

# FLUXO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DO IMPACTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS<sup>(1)</sup>

Daniel Marques de Abreu<sup>(2)</sup>; Ana Paula Dias Turetta<sup>(3)</sup>;

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos de CNPq: 441595/2020-0 /SEG: 10.21.00.067.00.00. <sup>(2)</sup> Geógrafo, graduando, bolsista na Embrapa Solos, Rio de Janeiro. <sup>(3)</sup> Geógrafa, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora A na Embrapa Solos, Rio de Janeiro.

**Resumo** – Em um cenário de crescente frequência e impacto dos eventos climáticos extremos, a insegurança alimentar se destaca como um problema global agravado por diversos fatores, sendo a mudança climática um dos mais significativos. Os Serviços Ecosistêmicos (SE) desempenham um papel fundamental na mitigação desses impactos, especialmente na garantia e manutenção da segurança alimentar. Este estudo, ainda em andamento, identifica e analisa os fluxos de SE nos municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis, que fazem parte da Região Serrana do Rio de Janeiro. Para alcançar os objetivos propostos, foram estabelecidos três compartimentos de análise: a interação entre hidrografia, uso e cobertura da terra, e tipo de solo; a relação entre segurança alimentar e polinização; e a conexão entre uso e cobertura da terra e áreas protegidas. A análise desses fluxos oferece diretrizes estratégicas para a implementação de ações em escala inter-regionais que reduzam os impactos dos eventos climáticos extremos na produção de alimentos, fortalecendo a resiliência e sustentabilidade das comunidades locais. A identificação e quantificação dos fluxos de SE são cruciais para promover o desenvolvimento sustentável, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente no que tange à segurança alimentar e à adaptação às mudanças climáticas.

**Palavras-Chave** Serviços Ecosistêmicos; Segurança alimentar; Eventos climáticos extremos; Desenvolvimento sustentável; Região Serrana do Rio de Janeiro.

## Introdução

Analisar o passado permite entender que eventos climáticos extremos são intrínsecos à história da humanidade e das primeiras civilizações (Dias, 2014). Embora tais eventos ocorressem sem influência antropogênica, há evidências de que a frequência desses eventos tem aumentado, sugerindo intensificação pela ação humana (IPCC, 2022).

Esses eventos climáticos extremos podem ter impactos sociais, ambientais e econômicos significativos, especialmente em áreas de risco, onde a combinação de características geológicas, geomorfológicas, climáticas e atividades humanas resulta em maior vulnerabilidade a desastres e danos humanos (Silva et al., 2012).

Nesse sentido, a produção de alimentos também pode ser severamente afetada pelos impactos dos eventos climáticos extremos. Nos últimos 10 anos, com o aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos, houve o enfraquecimento da segurança alimentar ao redor do mundo (FAO, 2024). A vulnerabilidade às mudanças climáticas representa um dos principais perigos para os sistemas agropecuários, que dependem de fatores climáticos para a sua produção e manutenção (Monteiro, 2007). Nesse sentido, a segurança alimentar enfrenta um grande desafio, ao se deparar com obstáculos que põem em risco a disponibilidade e a qualidade dos alimentos (Amaral et al., 2011).

No Brasil, as ameaças à segurança alimentar não são diferentes. Apesar dos avanços na área, a produção agrícola ainda enfrenta uma extrema vulnerabilidade frente aos danos causados por eventos climáticos extremos, gerando complicações para o acesso de alimentos no país (Carvalho et al., 2020). Dessa forma, é importante pensar em alternativas para a adaptação dos sistemas de produção aos impactos das mudanças climáticas, tornando-se mais resilientes de forma a assegurar as quatro dimensões da segurança alimentar, que incluem não só a produção de alimentos, mas

também a estabilidade da produção ao longo do tempo, o acesso a alimentos e a sua qualidade nutricional.

Os serviços ecossistêmicos (SE) provenientes do ambiente emergem como potenciais formas de adaptar a produção alimentar aos impactos causados pelos eventos climáticos extremos. Identificar e quantificar esses serviços é de grande benefício no contexto da segurança alimentar. Esse seria um passo crucial para desenvolver uma gestão de produção de alimentos resilientes em paisagens rurais, mesmo diante das ameaças à disponibilidade de alimentos causadas por eventos climáticos extremos.

A Região Serrana do estado do Rio de Janeiro destaca-se como um local estratégico para estudos que explorem essa abordagem. Essa região é crucial na cadeia de abastecimento de alimentos, tanto regional quanto estadual, mas também é vulnerável aos eventos climáticos extremos devido à significativa parcela da população residente em áreas de risco. Essa vulnerabilidade tem sido evidenciada por desastres recentes, como os ocorridos em 2011 e 2022. Entre os 16 municípios que compõem a Região Serrana, Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis foram selecionados para análise, devido à concentração populacional e à diversidade de atividades, tornando-os representativos para o estudo proposto.

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo principal identificar e, se possível, quantificar o fluxo de serviços ecossistêmicos relacionados à produção de alimentos nos municípios selecionados da Região Serrana (RJ), além de avaliar o impacto dos eventos climáticos extremos sobre esses fluxos.

## Material e Métodos

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre serviços ecossistêmicos, fluxo de serviços ecossistêmicos e eventos climáticos extremos. Este processo possibilitou uma melhor compreensão das dinâmicas e relações entre eles, assim, favorecendo as análises realizadas posteriormente. Nesse sentido, com base na análise bibliográfica relacionada aos objetivos do estudo, foram selecionados indicadores ambientais para a avaliação dos serviços ecossistêmicos (Maes et al., 2016). Para o desenvolvimento deste estudo, está sendo trabalhado o conceito de fluxos ecossistêmicos biofísicos passivos, que consideram tanto a provisão de fluxos benéficos (como água doce), quanto a prevenção de fluxos prejudiciais (como inundações) em distância (Koellner et al., 2019). Dessa forma, foi proposto a formulação de compartimentos de indicadores e serviços ecossistêmicos para diferentes aspectos do escopo da análise. Os compartimentos foram divididos em três aspectos: a interação entre hidrografia, uso e cobertura da terra e tipo de solo; a relação entre segurança alimentar e polinização; e a relação entre uso e cobertura da terra e áreas protegidas. Esses compartimentos foram selecionados com base na disponibilidade de dados nas fontes utilizadas que incluíram diversas plataformas como da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), o GeoInfo (Embrapa), o MapBiomas, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o IBGE, além de contribuições de autores como Pedro Bérnago et al. (2021), que disponibilizaram dados sobre polinização no Estado do Rio de Janeiro.

Dadas as dependências inerentes entre sistemas sociais e ecológicos, as redes socioecológicas (SER) foram recentemente propostas como uma abordagem para conceituar e gerenciar serviços ecossistêmicos e complementam as abordagens focadas em mapeamento espacial considerando explicitamente interações, dependências e feedbacks entre os SE e seus componentes sociais e ecológicos (Bodin et al.; 2017; Sayles et al., 2019). Por isso, a análise em ambiente SIG, utilizando os softwares QGIS e ArcGIS, foi crucial para avaliar os fluxos de serviços ecossistêmicos em uma escala inter-regional. O mapeamento desses serviços ecossistêmicos nos permite identificar e quantificar as regiões com maior demanda e oferta dos serviços, permitindo maior eficiência na proposição de políticas (Brown; Fagerholm, 2015) e também na ampliação do entendimento da importância dos fluxos.

É importante ressaltar que, devido à escala disponível dos dados e ao recorte regional adotado neste estudo, a escala selecionada foi de 1:250.000. É interessante pontuar a relevância da

disponibilidade de dados multiescolares, que foram muito úteis para a construção do trabalho. A metodologia está sintetizada na figura 1.

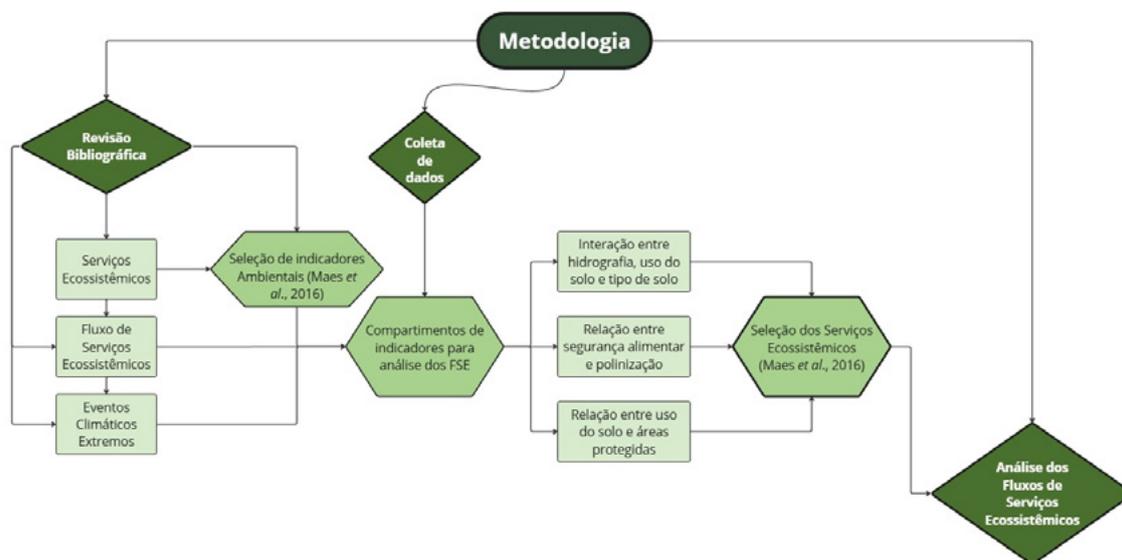


Figura 1. Fluxograma da metodologia elaborada para esta pesquisa.

## Discussão

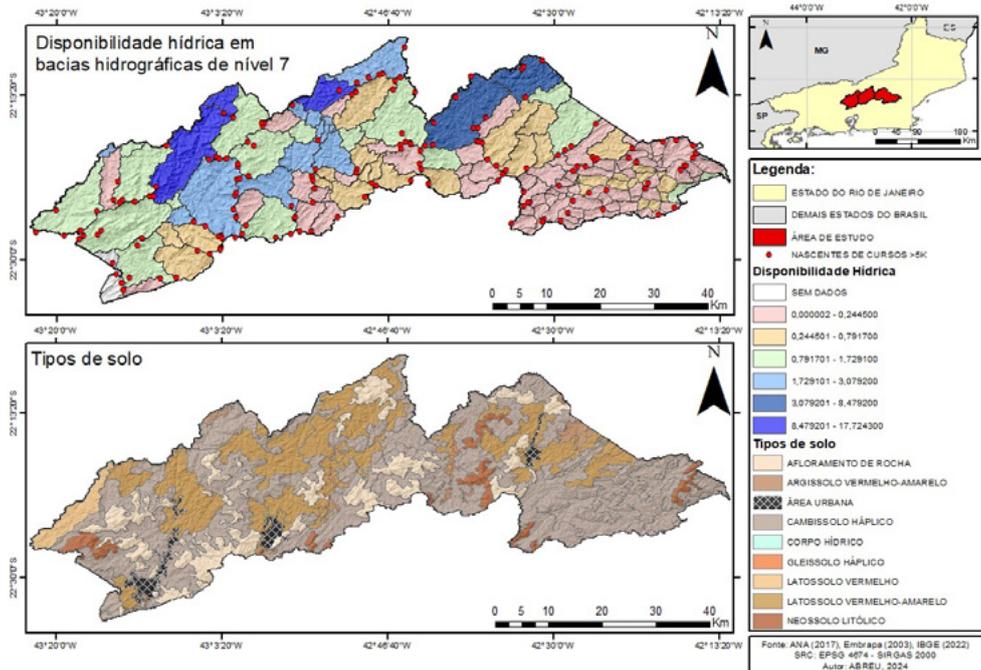
Os SE são os produtos das interações e processos ecológicos que ocorrem nas paisagens, os quais mantêm funções essenciais dos ecossistemas para a sobrevivência das espécies. Estes serviços se manifestam em benefícios que atendem tanto às necessidades diretas quanto indiretas do bem-estar humano (MEA, 2005; Potschin; Haines-Young, 2011). Porém, os SE se relacionam uns com os outros, gerando fluxos em diferentes áreas. Esses fluxos de serviços ecossistêmicos distribuídos desigualmente no espaço produz uma relação entre áreas provedoras de serviço, com uma alta oferta, e áreas beneficiadas (que recebem) por serviços, com uma alta demanda (Bagstad et al., 2013).

Os fluxos inter-regionais de SE surgem como uma consequência das conexões físicas, políticas, comerciais e das decisões de gestão de recursos em uma determinada região geográfica, podendo gerar impactos significativos nos ecossistemas e na biodiversidade em outras localidades (Kissinger et al., 2011; Moser; Hart, 2015). Medir e compreender as dinâmicas dos fluxos de SE se mostram bastante relevantes. Estas ações podem revelar diferenças multifacetadas ou também revelar desencontros entre regiões de oferta e demanda de SE (Serna-Chavez et al., 2014; Felipe-Lucia et al., 2015; Vergara et al., 2021). Assim, considerar a interação entre regiões provedoras e receptoras de SE permite elaborar abordagens sob perspectivas inter-regionais, fundamentais especialmente quando se considera a necessidade de se promover paisagens mais resilientes ao impacto de eventos climáticos extremos. Schröter et al. (2018) destaca os benefícios associados à esta abordagem, permitindo identificar dependências à determinados serviços, o que pode colaborar como uma gestão sustentável e eficaz de serviços ecossistêmicos.

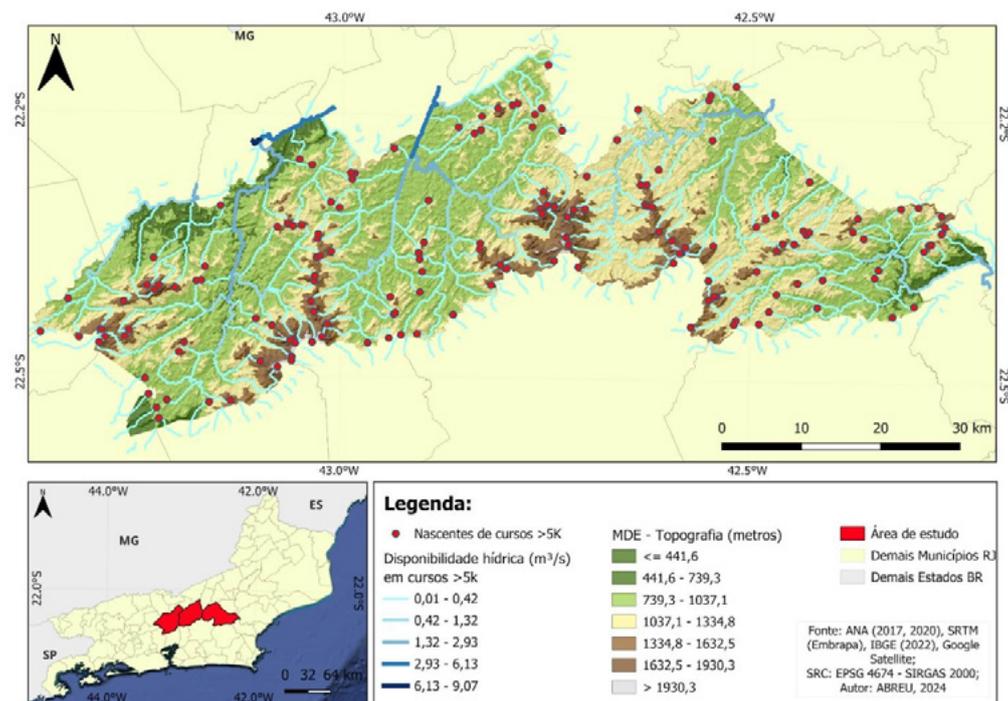
## Resultados

Os resultados parciais obtidos indicaram algumas regiões com maiores demandas e outras com maiores ofertas de SE, indicando uma variação de fluxos dentro da área de estudo.

Para o primeiro compartimento (hidrografia, uso e cobertura da terra e tipo de solo) observa-se um déficit na disponibilidade hídrica em nascentes situadas em áreas de pastagem. À medida que os fluxos hídricos avançam em direção ao canal principal, observa-se um aumento na disponibilidade de água (Figuras 2 e 3). A identificação de áreas, por meio do recorte de bacias hidrográficas, com maiores demandas hídricas e áreas com maior disponibilidade, associadas ao uso e cobertura do solo, permite uma compreensão mais abrangente desses padrões.

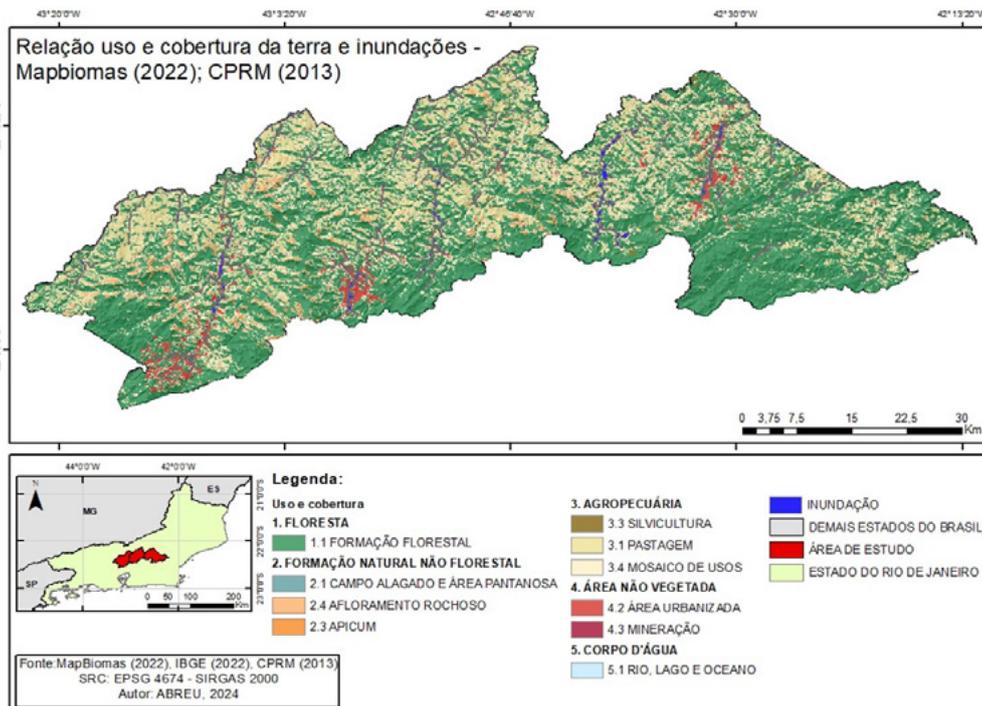


**Figura 2.** Mapa mostrando a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas de nível 7 (acima) e os tipos de solo (abaixo). Fonte: autoria própria.

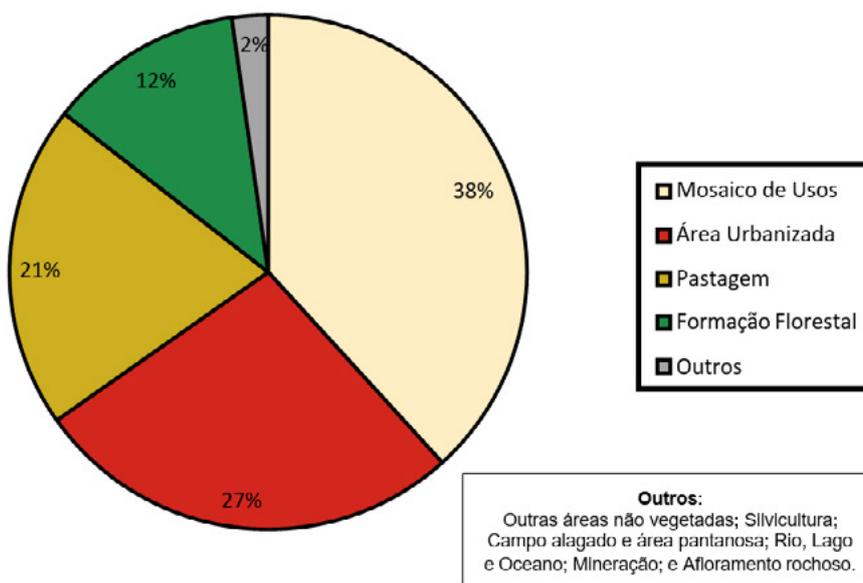


**Figura 3.** Mapa mostrando a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas de nível 7. Fonte: autoria própria.

Além disso, com base na figura 4, que mostra o mapeamento do uso e cobertura da terra e também o risco de inundação, é possível determinar quais usos do solo estão mais associados à ocorrência de inundações. Constatou-se, a partir do gráfico apresentado na figura 5, que 38% das áreas de risco na região de estudo estão relacionadas à classe “Mosaico de Usos”, que, de acordo com a classificação do MapBiomas, abrange áreas de uso agropecuário onde não é possível distinguir entre pastagem e agricultura. As áreas urbanas correspondem a 27% das áreas de risco de inundação, enquanto as áreas de pastagem representam 21%.



**Figura 4.** Mapa mostrando a relação entre o uso e cobertura da terra e o risco de inundações. Fonte: autoria própria.



**Figura 5.** Gráfico relacionando o tamanho das áreas (km²) com risco de inundações para cada classe do MapBiomas. Fonte: MapBiomas (2022); CPRM (2013).

O segundo compartimento estudado trata da relação entre a segurança alimentar e a polinização. A polinização é um SE capaz de demonstrar a relação entre a conservação da biodiversidade e a produção agrícola (Bérgamo et al., 2021). Além disso, a polinização também é capaz de aumentar a produtividade das culturas dependentes. Dessa forma, ela se mostra um SE essencial ao se considerar a sustentabilidade de produção de alimentos. No entanto, apesar de sua importância, Bérgamo et al. (2021) destaca que ainda são necessários maiores esforços para aproveitar todos os benefícios que a polinização pode disponibilizar.

Nesse sentido, observa-se que algumas culturas importantes para os municípios apresentam alta dependência da polinização, com o caso do caqui e goiaba em Nova Friburgo (tabelas 1 e 4) e a tangerina em Petrópolis e Teresópolis (tabelas 2, 3 e 4)

**Tabela 1.** Rendimento médio da produção (kg/ha) em Nova Friburgo (SIDRA/IBGE)

| Produtos <sup>(1)</sup> | 2007   | 2011   | 2017   | 2021   |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Banana-cacho            | 12.000 | 12.000 | 13.396 | 13.398 |
| Batata-doce             | 17.000 | 17.000 | 20.000 | 18.667 |
| Batata-inglesa          | 10.000 | 10.000 | 10.000 | -      |
| Caqui                   | 32.000 | 32.000 | 32.000 | 28,889 |
| Feijão-grãos            | 892    | 895    | 1.000  | 1.000  |
| Goiaba                  | 31.000 | 31.000 | 31.000 | 31.000 |
| Limão                   | 6.000  | 15.000 | 10.000 | -      |
| Mandioca                | 13.000 | 13.000 | 18.636 | 19.273 |
| Tangerina               | 18.000 | 18.000 | -      | 18.333 |
| Tomate                  | 45.000 | 45.000 | 53.600 | 42.000 |

<sup>(1)</sup> Principais produtos de lavouras temporárias e permanentes.

**Tabela 2.** Rendimento médio da produção (kg/ha) em Petrópolis (SIDRA/IBGE)

| Produtos <sup>(1)</sup> | 2007   | 2011   | 2017   | 2021   |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Banana-cacho            | 9.000  | 20.000 | 11.125 | 11.526 |
| Batata-doce             | -      | -      | -      | -      |
| Batata-inglesa          | -      | 20.000 | 20.500 | -      |
| Caqui                   | -      | -      | -      | -      |
| Feijão-grãos            | 1.000  | 1.000  | -      | -      |
| Goiaba                  | -      | -      | -      | -      |
| Limão                   | 18.000 | 18.000 | -      | 11.000 |
| Mandioca                | 13.000 | 13.000 | 18.636 | 19.273 |
| Tangerina               | 18.000 | 18.000 | -      | 18.333 |
| Tomate                  | 45.000 | 45.000 | 53.600 | 42.000 |

<sup>(1)</sup> Principais produtos de lavouras temporárias e permanentes.

**Tabela 3.** Rendimento médio da produção (kg/ha) em Teresópolis (SIDRA/IBGE)

| Produtos <sup>1</sup> | 2007   | 2011   | 2017   | 2021   |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Banana-cacho          | 5.833  | 7.000  | -      | -      |
| Batata-doce           | 18.000 | 18.000 | -      | -      |
| Batata-inglesa        | -      | -      | -      | -      |
| Caqui                 | -      | -      | -      | -      |
| Feijão-grãos          | 900    | 1.000  | -      | -      |
| Goiaba                | -      | -      | -      | -      |
| Limão                 | -      | -      | -      | -      |
| Mandioca              | 20.000 | 24.000 | 9.400  | -      |
| Tangerina             | 20.000 | 20.000 | 30.444 | 20.000 |
| Tomate                | 62.064 | 80.000 | 77.368 | 70.000 |

<sup>(1)</sup> Principais produtos de lavouras temporárias e permanentes.

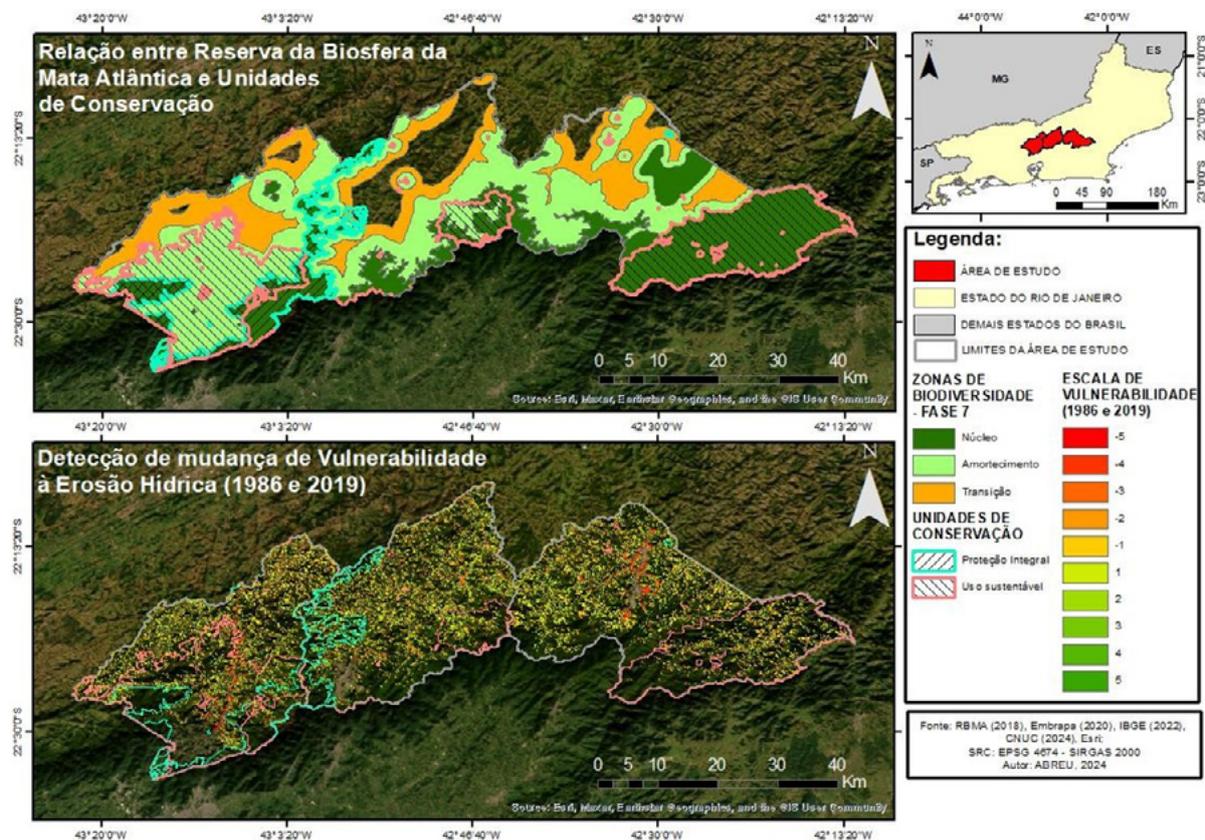
**Tabela 4.** Grau de dependência da polinização das principais culturas da região (Bérgamo et al, 2021; BPBES, 2019)

| Culturas       | Grau de dependência | Classe      |
|----------------|---------------------|-------------|
| Banana-cacho   | -                   | No increase |
| Batata-doce    | -                   | No increase |
| Batata-inglesa | -                   | No increase |
| Caqui          | 0,65                | Great       |
| Feijão-grãos   | 0,25                | Modest      |
| Goiaba         | 0,65                | Great       |
| Limão          | 0,05                | Little      |
| Mandioca       | -                   | No increase |
| Tangerina      | 0,65                | Great       |
| Tomate         | 0,65                | Great       |
| Abobrinha      | 0,95                | Essential   |
| Chuchu         | 0,96                | Essential   |

O terceiro compartimento (relação entre uso e cobertura da terra e áreas protegidas) permite indicar áreas mais conservadas a partir da sobreposição dos limites da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e das Unidades de Conservação (UCs) existentes (figura 6). O bioma Mata Atlântica, onde está localizada a área de estudo, abriga 27% das terras agropecuárias e fornece serviços ecossistêmicos para 70% da população brasileira, principalmente nas grandes concentrações urbanas do país (Pinto et al, 2022). Por isso, é um bioma essencial para garantir a segurança alimentar de qualidade no Brasil. Para além disso, representa também uma ampla área de fornecimento de serviços ecossistêmicos, que deve ser preservada tendo em vista sua relevância na mitigação dos impactos causados por eventos climáticos extremos, bem impactante neste bioma. Nesse sentido, é possível compreender a importância da limitação da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA). De acordo com a Associação Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (2018), é dividida em: Zonas Núcleo, que correspondem as áreas legalmente protegidas onde a principal função é a proteção da biodiversidade; Zonas de Amortecimento, caracterizadas por áreas responsáveis pela minimização do impacto sobre as Zonas Núcleo; e Zonas de Transição que correspondem as áreas de monitoramento onde predominam usos e ocupações mais intensivos. Esta caracterização auxilia na preservação de fragmentos ambientais mais conservados, principalmente os localizados dentro de Zonas Núcleo, propiciando a continuidade do fornecimento de SE por estas áreas.

Dentro da área em estudo, as UCs ocupam cerca de 40% da área total. Unidades de Conservação têm como objetivo prioritário a conservação da natureza. Nesse sentido, pensar em UCs como instrumentos para preservação de SE pode ser considerada uma estratégia para influenciar na manutenção do microclima local, regulação hídrica, estabilidade de encostas, proteção do solo entre outros. Além disso, o uso de UCs para aumentar a resiliência de paisagens é uma abordagem interessante de se adotar. Essas áreas desempenham um papel crucial na preservação de áreas-fonte de serviços ecossistêmicos (SE), como a estabilização do solo, a manutenção da biodiversidade e a provisão de recursos hídricos. As UCs podem beneficiar a implementação de paisagens mais resilientes, por suas condições mais adequadas de biodiversidade e habitats e conservação (áreas menos degradadas e menos fragmentadas) (Tambosi, 2014). Portanto, as UCs não só contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também funcionam como barreiras para frear a expansão urbana (Tofeti; Campos, 2019), equilibrando as demandas de desenvolvimento com a necessidade de conservação ambiental.

A Figura 6 apresenta o mapa de detecção de mudança de vulnerabilidade à erosão hídrica. As classes de vulnerabilidade apresentadas no mapa, que variam de -5 (indicando um aumento na vulnerabilidade entre 1986 e 2019) até 5 (indicando uma redução na vulnerabilidade no mesmo período).



**Figura 6.** Mapa mostrando a relação entre a RBMA e Unidades de Conservação (acima) e a detecção de mudança de vulnerabilidade à erosão hídrica entre 1986 e 2019, sendo que as classes mais próximas do -5 se tornaram mais vulneráveis e as mais próximas do 5 se tornaram menos vulneráveis. Fonte: autoria própria.

O mapa permite identificar as regiões que mais sofreram mudanças, sejam elas negativas ou positivas. Durante esse intervalo de tempo, observa-se que grandes áreas dentro das UCs não foram reclassificadas, ou seja, mantiveram seu índice de vulnerabilidade inalterado. Isso reflete o esforço, especialmente das UCs de proteção integral, em preservar a integridade ambiental dessas áreas. Em contrapartida, nota-se um aumento nas áreas que se tornaram mais vulneráveis próximas aos centros urbanos, consequência da expansão populacional para outras localidades, muitas vezes associadas a áreas de risco.

## Conclusões

Pode-se concluir que os Serviços Ecossistêmicos (SE) são fundamentais para enfrentar a insegurança alimentar e mitigar os impactos das mudanças climáticas. De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014), tendências indicam que a intensificação e a frequência dos eventos climáticos extremos estão se agravando, tornando urgente a implementação de ações baseadas na conservação da natureza e nos SE.

Este trabalho teve como objetivo identificar, a partir da disponibilidade de dados, fluxos de SE que possam contribuir para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas e promover paisagens mais resilientes. A continuidade desta pesquisa é essencial para a valoração dos SE e para a formulação de estratégias que incentivem sua conservação e uso sustentável, garantindo, assim, a resiliência das comunidades e a segurança alimentar diante das mudanças climáticas.

Nesse sentido, é importante enfatizar que este estudo ainda se encontra em andamento. A continuidade das análises dos fluxos de SE é necessária para aprofundar as relações inter-regionais entre áreas com maiores demandas e maiores ofertas desses serviços. Por fim, além dos benefícios diretos propiciados pela segurança alimentar, compreender os Fluxos de serviços ecossistêmicos é fundamental para promover o desenvolvimento sustentável, alinhado com as metas e diretrizes dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nesse sentido, é possível pensar em outros objetivos que podem ser beneficiados por outras pesquisas semelhantes, como por exemplo: “Ação contra a mudança global do clima” (13) e “Vida Terrestre” (15).

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Embrapa Solos pela disponibilização da infraestrutura necessária para a realização deste trabalho. Agradeço também ao CNPq pelo suporte financeiro fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. Estendo minha gratidão ao Núcleo de Geomática (Ngeo) da Embrapa Solos pelo auxílio técnico e parceria indispensável. Por fim, meu especial agradecimento à Dra. Ana Paula Turetta pela valiosa orientação e constante apoio ao longo de todo o processo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (RBMA): **Território e Zoneamento**. Disponível em: <https://rbma.org.br/rbma/rbma/territorio-e-zoneamento/>.

BAGSTAD, K. J.; JOHNSON, G. W.; VOIGT, B.; VILLA, F. Spatial dynamics of ecosystem service flows: A comprehensive approach to quantifying actual services. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 117-125, 2013.

BERGAMO, P. J.; WOLOWSKI, M.; BRITO, V. L. G.; VARASSIN, I. G.; SAZIMA, M. Areas requiring restoration efforts are a complementary opportunity to support the demand for pollination services in Brazil. **Environmental Science & Technology**, v. 55, p. 12043-12053, 2021.

BODIN, Ö.; ALEXANDER, S. M.; BAGGIO, J. A.; BARNES, M. L.; BERARDO, R.; CUMMING, G. S.; DEE, L. E.; FISCHER, A. P.; INGOLD, K.; MATOUS, P.; MORRISON, T. H.; PITTMAN, J.; SAYLES, J. S.; SCHOON, M.; RATHWELL, K. J. Social-ecological network approaches in interdisciplinary research: A response to Bohan et al. and Dee et al. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, p. 547-549, 2017.

BROWN, G.; FAGERHOLM, N. Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review and evaluation. **Ecosystem Services**, v. 13, p. 119-133, 2015.

CARVALHO, A. L.; SANTOS, D. V.; MARENGO, J. A.; COUTINHO, S. M. V.; MAIA, S. M. F. Impacts of extreme climate events on Brazilian agricultural production. **Sustentabilidade em Debate**, v. 11, p. 197/3-210, 2020.

DIAS, M. Eventos Climáticos Extremos. **Revista USP**, v. 33, p. 33-40, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40.

FELIPE-LUCIA, M. R.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; LAVOREL, S.; BERRAQUERO-DÍAZ, L.; ESCALERA-REYES, J.; COMÍN, F. A. Ecosystem services flows: Why stakeholders' power relationships matter. **PLoS ONE**, v. 10, e0132232, 2015.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, and WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome: FAO, 2024.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp.

KISSINGER, M.; REES, W. E.; TIMMER, V. J. Interregional sustainability: Governance and policy in an ecologically interdependent world. **Environmental Science & Policy**, v. 14, n. 8, p. 965-976, 2011.

- KOELLNER, T.; SELL, J.; IMBACH, P.; ALMENDAREZ-HERNANDEZ, M. A.; BENNETT, E. M.; BOTTAZZI, P.; CASTILLO, C.; LAPOLA, D. M.; MANDLE, L.; ORDONEZ, J. C. Guidance for assessing interregional ecosystem service flows. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 92-106, 2019.
- MAES, J.; EGOH, B.; WILLEMEN, L.; LIQUETE, C.; VIHervaara, P.; SCHÄGNER, J. P.; GRIZZETTI, B.; DRAKOU, E. G.; LA NOTTE, A.; ZULIAN, G.; BOURAOU, F.; PARACCHINI, M. L.; BRAAT, L.; BIDOGLIO, G. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 14-23, 2016.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington: Island Press, 2005.
- MONTEIRO, J. M. G. Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semiárido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 315, 2007.
- MOSER, S. C.; HART, J. A. F. The long arm of climate change: Societal teleconnections and the future of climate change impacts studies. **Climatic Change**, v. 129, p. 13-26, 2015.
- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC): Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação às Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E. D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp. 2014.
- PINTO, L. F. G.; METZGER, J. P.; SPAROVEK, G. Produção de Alimentos na Mata Atlântica: Desafios para uma agropecuária sustentável, saudável e com neutralização de carbono no bioma que é o maior produtor de alimentos no Brasil. **São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica**, 2022.
- POTSCHIN, M. B.; HAINES-YOUNG, R. H. Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. **Progress in Physical Geography**, v. 35, n. 5, p. 575-592, 2011.
- SAYLES, J. S.; MANCILLA GARCIA, M.; HAMILTON, M.; ALEXANDER, S. M.; BAGGIO, J.; FISCHER, A. P.; INGOLD, K.; MEREDITH, G. R.; PITTMAN, J.; RATAJCZYK, E.; STEVENSON, T.; SCHOON, M.; VON BERCKEFELDT, M. I. Social-ecological network analysis for sustainability sciences: A systematic review and innovative research agenda for the future. **Environmental Research Letters**, v. 14, 093003, 2019.
- SCHRÖTER, M.; ALBERT, C.; MARQUES, A.; TOBON, W.; LAVOREL, S.; MAES, J.; BROWN, C.; KLOTZ, S.; BONN, A.; KUENZER, C. Interregional flows of ecosystem services: Concepts, typology and four case studies. **Ecosystem Services**, v. 31, p. 231-241, 2018.
- SERNA-CHAVEZ, H. M.; SCHULP, C. J. E.; VAN BODEGOM, P. M.; BOUTEN, W.; VERBURG, P. H.; DAVIDSON, M. D. A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 39, p. 24-33, 2014.
- SILVA, R. F. Vulnerabilidade socioambiental em unidades de conservação e áreas de risco ambiental: Quando os pobres ocupam áreas ambientalmente mais restritivas. O caso do morro do Baú em Santa Catarina e da comunidade do Vidigal no Rio de Janeiro. In: VII Seminário Latino-Americano e III Ibérico de Geografia Física. **Anais do Seminário Latino-Americano de Geografia Física**. Maceió: UFAM, 2012. v. 1.
- SILVA, R. L. R. Estratégias de gestão baseadas em ecologia de paisagens para a otimização dos esforços de restauração ambiental: estudo de caso no Pontal do Paranapanema e Zonas de Amortecimento: Ilhabela e Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo, São Paulo, 2014.
- SILVA, R. R.; CAMPOS, N. L. O. Unidades de Conservação e o território no Brasil: Estudos de caso em paisagens protegidas. **Geografia em Questão**, v. 3, p. 123-135, 2019.
- SPAKE, R.; BELLAMY, C.; SANDBROOK, C.; WILLCOCK, S.; TWYMAN, C.; et al. Delivering interregional ecosystem services and benefits: Learning from the governance context of the tropics. **Environmental Science and Ecological Management**, v. 1, p. 105-125, 2020.