

SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NA MATA ATLÂNTICA: UM ENSAIO CRÍTICO.

Franciele Cristina Brunetto¹; Anderson Gonçalves Leite².

GT 1: Análise Ambiental, Sustentabilidade e Conservação

Resumo

Este ensaio tem como objetivo analisar criticamente os serviços ecossistêmicos (SE) com foco na Mata Atlântica, a partir de uma abordagem qualitativa e empírica de três artigos científicos. Os estudos selecionados abordam desde a produção científica sobre os SE na Mata Atlântica, os serviços fornecidos por mamíferos nos principais biomas brasileiros, até os desafios da implementação de mecanismos econômicos como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) do mercado de carbono no cerrado. Entre os principais resultados, destaca-se a relevância dos SE na promoção do bem-estar humano e na conservação da biodiversidade, a vulnerabilidade de espécies, e o possível potencial do PSA. Contudo, as análises também revelam fragilidades nos métodos de valoração e desafios éticos na mercantilização da natureza. Conclui-se que a preservação da Mata Atlântica e de outros biomas exige não apenas mecanismos econômicos eficientes, mas sobretudo uma transformação nas formas de relação entre sociedade e natureza, valorizando saberes locais, justiça ambiental e a vida em todas as suas dimensões.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos; Mata Atlântica; Biodiversidade.

¹ Mestra e Doutoranda em Desenvolvimento Territorial Sustentável; Setor Litoral, Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil. E-mail: franciele.cristina@ufpr.br ORCID: 0000-0002-4665-4259

² Mestre em Ensino das Ciências Ambientais e Doutorando em Desenvolvimento Territorial Sustentável; Setor Litoral, Universidade Federal do Paraná; Matinhos, Paraná, Brasil. E-mail: andersongoncalves@ufpr.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3803-7007>.

1 INTRODUÇÃO

A elaboração deste ensaio justifica-se pela necessidade de compreender e valorizar os Serviços Ecossistêmicos (SE) prestados pelos biomas brasileiros, especialmente a Mata Atlântica, diante das ameaças socioambientais que comprometem sua conservação. A análise crítica de três artigos científicos selecionados no âmbito da disciplina de Manejo e Conservação da Biodiversidade do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável da UFPR com base nas pesquisas de Pires *et al.* (2021), Vale *et al.* (2023) e Almeida *et al.* (2024). As três pesquisas oferecem uma oportunidade de refletir sobre os avanços teóricos e práticos no campo dos SE, destacando contribuições interdisciplinares que dialogam com a sustentabilidade e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A escolha de textos teve enfoques distintos, desde a relação entre biodiversidade e os SE até mecanismos econômicos como o Pagamento por Serviços Ambientais, que permite uma análise mais abrangente e crítica sobre os caminhos possíveis para integrar conservação e desenvolvimento. O principal objetivo deste ensaio é realizar uma análise qualitativa e empírica dos referidos artigos, buscando compreender como os autores abordam os serviços ecossistêmicos sob diferentes perspectivas temáticas e metodológicas.

1.1 BASE CONCEITUAL E A RELAÇÃO COM OS ODS

Os serviços ecossistêmicos são benefícios essenciais que os ecossistemas proporcionam à humanidade, como alimentos, regulação climática e valores culturais (PIRES *et al.*, 2021; VALE *et al.*, 2023; ALMEIDA *et al.*, 2024). A Mata Atlântica, o Cerrado e a Amazônia, biomas tratados nos três artigos analisados, são fundamentais para esses serviços, mas enfrentam ameaças como desmatamento, mudanças climáticas e perda da biodiversidade. Esta síntese analisa os três artigos na perspectiva do papel dos Serviços ecossistêmicos e a importância dos SE no Brasil trazendo a compreensão da sua contribuição para a conservação da biodiversidade.

Pires *et al.* (2021) identificaram como problema central da pesquisa a capacidade da Mata Atlântica de prestar serviços ecossistêmicos para mais de 100 milhões de pessoas, apesar da perda de 3/4 de sua cobertura vegetal original devido às demandas humanas, sendo um hotspot de biodiversidade e contribuindo significativamente para a economia brasileira. O objetivo foi descrever o perfil da produção científica sobre SE na Mata Atlântica, analisar padrões espaciais, projetar projetos futuros com foco em restauração e avaliar políticas públicas e práticas privadas baseadas em SE.

Teoricamente, os autores revisaram a evolução do conceito de SE, desde Ehrlich e Ehrlich (1981), que definiram como benefícios dos ecossistemas, até Costanza *et al.* (1997), que estimaram seu valor econômico global, e o MEA (2005), que as definições como benefícios obtidos pelas pessoas dos ecossistemas. Incorporaram também o conceito da IPBES (2019) de Contribuições da Natureza para as Pessoas (NCP), que integra ecologia, economia e ciências sociais, e a visão de Bunge (2003) de que os SE seriam como uma "cola" interdisciplinar, unindo ciências naturais e sociais para fortalecer políticas ambientais e socioeconômicas.

A pesquisa aponta que os SE são um componente essencial que se relacionam com os Objetivos dos Desenvolvimento Territorial Sustentável (ODS), como o ODS 6 sobre a garantia de de abastecimento de água potável que são um dos SE de provisão onde 80% da água vem das áreas de preservação ambiental (APAs) (MEDEIROS *et al.*, 2011); ODS 14 preservação dos ecossistemas aquáticos e vida na Água e regulação hídrica na Mata Atlântica (NOBRE *et al.*, 2016) e ODS 15 sobre vida terrestre levando em conta que a Mata Atlântica é um hotspot da biodiversidade pelo seu potencial de restauração (STRASSBURG *et al.*, 2019).

Vale *et al.* (2023) analisaram os 11 SE fornecidos por 701 espécies de mamíferos brasileiros. A pesquisa buscou analisar a quantidade e quais dos 11 SE divididos nas categorias principais (Regulação, provisão e cultural) nos diferentes biomas como o cerrado, mata atlântica e floresta amazônica e como eles são prestados por mamíferos brasileiros. A problemática de pesquisa se justifica pela falta de uma análise detalhada dos serviços ecossistêmicos prestados por mamíferos brasileiros. O objetivo foi identificar e listar esses SE, analisando padrões e avaliando os biomas e como a biodiversidade impulsiona funções e processos ecossistêmicos e como fluxo de energia e nutrientes, sustentam SE essenciais ao bem-estar humano (IPBES, 2019; HARRISON *et al.*, 2014).

Com o estudo foi possível observar que os SE prestados pelos mamíferos estudados se relacionam com mais de um dos ODS e suas metas. O ODS 15 - Vida Terrestre, foca na restauração de ecossistemas e na redução da perda de biodiversidade, destacando a relevância de 138 espécies ameaçadas e as SE que elas oferecem. O ODS 13 - Ação Climática, aborda o combate às mudanças climáticas, integrando medidas como o transporte de nutrientes por mamíferos, essenciais para a vida e a qualidade da água. Já o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, busca criar espaços humanos resilientes e sustentáveis, beneficiando-se de SE regulatórios (controle de pragas) e culturais (ecoturismo) fornecidos por mamíferos em áreas urbanas próximas.

Almeida *et al.* (2024) trazem como questão central da pesquisa a viabilidade do pagamento pelos SA em específico por meio do mercado de créditos de carbono do bioma do

cerrado. O principal objetivo do estudo consistiu em analisar as potencialidades e os desafios associados à implementação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), avaliando as perspectivas, com uma abordagem voltada para a conservação ambiental. Como fundamentação teórica, a pesquisa delimitou os conceitos e histórico das definições do meio ambiente até a definição do que seria a comercialização destes serviços.

O estudo utiliza a categorização da MEA (2005), que divide os SE em quatro serviços: de suporte, provisão, regulação e culturais. Como conceito de PSA a definição consiste em um mecanismo econômico que paga os fornecedores de PSA incluído o mercado de carbono (MILDER *et al.*, 2010; VARGAS *et al.*, 2022). O conceito de créditos de carbono está alinhado à quantificação e comercialização do carbono armazenado pelas florestas preservadas (FEARNSIDE, 2008; IPCC, 2006). As principais características do Bioma do Cerrado destacam a profundidade do enraizamento das árvores, resistência ao clima e a queimadas, características que vem a influenciar o sequestro de carbono (MIRANDA, 2010; TERRA *et al.*, 2023). A pesquisa de Almeida *et al.* (2024) sinaliza que o pagamento pelos SA pode ser considerado um impulsionador transversal das metas dos ODS, por integrar conservação ambiental e crescimento econômico com base na inclusão social.

Destacando o OSD 01 que está ligado à erradicação da pobreza, o artigo sugere direcionar programas de PSA a comunidades tradicionais e agricultura familiar, gerando renda alternativa. Outro ODS relacionado é o ODS 13 que visa tomar medidas urgentes sobre ação climática e o crédito de carbono poderia ser uma ferramenta para mitigar as mudanças climáticas por estimular a preservação por meio do PSA. A seguir será tratado o caminho metodológico utilizado nos três artigos.

2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho parte de uma análise qualitativa e empírica de três artigos, Pires *et al.* (2021) com o título Mata Atlântica: serviços ecossistêmicos que ligam as pessoas e a biodiversidade, Vale *et al.* (2023) Serviços ecossistêmicos prestados por mamíferos brasileiros: padrões espaciais e taxonômicos e lista abrangente de espécies e Almeida *et al.* (2024) Pagamento por Serviços Ambientais: a economia que salvará os ambientes naturais? As quais foram selecionadas a partir da disciplina de Manejo e Conservação da Biodiversidade do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável da Universidade Federal do Paraná - UFPR, além da análise empírica, foi usado como auxílio o *Google* tradutor devido a publicação em inglês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O artigo de Pires *et al.* (2021) apresentou uma abordagem qualitativa buscando a compreensão de determinados fenômenos, apesar de trazer dados quantitativos essenciais para compreensão do fenômeno pesquisado, o principal foco metodológico extraído da leitura da pesquisa foi uma extensa revisão de literatura apresentando apenas alguns critérios para tal coleta de dados, tais como o repositório usado o *Web of Science* com os buscadores “Biodiversidade” e “Serviços Ecossistêmicos” apenas delimitando esses critérios e não deixando claro os período dessas produções e quais foram os critérios de inclusão e exclusão.

Todas essas especificidades analisadas para responder à questão orientadora foram pensadas a partir de algumas categorias gerais alinhadas ao objetivo da pesquisa e também sua categorização a partir dos métodos descritos em Pires *et al.* (2018) nas subcategorias de provisão, suporte, regulação e cultural, sendo necessário que o leitor saia da leitura caso haja a necessidade de maior entendimento dos métodos.

Outra coleta de dados foi a partir do mapeamento dos padrões especiais dos serviços ecossistêmicos a qual foi utilizado todos os municípios do bioma, ao todo foram mapeados 3.039 municípios com as distinções das áreas de proteção e as que não são áreas de proteção usando para a fonte dos dados de geoprocessamento os autores (HIJMANS *et al.*, 2005; BATISTELLA *et al.*, 2012; TRABUCCO e ZOMER, 2010; RUESCH e GIBBS, 2008; HENGL *et al.*, 2014) e os dados sobre os limites do bioma e áreas protegidas de MMA (2015) e SOS Mata Atlântica (2014).

Almeida *et al.* (2024) apresentaram uma revisão narrativa de literatura sobre o pagamento dos serviços ambientais, com base em Rother (2007) que descreve como sendo esta uma abordagem qualitativa que tem como principal objetivo proporcionar uma visão geral de um campo específico a ser estudado fornecendo informações de forma crítica e objetiva do autor. Os autores se baseiam em categorias específicas, analisando em uma perspectiva empírica crítica sobre: Os pagamentos por serviços ambientais, os principais projetos de pagamento por serviços ambientais e o potencial de implementação de projetos voluntários de pagamentos de créditos de carbono (REDD+), todas com ênfase no bioma do Cerrado.

No que refere-se a revisão apresentada pelos autores foi delimitado um período de 40 anos com pesquisas em inglês e português, dados estes que instiga a curiosidade acadêmica de quantos artigos foram encontrados e submetidos ao crivo de inclusão e exclusão que não esteve presente ao longo do processo metodológico.

Ao todo, os autores usaram diversas ferramentas como o *Connected Papers* gerando um gráfico em rede relacionando os artigos e temas; *Wiley* uma biblioteca digital, *Researchgate* uma rede social voltada para pesquisadores e o *Google Scholar* utilizando os buscadores “*history of ecosystem services*”, “*ecosystem services*”, “*environmental services*”, “*payment for ecosystem services e ecosystem services in the Cerrado biome*” (ALMEIDA *et al.*, 2024). As potencializadas, implementações e os principais projetos além da relação dialógica com a revisão trás uma busca por plataformas como a REDD+; ENREDD+ do Brasil e a VERRA - *Standards for Sustainable Future*.

O método utilizado por Vale *et al.* (2023) teve como objetivo criar um banco de dados de forma que abrangesse o máximo de serviços ecossistêmicos desempenhados direta ou indiretamente por mamíferos descrevendo os padrões de diversidade e associando a cada SE e mapeando a distribuição dos SEs associados aos mamíferos brasileiros a partir de uma análise qualitativo com alguns enfoques categoriais. O processo metodológico contou com uma revisão de literatura em artigos e livros, além de uma busca no banco de dados Banco de dados (IUCN, 2022; MEYERS *et al.*, 2020) para realizar a taxonomia de 701 espécies de mamíferos brasileiros.

Após a realização de cada característica foram classificadas em uma tabela externa ao artigo os SE visando três tipos os serviços de provisão, regulação e culturais resultado em 11 SE e mapeados nos seis domínios fitofisionômicos. Pires *et al.* (2021) adotam a terminologia da IPBES (2019), com ênfase em uma análise inclusiva. A metodologia destaca critérios de exclusão para espécies ameaçadas, aplicando métodos apenas aos serviços ecossistêmicos culturais devido à sua baixa representatividade nos biomas, com análises realizadas pelo *Software R Core Team*. Os três artigos apresentam metodologias robustas, mas alguns procedimentos foram simplificados para enriquecer resultados e discussões.

O artigo de Almeida *et al.* (2024) trás um olhar sobre a Redução de Emissão por Desmatamento e Degradação (REDD+) no Brasil, por meio de pagamentos de serviços ambientais. Os autores destacam que a partir do acordo de Paris com o REDD+ o Brasil estimou uma redução de desmatamento e degradação dos ecossistemas em 37% abaixo dos níveis de 2005 a 2025. Esses grandes projetos voltados para atingir esses números impulsionaram o incentivo a créditos de carbono no país, reforçando o compromisso com a (COP). Os autores apontaram que a comercialização de créditos de carbono é uma iniciativa que preserva os ecossistemas e seus serviços, e, apesar dos desafios na implementação desse mecanismo, o Brasil se destacou, alcançando uma redução de 41% nas emissões de gases de efeito estufa (ALMEIDA *et al.*, 2024).

Nesse sentido Almeida *et al.* (2024) apresentam um resultado positivo no comércio de carbono no Brasil em áreas sensíveis, porém, todo esse movimento para recuperação dessas áreas e a preservação delas exigem seu vínculo a um promissor mercado e como um bom mercado está intrinsecamente ligado ao capital, sendo um grande desafio ainda pois essa demanda não visa uma ressignificação e transformação dos valores que a sociedade dá aos ecossistemas e os biomas ameaçados.

Outras inquietudes que emergem desse primeiro resultado são: seria essa uma saída para recuperação dos Hotspots do Bioma Mata Atlântica?. Almeida *et al.* (2024) apresenta que para alcançar esses objetivos em relação ao Brasil zerar o desmatamento até 2030 seria necessário calcular o valor dos serviços ecossistêmicos, o que gera outra reflexão. Seria mesmo necessário calcular o valor dos SE, qual seria o valor da qualidade de vida e a continuidade da vida no planeta?.

No que refere-se aos projetos de pagamento por serviços ambientais em desenvolvimento, Almeida *et al.* (2024) reiteram a complexidade de implementação desses projetos devido ao alto custo até a sua execução. Essas implementações são divididas em três fases: a de coletas de dados florestais; quantificação do carbono armazenado e análise para validação e certificação (VARGAS *et al.*, 2022). Tendo como premissa a contratação de empresa para desenvolver tais projetos. A forma como esses dados podem ser coletados e quantificados a partir dos métodos destrutivos ou indiretos não destrutivos. Para apresentação desses métodos os autores tiveram como base referencial (AREVALO *et al.*, 2002; BARBOSA *et al.*, 2005; COTTA *et al.*, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2008; WATZLAWICK *et al.*, 2009).

O método destrutivo é um meio mais evasivo aos ecossistemas tendo como base o corte de árvores para análise em laboratórios já o método não destrutivo consiste em análises por satélites das áreas considerando as estruturas de vegetação para quantificação do CO₂ e após essas coletas segue o processo de certificação dessa área, de acordo com Almeida *et al.* (2024) a VERRA - *Standards for a Sustainable Future* é uma organização que faz a certificação com alto rigor metodológico para que assim seja possível a captação dos recursos desse mercado.

No Brasil, o Cerrado destaca-se por seu potencial em projetos de pagamento por serviços ambientais, com alta capacidade de armazenamento de carbono (média de 145,62 Mg.ha⁻¹) e adaptação às mudanças climáticas devido às raízes profundas, que favorecem resiliência a queimadas (ALMEIDA *et al.*, 2024). Contudo, os autores criticam a falta de políticas públicas, sugerindo programas de pagamento por SA voltados a comunidades tradicionais, indígenas e agricultura familiar. O artigo reforça o potencial do Cerrado para

conservação da biodiversidade, propondo a economia de pagamento por serviços ambientais como alternativa para conciliar desenvolvimento e sustentabilidade.

O artigo de Vale *et al.* (2023), traz como resultados uma análise dos serviços ecossistêmicos desempenhados pelos mamíferos brasileiros realizado sob a ótica de alguns padrões, sendo eles de vulnerabilidade perante os serviços, padrões espaciais e taxonômicos das 701 espécies sendo ela 169 exclusivas do Brasil. Dentre os SE que os mamíferos desempenham os autores identificaram 11 serviços ecossistêmicos como o controle de pragas, engenharia de ecossistemas, controle de carniça, sentinela de doenças, transportes de nutrientes, regulação top-down, dispersão de sementes, polinização, controle de roedores, ecoturismo e serviços tradicionais (VALE *et al.*, 2023), associados a características como ordem ou subordem, dieta, massa corporal, estrato de forrageamento, capacidade de dispersão, tamanho da área de vida e estado de ameaça.

Com os dados Vale *et al.* (2023) foi possível observar na pesquisa realizada a distribuição espacial desses serviços, destacando que a Mata Atlântica e o Cerrado ambos hotspots de biodiversidade apresentam boa parte dos serviços ecossistêmicos voltados principalmente para qualidade de vida e saúde humana, no que refere-se a controles de doenças esse dado em termos de análise demonstra a importância do Bioma Mata Atlântica para a população, em comparativo não menos significativo em termo de preservação é a Amazônia, por mais que seja rica nos aspectos de biodiversidade esses serviços de controle são menos impactantes a um população visto sua baixa densidade populacional.

Um fator importante trazido por Vale *et al.* (2023) nos resultados com baixa redundância em alguns SE, o que gera uma vulnerabilidade na biodiversidade como é o exemplo da engenharia de ecossistemas e controles de roedores feitos por menos de 20 espécies, frutos de desmatamentos, perda de território e redução por caçadores. O que pode ainda mais colapsar esses serviços porque não há muitas espécies que irão desempenhar as mesmas funções no SE. Como é o exemplo dos tatus que mexem no solo e ajudam outras espécies, mas o ecossistema sofrerá caso essa espécie desapareça. Essa dependência de poucas espécies nesses serviços gera um alerta para a urgência de proteger não só os hotspots mas os mamíferos ameaçados.

Há também um olhar sobre os serviços como dispersão de sementes e regulação *top-down* as quais são essenciais para manter os biomas. Os resultados apresentados pela pesquisa de Vale *et al.* (2023) colaboram e enfatizam a importância da conservação dos biomas como a Mata Atlântica e o Cerrado e os mamíferos que desempenham um papel importante nos serviços ecossistêmicos e o equilíbrio desses biomas.

Pires *et al.* (2021) analisam os serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica destacando seu papel como hotspot e sua relevância no fornecimento de água, produção de alimentos, regulação climática e serviços culturais, o que impulsionou pesquisas no bioma. Contudo, há poucos estudos sobre bem-estar humano e SE. Os autores apontam que os serviços de regulação predominam em áreas protegidas, enquanto os de provisão estão em áreas desprotegidas, intensificando o desmatamento e degradação. Pires *et al.* (2021) e Almeida *et al.* (2024) defendem o sequestro de carbono para conservação, mas Pires *et al.* (2021) enfatizam a necessidade de planejamento para evitar impactos negativos, como na produção de água.

O artigo introduz as Contribuições da Natureza para as Pessoas (IPBES, 2019), uma abordagem inclusiva que valoriza cultura e comunidades tradicionais, tratando-a como sinônimo de SE. Propõe maior envolvimento do setor privado, como no Pacto pela Restauração da Mata Atlântica e Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), além de políticas públicas, como a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, e integração de estratégias socioeconômicas para sustentabilidade. Almeida *et al.* (2024) aprofundam o potencial do Cerrado no sequestro de carbono, destacando seu alinhamento com sustentabilidade, mas apontam fragilidades no mercado de crédito de carbono. Vale *et al.* (2023) detalham os SE prestados por mamíferos, alertando que a baixa redundância pode comprometer biomas.

Pires *et al.* (2021) apresentam dados concisos e significativos, mantendo o termo Contribuições da Natureza, apesar de controvérsias científicas, reforçando a necessidade de clareza epistemológica, como discutido por Vale *et al.* (2023). Por fim, a principal conclusão a que chegamos é que não importa qual problema seja abordado, mas sim que o Bioma da Mata Atlântica seja preservado incondicionalmente devido às mudanças climáticas.

5 CONCLUSÃO

Refletir sobre os serviços ecossistêmicos a partir de diferentes perspectivas nos leva, inevitavelmente, a repensar o nosso lugar enquanto sociedade diante da natureza. Os três artigos analisados neste ensaio não apenas aprofundam o debate científico sobre o tema, mas também nos convidam a enxergar a floresta, os animais e os territórios para além dos números, como partes vivas de um sistema do qual também fazemos parte. A Mata Atlântica, apesar de fragmentada e ameaçada, segue oferecendo muito mais do que recursos, ela oferece lições de resiliência e interdependência.

A pesquisa revelou que estratégias como o pagamento por serviços ambientais e o mercado de carbono, embora importantes, ainda carecem de um enraizamento ético e social

mais forte. O risco de mercantilizar a natureza sem transformar o modo como a valorizamos é real. Por isso, mais do que criar mecanismos de compensação, é preciso reconstruir uma relação de cuidado com os ecossistemas, que reconheça também os saberes locais, os modos de vida tradicionais e os direitos das comunidades que habitam e protegem esses espaços. Ao mesmo tempo, é instigante perceber como a biodiversidade, especialmente os mamíferos estudados por Vale *et al.* (2023), exerce funções vitais que sustentam a saúde dos biomas e, por consequência, das pessoas. A baixa redundância funcional de algumas espécies nos alerta para a urgência de políticas de conservação que sejam abrangentes e integradas, pensando não apenas no hoje, mas nas futuras gerações .

Este artigo buscou ampliar a compreensão e o conhecimento acerca dos serviços ecossistêmicos presentes em distintos biomas, como por exemplo da Mata Atlântica, Cerrado e da Amazônia, enfatizando o papel fundamental das metodologias de mapeamentos no conhecimento das realidades destes biomas como uma ferramenta importante para a conservação da biodiversidade.

Referências

- ALMEIDA, L.R.; PRESTES, N. C.C.S.; MORANDI, P.S. Payment for ecosystem services: the economy that will save natural environments?. **Acta Botanica Brasilica**, 2024.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. **Embrapa Florestas**. Colombo, 2002.
- BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**. 2005.
- BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L.; DE VICTORIA, D. C.; DE CUSTODIO, D. O.; DA SILVA, G. B. S.; DRUCKER, D. P. **SOMABRASIL: Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil**. Campinas, SP: Embrapa, 2012.
- BUNGE, M. **Emergence and convergence: qualitative novelty and the unity of knowledge**. Toronto: University of Toronto Press, 2003.
- COSTANZA, R.; ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; NEILL, R. V. O.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONK, P. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.
- COTTA, M. K.; JACOVINE, L. A.G.; PAIVA, H. N. D.; SOARES, C. P. B.; VIRGENS, A. D.C.; VALVERDE, S. R. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. **Revista Árvore**. 2008.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species. Page: **R.House, Ed.** Nova York, 1981.

FEARNSIDE, P. M.; RIGHI, C. A.; ALENCASTRO GRAÇA, P. M. L. Biomassa e emissões de gases de efeito estufa da mudança no uso da terra no "arco do desmatamento" amazônico do Brasil: os estados de Mato Grosso e Rondônia. *Forest Ecology and Management*, v. 258, p. 1968-1978, 2009. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.07.042.

HARRISON, P. A. *et al.* Ligações entre atributos de biodiversidade e serviços ecossistêmicos: uma revisão sistemática. *Ecosystem Services*, v. 9, p. 191-203, 2014.

HENGL, T.; DE JESUS, J. M.; MACMILLAN, R. A.; BATJES, N. H.; HEUVELINK, G. B. M.; RIBEIRO, E.; SAMUEL-ROSA, A.; KEMPEN, B.; LEENAARS, J. G. B.; WALSH, M. G.; GONZALEZ, M. R. SoilGrids1km – global soil information based on automated mapping. *PLoS One*, v. 9, 2014.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 25, p. 1965-1978, 2005.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature, 2022.

IPCC. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories**. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

IPBES. **Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Díaz, S.; Settele, J.; Brondízio, E. S.; Ngo, H. T.; Guèze, M.; Agard, J.; Arneeth, A.; Balvanera, P.; Brauman, K. A.; Butchart, S. H. M.; Chan, K. M. A.; Garibaldi, L. A.; Ichii, K.; Liu, J.; Subramanian, S. M.; Midgley, G. F.; Miloslavich, P.; Molnár, Z.; Obura, D.; Pfaff, A.; Polasky, S.; Purvis, A.; Razaque, J.; Reyers, B.; Roy Chowdhury, R.; Shin, Y. J.; Visseren-Hamakers, I. J.; Willis, K. J.; Zayas, C. N. (ed.). Bonn, Germany: IPBES secretariat, 2019. 56 p.

MEA. **Millennium ecosystem assessment: ecosystems and human well-being**. Washington, DC: [s.n.], 2005.

MEDEIROS, R.; YOUNG, C. E. F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. **Contribuição das unidades de conservação brasileira para a economia nacional: sumário executivo**. Brasília: PNUMA-WCMC, 2011. 44 p.

MILDER, J. C.; SCHERR, S. J.; BRACER, C. Tendências e potencial futuro do pagamento por serviços ecossistêmicos para aliviar a pobreza rural nos países em desenvolvimento. *Ecology and Society*, v. 15, n. 2, art. 19, 2010.

MIRANDA, H. S. **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, 2010.

MYERS, P.; ESPINOSA, R.; PARR, C. S.; JONES, T.; HAMMOND, G. S.; DEWEY, T. A. Animal Diversity Web. [S.l.]: [s.n.], 2020.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A.; ALVES, L. M. Algumas características e impactos da seca e da crise hídrica no sudeste do Brasil durante 2014 e 2015. *Journal of Water Resources and Protection*, v. 8, p. 252-262, 2016.

PIRES, A. P. F.; SHIMAMOTO, C. Y.; PADGURSCHI, M. C. G.; SCARANO, F. R.; MARQUES, M. C. M. Mata Atlântica: serviços ecossistêmicos que ligam as pessoas e a biodiversidade. In: MARQUES, M. C. M.; GRELE, C. E. V. (eds.). *The Atlantic Forest*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2021.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs. *Nature Ecology & Evolution*, v. 3, p. 62-70, 2019.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**. 2008.

ROTHER, E. T. Revisión sistemática X Revisión narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 20, p. 5-6, 2007.

RUESCH, A.; GIBBS, H. IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map for the Year 2000. Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, 2008.

TERRA, M. C.; NUNES, M. H.; SOUZA, C. R. A floresta invertida: estoques de carbono acima do solo e notavelmente grandes abaixo do solo e seus fatores determinantes nas savanas brasileiras. *Science of The Total Environment*, v. 867, p. 1-13, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161320.

TRABUCCO, A.; ZOMER, R. J. Global Soil Water Balance Geospatial Database. [S.l.]: [s.n.], 2010.

VARGAS, D. B.; DELAZERI, L. M. M.; FERRERA, V. H. P. O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil: desafios estruturais, técnicos e científicos. **Escola de Economia de São Paulo**, São Paulo, 2022.

VALE, M. M.; VIEIRA, M. V.; GRELE, C. E. V.; MANES, S.; PIRES, A. P. F.; TARDINO, R. H.; WEBER, M. M.; MENEZES, M. A.; O'CONNOR, L.; THULLER, W.; TOURINHO, L. Serviços ecossistêmicos prestados por mamíferos brasileiros: padrões espaciais e taxonômicos e lista abrangente de espécies. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 21, n. 4, p. 302-310, 2023

WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite. **Ciência Florestal**. 2009