, L.; PISANELLI, A.; RUSSO, G.; BOREK, R.; WAWER, R.; BORZECKA, M.; SANDOR, M.; GLIGA, A.; SMITH, J. Assessing the multidimensional elements of sustainability in European agroforestry systems. **Agricultural Systems**, v. 197, p. 103357, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103357>. Acesso em: 26 ago. 2024.