

# MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO COMO SUBSÍDIO À AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PASSO FUNDO, GUAÍBA-RS

Sumire Da Silva Hinata<sup>1</sup>  
Luis Alberto Basso<sup>2</sup>

**Resumo:** Os serviços ecossistêmicos tornaram-se um importante instrumento de avaliação ambiental nos últimos 20 anos, e correspondem aos benefícios que as pessoas adquirem dos ecossistemas, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), abrangendo os serviços de regulação, provisão, cultural e suporte. Esta abordagem tem avançado no Brasil, mas a maior parte dos estudos voltados para a avaliação de serviços referem-se a esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Neste estudo, os serviços ecossistêmicos foram avaliados através da associação com as categorias de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Arroio Passo Fundo (SBAPF), disponibilizadas pelo Projeto MapBiomias, que oferece uma base consistente para avaliação das alterações ocorridas no período entre 1985 a 2019. O mapeamento proposto na forma de serviço ecossistêmico permite uma outra percepção quanto às funções e serviços oferecidos pela natureza, e pode servir como indicador de referência para o monitoramento de esquemas de PSA.

**Palavras-chave:** Serviços ecossistêmicos, Pagamento por Serviços Ambientais, Projeto MapBiomias, funções ecossistêmicas.

## LAND USE LAND COVER MAPPING AS A SUBSIDY TO ECOSYSTEM SERVICES ASSESSMENT IN THE PASSO FUNDO STREAM WATERSHED (GUAÍBA/RS)

**Abstract:** Ecosystem services have become an important environmental assessment method in the last 20 years, and correspond to the benefits that people obtain from ecosystems, according to the Millennium Ecosystem Assessment (MEA), which divides these into regulating services, provisioning services, cultural services and supporting services. This approach has been advancing in Brazil, but most studies focused on service assessment refer to Payment for Environmental Services (PES) schemes. In this study, ecosystem services were assessed through association with the categories of land use/land cover in the Arroio Passo Fundo watershed (SBAPF), available in the MapBiomias Project, which offers a consistent

---

<sup>1</sup> Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRG). E-mail: [sumirehinata@gmail.com](mailto:sumirehinata@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Titular no Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: [luis.basso@ufrgs.br](mailto:luis.basso@ufrgs.br)

basis for assessing changes that occurred in the period between 1985 to 2019. The proposed mapping in the form of ecosystem service allows a different perception of the functions and services offered by nature, and could serve as a reference indicator for monitoring PES schemes.

**Keywords:** Ecosystem services, Payment for Environmental Services (PES), MapBiomias Project, ecosystem functions.

## INTRODUÇÃO

A crescente e urgente preocupação com as questões ambientais em todo o planeta tem demandado o desenvolvimento de uma série de pesquisas e metodologias de avaliações de impacto e monitoramento ambiental necessárias à tomada de decisões em diferentes esferas governamentais.

Um importante instrumento de avaliação ambiental ganhou destaque nos últimos 20 anos, e consiste na caracterização dos serviços ecossistêmicos (SE), que são os benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas, segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA). Os SE estão classificados em quatro grupos, incluindo: serviços de produção, como alimento e água; serviços de regulação (enchentes, secas, degradação dos solos, doenças); serviços de suporte, relacionados à formação dos solos e dos ciclos de nutrientes; e serviços culturais, relacionados à recreação, valor espiritual, valor religioso e outros benefícios não-materiais (MEA, 2005). Muitas iniciativas em termos de avaliação das alterações dos ecossistemas para promover o aumento da conservação e uso sustentável desses em benefício do bem estar humano foram publicadas, destacando-se a própria Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), a Economia de Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB, 2010) e América Latina e o Caribe: uma superpotência de Biodiversidade (PNUD, 2010).

No Brasil, alguns trabalhos abordam o conceito de serviços ecossistêmicos, mas os autores têm se debruçado sobre a questão do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), dada a consolidação de vários projetos no país, como os projetos de serviços de águas, projetos de sequestro de carbono e projeto de conservação e uso sustentável da biodiversidade (MMA, 2011; PAGIOLA; VON GLEHN; TAFFARELLO, 2013), sendo que no Rio Grande do Sul existem propostas ainda não implementadas (DELEVATI et al., 2013; OLIVEIRA; FONSECA; SPIERING, 2019). O PSA se consolidou como um instrumento econômico, cuja essência consiste em remunerar quem preserva o meio ambiente direta ou indiretamente.

Observa-se muitas incertezas e ambiguidades quanto aos conceitos - bens ambientais, serviços ambientais, pagamento por serviço ecossistêmico, pagamento por serviço ambiental, serviço de ecossistema - gerando obstáculos para a implementação de uma avaliação unificada.

Ainda que existam trabalhos em desenvolvimento e com propostas de avaliação consistentes, a identificação e a análise da evolução em termos da mudança dos serviços ecossistêmicos no espaço e no tempo no país e, especialmente no Rio Grande do Sul, ainda é incipiente e necessita de maior aprofundamento.

Assim, este trabalho tem como objetivo mapear o uso e cobertura do solo na sub-bacia do Arroio Passo Fundo (SBAPF) em Guaíba/RS com base nos dados abertos do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil - MapBiomias Coleção 4 (PROJETO MAPBIOMAS, 2020). Posteriormente esse

mapeamento será correlacionado com os serviços ecossistêmicos, que pode vir a se tornar um indicador de monitoramento de esquema de PSA para a SBAPF.

## SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os SE são as características, funções ou processos ecológicos que contribuem direta ou indiretamente para o bem-estar humano: ou seja, os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas funcionais (COSTANZA et al., 1997, p. 253; MEA, 2005, p. 10), e incluem ecossistemas naturais e modificados pelo homem como fonte de recursos de serviços ecossistêmicos, sendo usado o termo “serviços” para abranger os benefícios tangíveis e intangíveis que os humanos obtêm dos ecossistemas, que às vezes são separados em “bens” e “serviços”, respectivamente.

Para melhor compreensão do conceito de SE, deve-se ter em mente a distinção entre processos e funções do ecossistema, e serviços do ecossistema:

Os processos e funções do ecossistema contribuem para os serviços do ecossistema, mas não são sinônimos. Os processos e funções dos ecossistemas descrevem as relações biofísicas que existem, independentemente de os seres humanos se beneficiarem ou não. Por outro lado, os SE são aqueles processos e funções que beneficiam as pessoas, consciente ou inconscientemente, direta ou indiretamente. Eles existem apenas se contribuírem para o bem-estar humano e não podem ser definidos de forma independente. No entanto, as conexões entre processos e funções do ecossistema e bem-estar humano são complexas e os vários caminhos ainda não são bem compreendidos, sendo necessário adotar uma abordagem pluralista e preventiva para avaliar essas conexões e avaliar os benefícios. Não existe uma maneira correta de avaliar e valorizar os serviços ecossistêmicos. Existe, no entanto, uma maneira errada, ou seja, de não fazer nada (COSTANZA et al., 2017, p. 3).

Deve-se ter em mente que os SE não estão necessariamente ligados a atividades produzidas pelo ser humano vinculadas à natureza, mas estão indiretamente relacionadas ao desenvolvimento socioeconômico porque constituem a base para a sustentação de atividades que sustentam a vida humana.

## BASE CONCEITUAL

O termo 'serviços da natureza' apareceu pela primeira vez na literatura acadêmica em um artigo da Revista Science intitulado 'Quanto valem os serviços da natureza?' (WESTMAN, 1977). No entanto, temas relacionados vinham surgindo na literatura acadêmica há mais tempo, e pode-se argumentar que a “ideia de que os sistemas naturais fornecem benefícios que apoiam o bem-estar humano é tão antiga quanto os próprios humanos” (COSTANZA et al., 2017, p. 2)

Há pouco mais de 20 anos foram publicados dois estudos pioneiros sobre os serviços ecossistêmicos: uma edição do livro *Serviços da Natureza* (DAILY, 1997) e um artigo publicado na Revista *Nature* por um grupo de ecologistas e economistas (COSTANZA et al., 1997) que propuseram o valor dos SE no mundo. Estes dois estudos foram o ponto de partida para uma profusão de pesquisas importantes em âmbito internacional (BAGSTAD et al., 2013; DAILY et al., 2000; DE GROOT et al., 2002; MAES et al., 2012, 2016) e periódicos científicos especializados, como a revista *Ecosystem Services* (COSTANZA et al., 2017). Além desses dois estudos precursores, destaca-se a proposta de mapeamento e avaliação dos ecossistemas e seus serviços como suporte para a Estratégia da Biodiversidade da União Europeia

(UE) para 2020, elaborada por Maes e colaboradores (2016).

Os SE estão presentes em todas as atividades humanas, não somente aquelas relacionadas à natureza, mas nas mais diversas atividades de desenvolvimento socioeconômico da sociedade:

Os SE correspondem às condições e os processos pelos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem sustentam e preenchem a vida humana. Eles mantêm a biodiversidade e a produção dos bens ecossistêmicos, como frutos do mar, forragem, madeira, combustível de biomassa, fibra natural, produtos farmacêuticos, produtos industriais e seus precursores. O cultivo e a comercialização desses bens representam uma importante parte da economia familiar humana. Além da produção de bens, os SE seriam na verdade as próprias funções de suporte da vida, como a purificação do ar e da água, mitigação de inundações e secas, desintoxicação e decomposição de resíduos, geração e renovação do solo e fertilidade do solo, polinização de cultivos e de vegetação natural, controle da grande maioria das pragas agrícolas em potencial, dispersão de sementes e translocação de nutrientes, manutenção da biodiversidade, que a humanidade deriva elementos chave para sua agricultura, medicina e indústria, proteção do calor dos raios ultravioletas do sol, estabilização parcial do clima, moderação de temperaturas extremas e da força dos ventos e das ondas, além de conferirem muitos benefícios estéticos e culturais intangíveis, como suporte de diversas culturas humanas, fornecimento de beleza estética e estímulo intelectual que elevam o espírito humano (DAILY, 1997, p. 3).

A falta de conscientização, de informação e o distanciamento em relação ao fornecimento de bens e serviços providos pelos ecossistemas, induz a sociedade de maneira geral a manter-se alheia:

Os SE também ganharam reconhecimento e valorização por meio de esforços para substituí-los por tecnologia. O uso excessivo de pesticidas, por exemplo, levando à dizimação de inimigos naturais de pragas e à promoção concomitante de espécies anteriormente benignas ao status de pragas, tornou aparente a dependência da agricultura pelos serviços de controle de pragas naturais. Os problemas técnicos e o custo dos sistemas hidropônicos - muitas vezes proibitivos mesmo para o cultivo de produtos especiais de alto preço - destacam a dependência humana dos serviços fornecidos pelo solo. É provável que a sociedade valorize mais os SE e descubra (ou redescubra) uma gama de serviços não listados, à medida que os impactos humanos sobre o meio ambiente se intensificam e os custos e limites da substituição tecnológica se tornam mais aparentes. Serviços ecossistêmicos são absolutamente essenciais à civilização, mas a vida urbana moderna torna obscura sua existência (DAILY, 1997, p. 6)

Houve muitos estudos nas últimas décadas com o objetivo de estimar o valor de uma ampla variedade de serviços ecossistêmicos. No estudo precursor de Robert Costanza e colaboradores (1997), os autores apresentaram o valor dos SE no planeta e trabalharam o conceito de capital natural. Foi reunida uma grande e dispersa quantidade de informações, e processadas de forma a se tornar útil para ecologistas, economistas, decisores políticos e público em geral. A partir desta síntese, os autores estimaram valores para os serviços ecossistêmicos por unidade de área por bioma, multiplicaram pela área total de cada bioma e somaram sobre todos os serviços e biomas.

Ainda que tenha ficado evidente para os autores os problemas empíricos e conceituais inerentes à produção dessa estimativa, este exercício foi essencial para: (1) fazer a gama de valores potenciais dos SE mais

aparentes; 2) estabelecer pelo menos uma primeira aproximação da magnitude relativa de SE globais; (3) estabelecer uma estrutura para suas futuras análises; (4) apontar as áreas que mais necessitam de pesquisa; e (5) estimular pesquisas e debates adicionais.

As funções do ecossistema referem-se de várias formas ao habitat biológico ou propriedades do sistema, ou processos dos ecossistemas. Bens do ecossistema (como alimentos) e serviços (como a assimilação de resíduos) representam os benefícios que as populações humanas derivam, direta ou indiretamente, de funções do ecossistema. Para simplificar, os conceitos de bens e serviços ecossistêmicos foram unificados para serviços ecossistêmicos (COSTANZA et al., 1997, p. 253).

Estes estudos pioneiros levaram a uma pluralidade de trabalhos nos mais distintos lugares e especificidades (BAGSTAD; SEMMENS; WINTHROP, 2013; CABRAL et al., 2016; DE LIMA et al., 2018; LEITÃO; SANTOS; ARAGÃO, 2017; MARTINEZ-HARMS et al., 2017).

## CATEGORIZAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A Avaliação Ambiental do Milênio (MEA, 2005) propôs a categorização dos SE em quatro tipos, adotada com alterações para o projeto *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2010) e constitui o núcleo da maioria das outras classificações recentes, conforme o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Categorias de serviços ecossistêmicos.

Serviço ecossistêmico	Características
Regulação	Relacionado às condições ambientais que sustentam a vida no planeta, como regulação do clima, qualidade da água, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos e controle de pragas e doenças
Provisão	Relacionado com a matéria-prima utilizada pelo homem, como alimentos, água doce, madeira, fibras e recursos genéticos
Cultural	Relacionado ao turismo ecológico, lazer, espiritualidade, valores estéticos e culturais
Suporte	Relação com os processos naturais necessários para que os outros serviços possam existir, como a formação do solo, ciclagem de nutrientes e outros processos ecológicos

Fonte: MEA (2005).

A próxima categorização faz uma abordagem integradora, relacionando o capital natural, social, construído e humano necessário para produzir esses serviços, proposto por Costanza et al (2017, p. 5):

a) Serviços de provisão ou abastecimento: SE que combinam com capital construído, humano e social para produzir alimentos, madeira, fibra ou outros benefícios de provisionamento. Por exemplo, o peixe entregue às pessoas como alimento requer barcos de pesca (capital construído), pescadores (capital humano) e comunidades de pescadores (capital social);

b) Serviços de regulação: combinam-se com os outros três capitais para produzir controle de inundações, proteção contra tempestades, regulação de água, regulação de doenças humanas, purificação de água, manutenção da qualidade do ar, polinização, controle de pragas e controle climático. Por exemplo, a proteção contra tempestades pelas zonas úmidas costeiras requer infraestrutura, pessoas e comunidades construídas para serem protegidas. Os serviços de regulação, em geral, não são bem percebidos pelos indivíduos;

c) Serviços culturais: combinam-se com capital construído, humano e social para produzir recreação, identidade estética, científica, cultural, religiosa, paisagística, senso de lugar ou outros benefícios "culturais". Por exemplo, um benefício recreativo requer um belo ativo natural (um lago), combinado com a infraestrutura construída (uma estrada, trilha, cais, etc.), capital humano (pessoas capazes de apreciar a experiência do lago) e capital social (família, amigos e instituições que tornam o lago acessível e seguro). Mesmo a 'existência' e outros 'valores de não uso' exigem que as pessoas (capital humano) e suas culturas (capital social e capital construído) sejam valorizadas. A categoria serviços culturais foi a menos desenvolvida, quando foram publicados o MEA (2005) e o TEEB (2010). Desde então, uma avalanche de artigos sobre SE culturais e valores culturais associados foi publicada;

d) Serviços de suporte: descrevem os processos básicos do ecossistema, como formação do solo, produtividade primária, biogeoquímica, ciclagem de nutrientes e provisionamento de habitat. Essas funções do ecossistema contribuem *indiretamente* para o bem-estar humano, contribuindo para sustentação dos processos e funções necessários para a provisão, regulação e serviços culturais.

Costanza e colaboradores (2017, p. 4) agruparam os SE em 17 principais categorias, apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2. Serviços ecossistêmicos, funções ecossistêmicas e exemplos.

Nº	Serviço ecossistêmico	Função ecossistêmica	Exemplos
1	Regulação de gás	Regulação da composição química atmosférica.	Balanco do CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> para proteção UVB, e níveis de SO <sub>x</sub> .
2	Regulação do clima	Regulação da temperatura global, precipitação e outros processos climáticos biologicamente mediados em níveis global ou local.	Regulação de gases de efeito estufa, produção de dimetilsulfeto (DMS) que afeta a formação de nuvens.
3	Regulação de distúrbios	Capacidade de amortecimento e integridade da resposta do ecossistema a flutuações ambientais.	Proteção contra tempestades, controle de enchentes, recuperação de secas e outros aspectos da resposta do habitat à variabilidade ambiental, controlada principalmente pela estrutura da vegetação.
4	Regulação da água	Regulação dos fluxos hidrológicos.	Provisão de água para agricultura (como irrigação), processos industriais (como moagem) ou de transporte.
5	Suprimento de água	Armazenamento e retenção de água.	Provisão de água para bacias hidrográficas, reservatórios e aquíferos.
6	Controle da erosão e retenção sedimentar	Retenção de solo em um ecossistema	Prevenção da perda de solo pela ação do vento, escoamento e outros processos de remoção, armazenamento de palafitas em lagos e zonas úmidas
7	Formação do solo	Processos de formação do solo.	Intemperismo de rochas e acumulação de matéria orgânica.
8	Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e aquisição de nutrientes.	Fixação de nitrogênio, fósforo e outros elementos ou ciclos de nutrientes.
9	Tratamento de resíduos	Recuperação de nutrientes móveis e remoção ou decomposição de excesso de nutrientes xênicos e compostos.	Tratamento de resíduos, controle de poluição, desintoxicação.
10	Polinização	Movimento de gametas florais.	Provisão de polinizadores para a reprodução de populações de plantas.
11	Controle biológico	Regulações trófico-dinâmicas de populações.	Controle dos principais predadores de espécies presa, redução de herbivoria pelos predadores de topo de cadeia.
12	Refúgio	Habitat para populações residentes e transitórias.	Viveiros, habitat para espécies migratórias, habitats regionais para espécies acolhidas

Nº	Serviço ecossistêmico	Função ecossistêmica	Exemplos
			localmente ou por hibernação.
13	Produção de alimentos	A parcela da produção primária bruta extraída como alimento.	Produção de peixes, caça, cultivos, nozes, coleta de frutas, pesca e agricultura de subsistência.
14	Matéria prima	A parcela da produção primária bruta extraída como matéria-prima.	A produção de madeira, combustível ou forrageiras.
15	Recursos genéticos	Fontes de material biológico único e produtos.	Medicamentos, produtos para material científico, genes para resistência das plantas a patógenos e pestes, espécies ornamentais (animais domésticos e variedade de plantas de horticultura).
16	Recreação	Oferta de oportunidades para atividades recreativas.	Ecoturismo, pesca esportiva, e outras atividades recreativas externas.
17	Cultural	Oferta de oportunidades para usos não comerciais.	Valores de ecossistemas estético, artístico, educacional, espiritual, e ou científico.

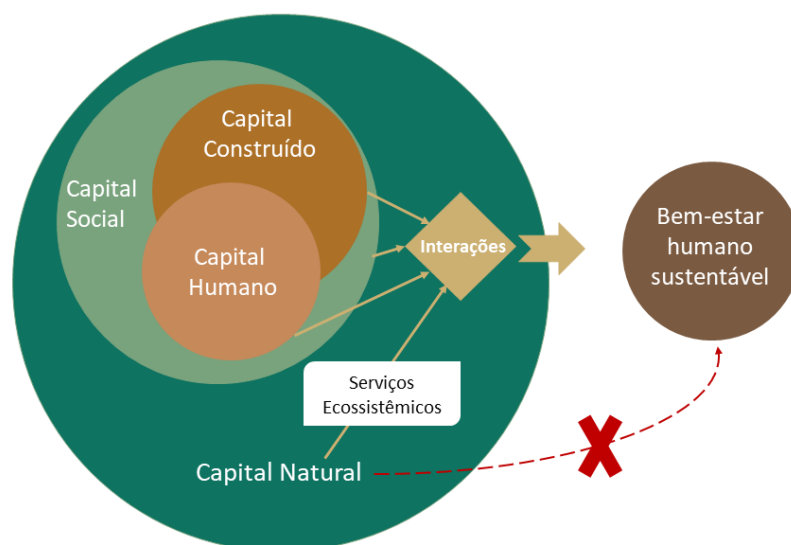
Fonte: Adaptado de Costanza *et al.* (1997).

Os ecossistemas que fornecem os serviços, às vezes, são chamados de "capital natural", usando a definição geral de capital como um estoque que gera um fluxo de serviços ao longo do tempo (COSTANZA; DALY, 1992, p. 3). Para que esses benefícios sejam alcançados, o capital natural (que não requer atividade humana para construir ou manter) deve interagir com outras formas de capital que exigem que a atuação humana construa e mantenha. Estes incluem: (1) capital construído ou fabricado; (2) capital humano; e (3) capital social ou cultural (COSTANZA *et al.*, 2017).

O capital construído e o capital humano (a economia), estão incorporados na sociedade, que está incorporada no restante da natureza. Os SE são a contribuição relativa do capital natural para o bem-estar humano, eles não fluem diretamente. Portanto, é essencial adotar uma perspectiva ampla e transdisciplinar para abordar os SE (COSTANZA *et al.*, 2017, p. 4).

A Figura 1 mostra as interações entre capital construído, social, humano e natural, e como eles atuam sobre o bem-estar humano.

Figura 1. A interação entre capital construído, social, humano e natural afeta o bem-estar humano.



Fonte: Adaptado de Costanza *et al.* (2017, p. 4).

Costanza *et al.* (1997) espacializaram e estimaram o total global dos SE no

planeta, e chegaram ao valor de, pelo menos, US\$ 33 trilhões de dólares em serviços prestados, e concluíram que o estoque de capital natural que produz esses serviços deve ser devidamente mensurado nos processos de tomada de decisão, a fim de não comprometer ainda mais a manutenção das condições mínimas para existência das gerações futuras.

## PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA) NO BRASIL

Os tipos de intervenção adotados nos esquemas de PSA no país estão normalmente associados à restauração florestal e conservação de recursos hídricos, que acabam gerando melhores condições em termos de qualidade e quantidade não só para os cursos d'água, mas também para controle de erosão e conservação do solo.

O

Quadro 3 apresenta os principais esquemas de PSA no país, com breve descrição sobre o tipo de intervenção e o monitoramento realizado (MMA, 2011; TEJEIRO e STANTON, 2014). Observa-se que há predominância de programas nos estados de Minas Gerais (6) e São Paulo (6). Na região sul, os estados de Santa Catarina e Paraná apresentam dois cada, sendo que no Rio Grande do Sul não foram encontrados registros de nenhum programa consolidado. A maior parte dos programas está relacionada aos PSA hídricos, destacando-se o Produtores de Água, presente em vários estados.

Quadro 3. Esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) por município, tipo de intervenção e monitoramento previsto

Programa	Tipo de intervenção	Monitoramento
Conservador de Água - MG (Extrema/MG)	Restauração florestal em APP (matas ciliares) e conservação do solo	Quantidade e qualidade de água segundo o protocolo de monitoramento apoiado pela Agência Nacional de Águas e vistorias periódicas para a efetivação dos pagamentos aos produtores.
Produtor de Água Bacia PCJ-SP (Nazaré Paulista e Joanópolis/SP)	Conservação dos recursos hídricos através de ações de conservação de solo; cercamento de fragmentos florestais e restauração florestal.	Vistoria técnica das atividades realizadas junto aos produtores rurais. Participação da Câmara Técnica Rural do Comitê PCJ.
Produtores de Água e Florestas - Bacia Guandu/RJ (Rio Claro/RJ)	Restauração florestal em Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas interceptoras de água; conservação de florestas e saneamento rural.	Hidrológico (nove parâmetros de qualidade, precipitação, vazão, deflúvio), Ictiofauna, Avifauna, Restauração.
Produtores de Água - Bacia Benevente / ES (Alfredo Chaves/ES)	Conservação florestal para garantir a quantidade e qualidade dos recursos hídricos.	Vistorias periódicas anuais e monitoramento realizado por coleta de dados em estações hidrológicas (turbidez, pH, temperatura e condutividade), e de forma remota, a partir de comparação de imagens de aerolevanteamento.
Produtores de Água - Bacia Guandu/ES (Afonso Cláudio e Brejetuba/ES)	Restauração florestal e conservação de florestas para conservação dos recursos hídricos.	Vistorias periódicas anuais.
Oásis - São Paulo/SP (Região metropolitana de São Paulo)	Conservação florestal visando o armazenamento de água, o controle de erosão e a manutenção e qualidade da água.	Avaliação dos aspectos: vegetação, hidrografia e manejo da propriedade, que influem no cálculo dos valores a serem recebidos pelos proprietários.
Oásis - Apucarana/PR	Restauração florestal para conectividade	Vistoria anual da propriedade rural,



<b>Programa</b>	<b>Tipo de intervenção</b>	<b>Monitoramento</b>
(Apucarana/PR)	entre fragmentos florestais e unidades de conservação.	
Programa de Gestão Ambiental da Região dos Mananciais – SOS Nascentes (Joinville/SC)	Conservação dos recursos hídricos através da recuperação de matas ciliares.	Parcial.
Produtor de Água do Rio Camboriú/SC (Balneário Camboriú e Camboriú/SC)	Conservação dos recursos hídricos através de ações de conservação e restauração florestal e manutenção das estradas.	Em discussão.
Pipiripau/DF, GO (Planaltina de Goiás e Planaltina/DF)	Conservação dos recursos hídricos através de ações de restauração florestal e conservação de solo.	Em preparação. A bacia tem monitoramento hidrológico há mais de 30 anos; acompanhamento das alterações do uso e da cobertura da terra e diversos trabalhos científicos sobre o regime de vazões e questões socioambientais.
Corredores do Vale do Guaratinguetá – BHPS/SP (Guaratinguetá/SP)	Conservação dos recursos hídricos através da redução da erosão dos solos e de projetos de conservação e restauração florestal.	Em definição.
Campo Grande/MS	Conservação dos recursos hídricos através de ações de conservação de solo e restauração florestal, assim como de servidão florestal para Reserva Legal.	Acompanhamento técnico e fiscalização do cumprimento das medidas conservacionistas.
Produtor de Água São Francisco Xavier/SP (São José dos Campos/SP)	Conservação dos recursos hídricos através de ações de conservação de solo, conservação e restauração florestal.	Em discussão.
Entorno RPPN Feliciano Abdala/Corredor Muriqui/MG (Caratinga, Ipanema, Simonésia/SP)	Conservação dos recursos hídricos através de ações de conservação de solo, conservação e restauração florestal.	Em discussão.
Nascentes do Rio Doce - Brás Pires/MG	Planos de sustentabilidade e recuperação das propriedades rurais (40 estão previstos).	Em discussão.
Ribeirão do Boi Sustentável/MG (Caratinga, Entre Folhas e Vargem Alegre/MG)	Restauração florestal para formação de corredores de biodiversidade para restauração dos serviços ambientais de carbono e água. Desenvolvimento e implantação de APL.	Em discussão.
Estrada com Araucárias	Plantio de <i>Araucaria angustifolia</i> nas divisas de propriedades rurais e às margens das estradas federais, estaduais, municipais e particulares, para captura de carbono para a compensação de emissões de gases de efeito estufa de empresas privadas.	O monitoramento do programa encontrava-se a cargo da empresa pagadora do serviço ecossistêmico, a qual contratou um técnico para realizar as vistorias necessárias nas áreas dos beneficiários do projeto.
Desenvolvimento Rural Sustentável na Bacia do Rio Santo Antônio/MG	Restauração florestal para formação de corredores de biodiversidade para restauração dos serviços ambientais de carbono e água.	Em discussão.
Produtores de Água - Bacia do Rio São José/RJ (Mantenópolis e Alto Rio Novo/RJ)	Restauração florestal.	Em discussão.
Consórcio Intermunicipal Lagos São João/RJ (Mantenópolis e Alto Rio Novo/RJ)	Conservação e restauração florestal; adubação verde e práticas de conservação de solos.	Os mecanismos de monitoramento estão sendo desenhados junto com o Programa Rio Rural.
CBH Sorocaba e Médio-Tietê/SP (Ibiúna/SP)	Recuperação de áreas degradadas, conservação de solos, conservação e restauração florestal.	A definir.
Promata Itamonte - Atitude Verde/MG (Itamonte/MG)	Restauração florestal (regeneração natural) e plantio de candeia.	A definir.

Fonte: Adaptado de MMA (2011); Tejeiro e Stanton (2014).

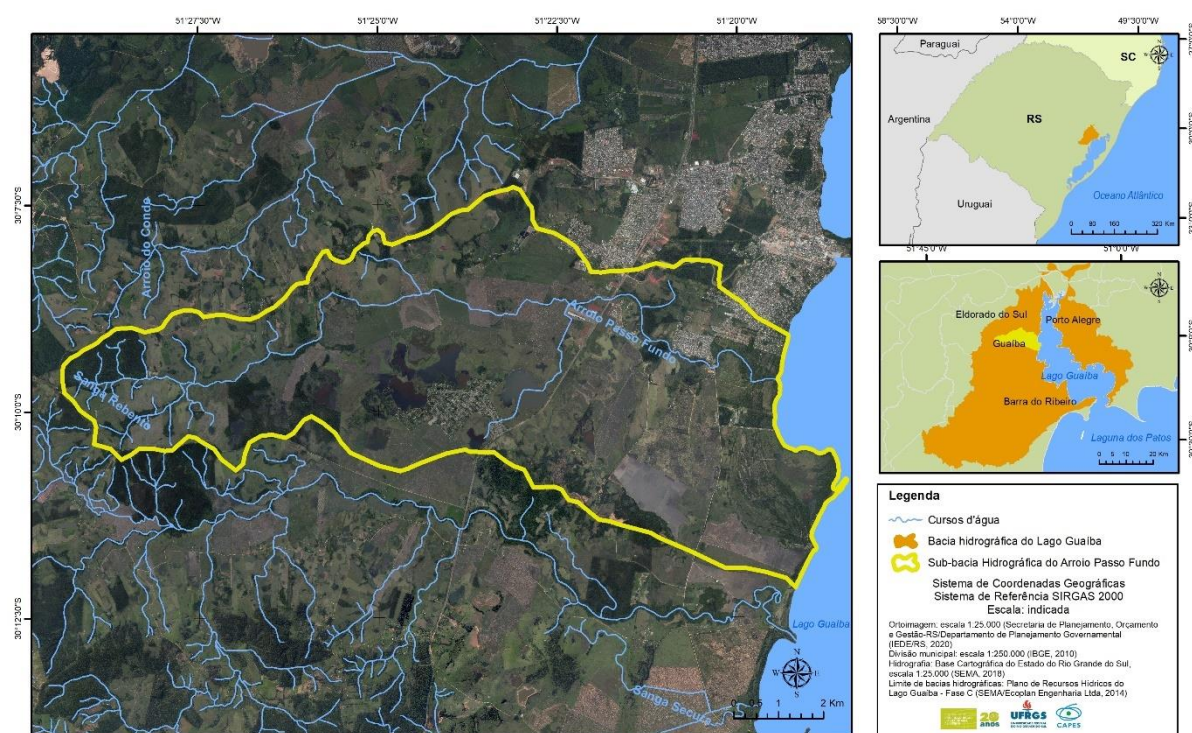
Alguns esquemas de PSA incluem monitoramento sistemático utilizando indicadores quantitativos, como áreas de recomposição florestal, avaliação da quantidade das águas (medição de vazões) e qualidade da água (oxigênio dissolvido, temperatura, pH, etc.), número de projetos de recuperação ambiental, regime de vazões ou protocolos de monitoramento da restauração florestal (MMA, 2011), mas em muitos esquemas as variações espacial e temporal dos serviços não apresentam monitoramento com metodologia definida. Nesses casos, a avaliação do cumprimento dos programas é realizada através de vistorias técnicas observando as atividades realizadas, acompanhamento das alterações do uso e cobertura da terra, fiscalização do cumprimento das medidas conservacionistas auto declaratórias propostas pelos proprietários da terra, medidos na maioria dos programas através da subjetividade da percepção dos técnicos de secretarias ambientais ou instituições equivalentes, que normalmente não apresentam precisão.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

Compreendida entre as coordenadas UTM 6667680 N, 6658728 S, 470354 E e 452812 W, a sub-bacia hidrográfica do Arroio Passo Fundo (SBAPF) está localizada em toda sua extensão no município de Guaíba/RS. Com uma área de aproximadamente 75,74 km<sup>2</sup> (DRH/SEMA, 2016) e inserida na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, limita-se ao norte e noroeste pela bacia do Arroio do Conde, ao sul e sudoeste pela bacia do Arroio Petim, e a leste pelo Lago Guaíba (Figura 2). O curso principal apresenta uma extensão aproximada de 24 km, suas nascentes situam-se a uma altitude aproximada de 119 metros e sua foz é no lago Guaíba (GUERRA et al., 2002). As nascentes e o curso médio do arroio estão inseridos em uma área predominantemente rural, enquanto parte dos cursos médio e inferior tangenciam as áreas urbanas.

Figura 2. Mapa de situação e localização geográfica da SBAPF.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Inserida no Bioma Pampa, a SBAPF, de modo geral, apresenta áreas planas e suavemente onduladas. No seu curso superior predominam terrenos suave ondulado e ondulado, apresentando declividades de 8% e 20%, respectivamente. Nos cursos médio e inferior do APF os terrenos apresentam-se, em sua maioria, planos e suave ondulados com declividades de 3% e 8%, respectivamente. Observam-se, ainda, pequenas áreas fortemente onduladas, onde a declividade é de 45%. Estas áreas representam os pontos mais altos da bacia (GUERRA et al., 2002).

As nascentes estão inseridas numa área predominantemente rural, algumas delas localizadas em terrenos de silvicultura, que ainda oferecem alguma proteção ao corpo hídrico. Em seu curso médio, o APF passa a sofrer com atividades como a agricultura e a pecuária, onde já foram encontradas barragens ilegais e a mata ciliar foi devastada em quase sua totalidade, provocando erosões (GUERRA et al., 2002). Organizações não governamentais (ONGs) como a Associação Amigos do Meio Ambiente (AMA) e União das Associações de Moradores de Guaíba (UAMG) atuam na defesa dos patrimônios natural e cultural da comunidade do município de Guaíba/RS, e buscam promover ações para erradicar o lançamento de efluentes industriais e esgotos sanitários sem tratamento no município de Guaíba. Habitações irregulares e com graves condições de saneamento agravam a situação da foz do APF, aglutinando o problema social ao impacto de devastação da mata ciliar e depósito de resíduos sólidos em massa no local. As comunidades mais afetadas pela poluição do arroio encontram-se na zona sul do município, mais precisamente nos bairros São Jorge, Primavera e São Luís (AMA, 2013).

Ao longo dos últimos anos, o arroio vem sofrendo as consequências dos usos praticados nos limites da sub-bacia hidrográfica. Turbidez e mau odor das águas do arroio e corrosão de eletrodomésticos de moradores próximos ao curso d'água são alguns dos aspectos percebidos pela população diretamente afetada, provavelmente



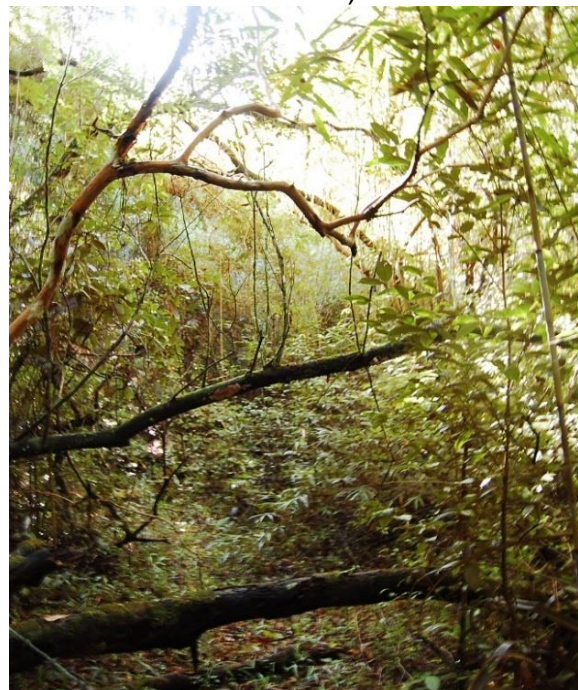
resultantes da intensificação do aporte de agrotóxicos de atividade de agricultura e pecuária, degradação da mata ciliar, despejos industriais lançados sem qualquer tipo de tratamento (conforme relato de moradores locais), lançamento de esgoto de diversos bairros, condições precárias de saneamento, descarte de resíduos de catadores sem orientação e suporte adequado, associados à deficiência de fiscalização por parte dos órgãos ambientais responsáveis (WEBBER, 2019).

Com base nos SE apresentados no Quadro 2, as próximas imagens representam alguns SE e funções existentes na SBAPF. A Figura 3 e Figura 4 mostram área próxima a uma nascente de tributário do APF, onde pode-se associar ao curso d'água os SE de regulação e suprimento da água para consumo humano e dessedentação animal, regulação do clima, ciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos, habitat e refúgio e produção de alimentos, por exemplo.

Figura 3 - Área de nascente  
(Coordenadas UTM: 453214 6663821)



Figura 4 - Vegetação junto à área de nascente (Coordenadas UTM: 453215 6663772).



Fonte: arquivo dos autores (2018).

A Figura 5 mostra trechos do mesmo APF inserido em área antropizada, com os SE e suas funções comprometidos. Neste trecho ocorrem problemas críticos relacionados à qualidade da água relatados por moradores locais, como forte odor e cor da água turva, um reflexo provável de atividade industrial irregular a montante.

As áreas de formação florestal (Figura 6) fornecem diversos serviços ecossistêmicos, que tem como função ecossistêmica a regulação da composição química atmosférica (SE de regulação de gases atmosféricos), regulação da temperatura global, precipitação e outros processos climáticos biologicamente mediados em níveis global ou local (SE de regulação do clima), retenção de solo em um ecossistema (SE Controle da erosão e retenção sedimentar), dentre outros apresentados no Quadro 2.

Figura 5 - Trecho do APF junto à rua Adão Foques (Guaíba/RS) (Coordenadas UTM:22s 4673890 6663639S).



Figura 6 - Área Úmida Natural não Florestal em primeiro plano e Formação florestal natural ao fundo (Coordenadas UTM:22s 453380 6663334).



Fonte: arquivo dos autores (2018).

A sub-bacia também apresenta manchas de Área Úmida Natural não Florestal, definidas como banhados, responsável por diversos SE relacionados à regulação do clima, de distúrbios naturais e da água, tratamento de resíduos, habitat e refúgio de espécies locais, provisão de alimentos e matéria prima.

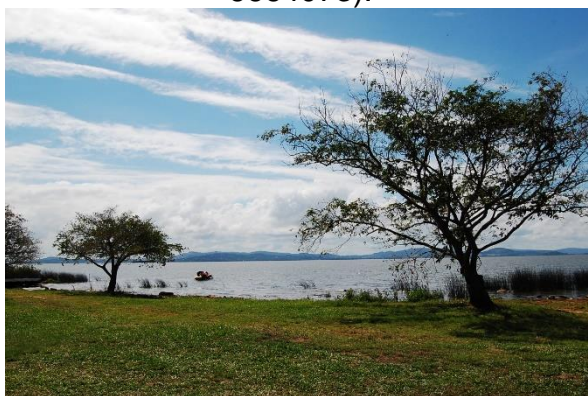
A SBAPF conta também com presença acentuada de Florestas Plantadas (Figura 7), caracterizadas por espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (eucalipto). As Florestas Plantadas também fornecem os SE de regulação - gases de efeito estufa, regulação do clima e de distúrbios, controle da erosão e retenção sedimentar e polinização - além dos serviços de produção de alimentos, matéria prima e recursos genéticos, relacionados aos SE de provisão.

Os SE podem ser percebidos na sub-bacia através dos serviços culturais, pois tanto moradores quanto visitantes frequentam e usufruem dos serviços de recreação, turismo, atividades culturais e observação da paisagem na área denominada Balneário Florida (Guaíba/RS) junto à orla do Lago Guaíba (Figura 8).

Figura 7 - Floresta plantada (eucalipto) (Coordenadas UTM:22s 453326 6663854).



Figura 8 - Balneário Florida (Guaíba/RS) (Coordenadas UTM:22s 468954 6664073).



Fonte: arquivo dos autores (2018).

## MAPEAMENTO DA EVOLUÇÃO DOS USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - MapBiomás é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação, que gera uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil










produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens de satélites da série Landsat com resolução de 30 metros Este projeto tem como propósito contribuir para o entendimento da dinâmica do uso do solo no Brasil e em outros países tropicais tendo como base o desenvolvimento e implementação de uma metodologia rápida, confiável e de baixo custo para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo do Brasil a partir de 1985 até os dias atuais (e posterior atualização anual) (MAPBIOMAS, 2020).

Os dados utilizados no mapeamento da SBAPF correspondem à Coleção 4.1 do MapBiomas, disponibilizada a partir de 20 de março de 2020, que revisa os últimos 34 anos (1985 a 2018) dos mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. Nesta coleção já foi utilizado o novo limite dos biomas em escala 1:250.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O acesso e o download da base de dados de cobertura e uso do solo no formato matricial (pixel de 30x30m) foram realizados através da plataforma *Google Earth Engine*, sendo o recorte territorial correspondente ao município de Guaíba/RS. Os dados foram transformados para formato vetorial no software Arcgis 10.5 e recortados conforme os limites da SBAPF. Para cada ano do período 1985 a 2018 foram calculadas as áreas em hectares, e agrupadas segundo a classificação do MapBiomas (Quadro 4), mantidas as cores estabelecidas pelo mesmo projeto.

O Quadro 4 a seguir apresenta a legenda para as figuras apresentadas na sequência, que correspondem ao uso e ocupação do solo na SBAPF nos anos de 1985 a 2018<sup>3</sup>. Ressalta-se que sub-bacia se encontra inteiramente inserida no Bioma Pampa.

Quadro 4. Legenda do Projeto MapBiomas para os tipos de uso e ocupação existentes na SBAPF.

Cores da legenda	MapBiomas Coleção 4	Descrição
	Floresta Natural (Formação Florestal)	Vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com dossel contínuo. Inclui as tipologias florestais: ombrófila, decidual e semidecidual e parte das formações pioneiras.
	Floresta Plantada	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. eucalipto, pinus, araucária)
	Área Úmida Natural não Florestal	Banhados (influência fluvial ou lagunar) e marismas (influência marinha).
	Formação Campestre (Campo)	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo ou de estrato herbáceo lenhoso. Em especial nos biomas Pampa, uma parte da área classificada como Formação Campestre inclui também áreas pastejadas.
	Cultura Anual e Perene (agricultura)	Áreas predominantemente ocupadas com cultivos anuais e, em algumas regiões com a presença de cultivos perenes.
	Infraestrutura Urbana	Áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções.
	Rio, Lago e Oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água

Fonte: Projeto MapBiomas (2020).

## MATRIZ DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

As categorias existentes na SBAPF foram relacionadas com os SE apresentados por Costanza et al (2017) e De Groot et al (2010). Os serviços de suporte não foram considerados nesta análise porque já estão contabilizados nos

<sup>3</sup> Nesta análise foram desconsiderados os dados das categorias 'não observado' e 'outra área não vegetada', presentes no mapeamento. O primeiro pela indefinição do objeto e pela falta de descrição correspondente para os serviços ecossistêmicos, e o segundo por preencher poucos anos da série.

demais serviços. Foram selecionados 17 serviços nas categorias regulação, provisão e culturais, conforme apresentado no Quadro 5 a seguir.

Cada categoria do Projeto MapBiomas pode ser associada a vários serviços ecossistêmicos, o que permite uma adequação de cada área ao objetivo que se quer atingir com o monitoramento do uso do solo. A análise apresentada neste estudo utilizou como referência apenas o cruzamento dos SE e das categorias do Projeto MapBiomas marcados com 'x' no Quadro 5.

Quadro 5. Matriz de SE relacionados aos usos e ocupação do solo na SBAPF.

MapBiomas Coleção 4 (v 4.1)	Serviços ecossistêmicos																				
	Serviços de regulação	Regulação de gases atmosféricos	Regulação do clima	Regulação de distúrbios	Regulação da água	Suprimento de água	Controle da erosão e retenção sedimentar	Formação do solo	Ciclagem de nutrientes	Tratamento de resíduos	Polinização	Controle biológico	Habitat/Refúgio	Serviços de provisão	Produção de alimentos	Matéria prima	Recursos genéticos	Serviços culturais	Recreação e turismo	Cultural e paisagem estética	
Formação Florestal (Floresta natural)					x	x	x														
Floresta Plantada	x															x					
Área Úmida Natural não Florestal					x	x							x								
Formação Campestre	x						x														
Cultura Anual e Perene															x						
Infraestrutura Urbana																					
Rio, Lago e Oceano			x		x	x							x							x	

Fonte: Elaborado pelos autores. As células marcadas com sombreado correspondem às associações propostas por Costanza et al (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 9 apresenta o mapeamento de uso e cobertura do solo a partir do ano 1985 até 2018, representados espacialmente em intervalos de cinco anos, e para o último ano disponibilizado pelo Projeto MapBiomas.

Pode-se perceber o predomínio da categoria Cultura Anual e Perene em todos os anos, conforme legenda apresentada no Quadro 4. A Formação Campestre é a segunda de maior ocorrência, seguida de Floresta Natural (Formação Florestal).

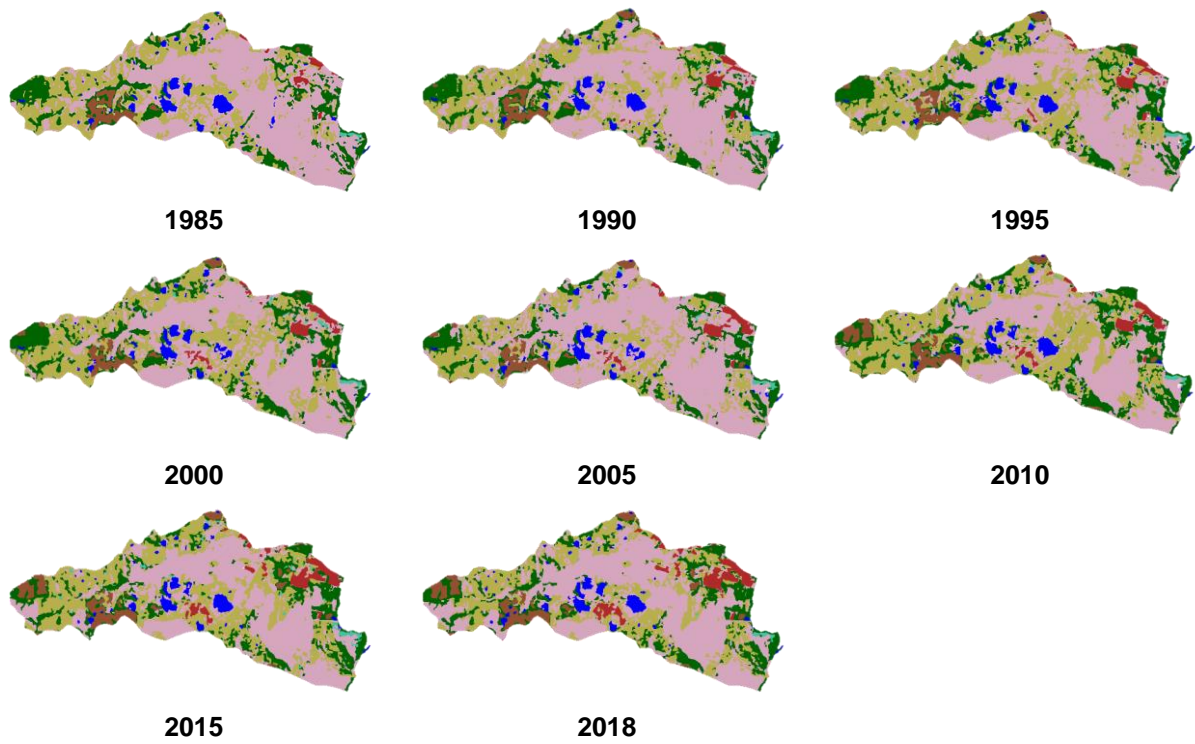
Através da análise do gráfico (Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Figura 10) pode-se observar de forma mais evidente as oscilações das formas de uso e ocupação do solo na SBAPF.

A variação entre o período que compreende o início da série (1985 a 2018) resultou em um aumento de 74,71% na categoria Floresta Plantada, seguido de 21,30% na categoria Área Úmida Natural não Florestal. Em relação aos corpos hídricos (Rios e Lagos), o aumento foi de 4,39% e a Formação Florestal natural mostrou aumento de 4,55%. A categoria Cultura Anual e Perene teve decréscimo de -11,73%. A variação mais expressiva no período foi a Infraestrutura Urbana, com

aumento de 375,24%.

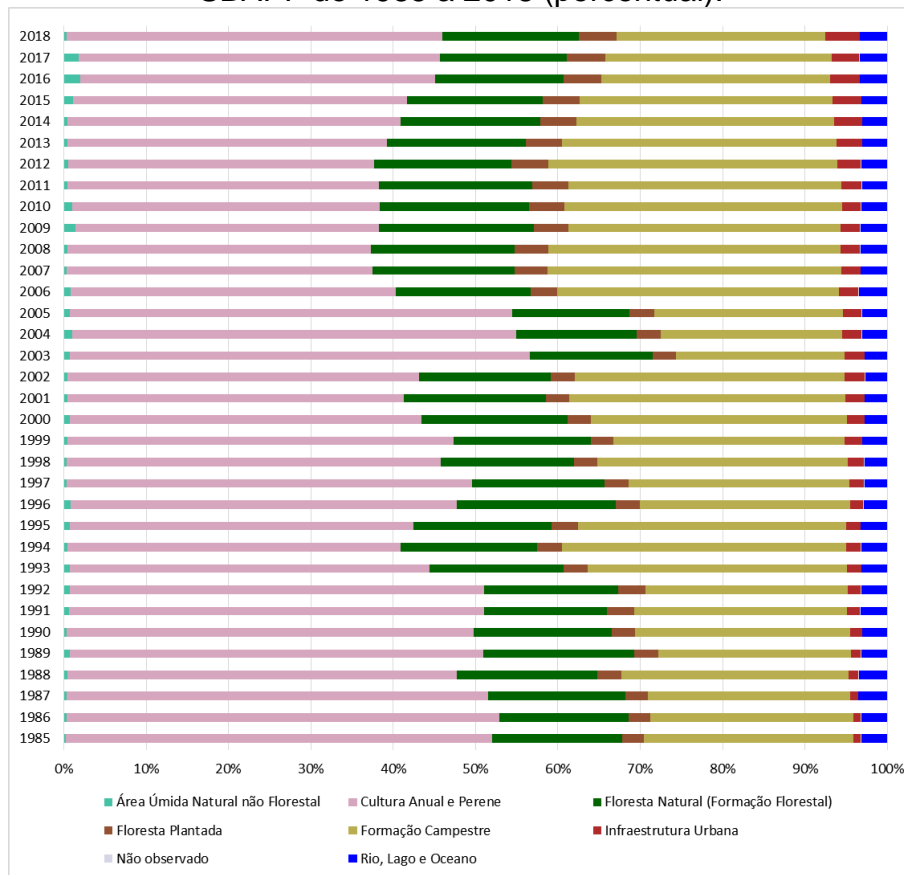
Figura 9. Mapeamento de uso e cobertura do solo do Projeto MapBiomias (1985 a 2018).



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



Figura 10. Gráfico da evolução do uso e cobertura do solo segundo o MapBiomias na SBAPF de 1985 a 2018 (percentual).



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Considerando as variações ocorridas no decênio 1985-1995, a categoria Área Úmida Natural não Florestal teve expressivo aumento de 195,94%, seguido da Infraestrutura Urbana (92,88%), Formação Campestre (28,33%) e Floresta Plantada (19,34%). As culturas anuais e perenes tiveram decréscimo de -19,49% no período.

O decênio 1995-2005 foi o período de maior queda em várias categorias, como Formação Campestre (-29,90%), Floresta Plantada (-4,63%) e Rios e lagos (-3,53%), sendo que a categoria Floresta Natural (Formação Florestal) teve queda de -15,12%. Os saldos positivos ficaram por conta da Infraestrutura Urbana, que aumentou 33,42% no período, sendo o maior destaque a categoria Cultura Anual e Perene (28,79%), com aumento evidente nos anos de 2003 a 2005 onde observa-se a pressão sobre a Formação Campestre.

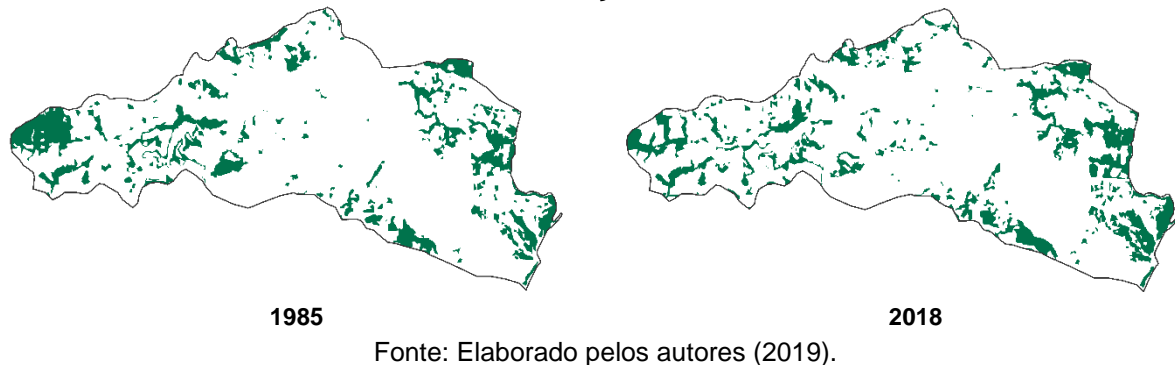
No último decênio analisado (2005 a 2015), percebe-se aumento na maior parte das categorias: Área Úmida Natural não Florestal (50,69%), Floresta Plantada (49,25%), Formação Campestre (34,19%) e Formação Florestal (15,71%), destacando-se novamente o aumento da Infraestrutura Urbana (55,28%). Nesse período a área da Cultura Anual e Perene diminuiu (-24,54%), retomando o crescimento após 2015.

Essas alterações são a base para o acompanhamento e evolução dos SE na sub-bacia e permitem a correlação das categorias de uso e ocupação do solo do MapBiomias com os serviços ecossistêmicos.

Os exemplos apresentados a seguir mostram como os serviços podem ser monitorados no âmbito da SBAPF. Na Figura 11 os SE de regulação e suprimento de água, regulação de gases, controle da erosão e retenção sedimentar estão

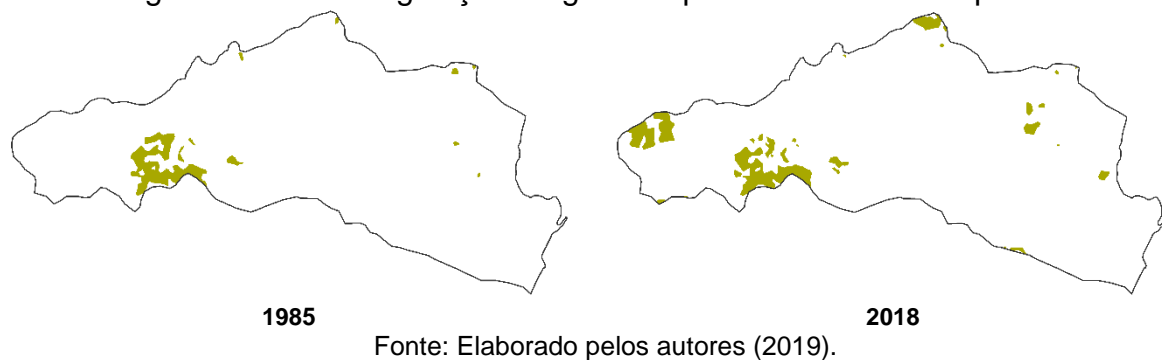
associados à categoria Formação Florestal (Floresta natural). Considerando-se o intervalo de 1985 a 2018, esses serviços tiveram ganho de área de 0,042 km<sup>2</sup> (4,22ha), sendo mais perceptível o aumento na porção sudeste da sub-bacia. Na porção oeste houve diminuição desse serviço, que está relacionada à troca por outro tipo, neste caso a regulação de gases e a provisão de matéria prima, como pode-se constatar na Figura 12

Figura 11. SE de regulação e suprimento de água, regulação de gases, controle da erosão e retenção sedimentar.



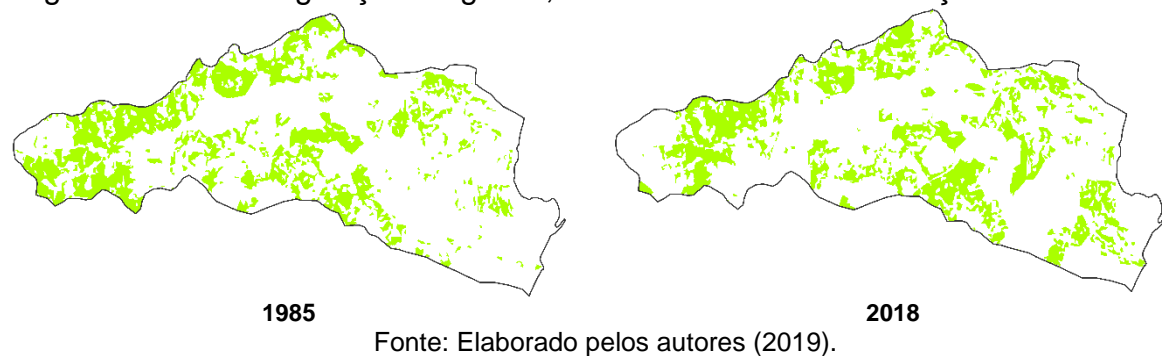
Os SE mapeados na Figura 12 tiveram aumento em área de 1,49 km<sup>2</sup> (149,14ha), reflexo do aumento da silvicultura nessa área. Esses serviços podem ser avaliados em termos de mercados de créditos de carbono.

Figura 12. SE de regulação de gases e provisão de matéria-prima.



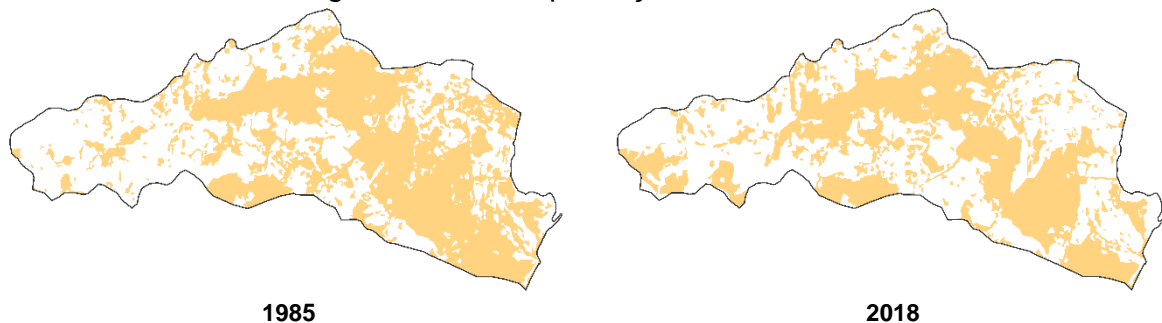
Os serviços de regulação de gases, controle da erosão e retenção sedimentar (Figura 13) tiveram perda área de 0,066km<sup>2</sup> (6,63ha). Estes serviços podem ser associados ao estrato herbáceo ou de estrato herbáceo lenhoso, e pode incluir também manchas com estrato arbustivo-herbáceo desenvolvido, mas na SBAPF o que se observa é a predominância de áreas pastejadas.

Figura 13. SE de regulação de gases, controle da erosão e retenção sedimentar.



Predominante na SBAPF, os serviços ecossistêmicos de produção de alimentos, apresentados na Figura 14, ocupavam área de 39,19 km<sup>2</sup> (3.919,30ha) em 1985, passando para 34,59km<sup>2</sup> (3459,40ha) em 2018, uma redução de 4,59km<sup>2</sup> (459,90ha). Esse serviço de provisão envolve aspectos voltados ao desenvolvimento da economia e ao abastecimento da população.

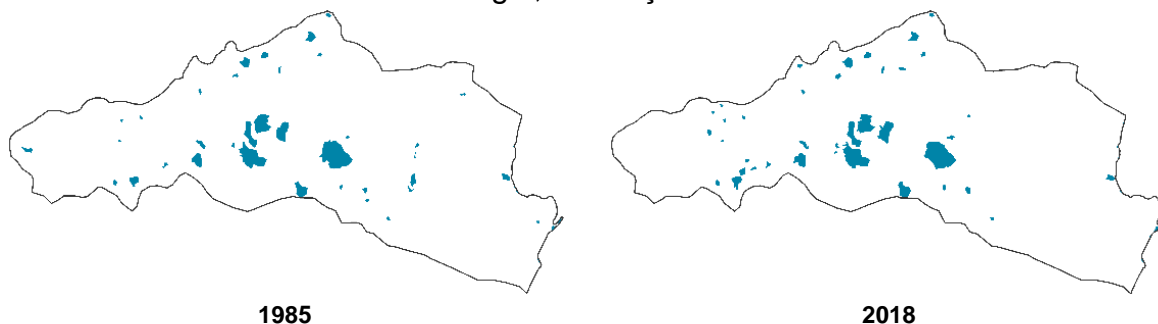
Figura 14. SE de produção de alimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Por fim, a Figura 15 traz a espacialização dos SE relacionados à regulação do clima, regulação e suprimento de água, habitat/refúgio, recreação e turismo. Este serviço mostrou aumento de 0,10 km<sup>2</sup> (10,53 ha) no período compreendido entre 1985 e 2018, totalizando 2,50km<sup>2</sup> (250,32 ha) no último ano.

Figura 15. SE de regulação do clima, regulação e suprimento de água, habitat/refúgio, recreação e turismo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A análise sobre este serviço requer maior aprofundamento e outros parâmetros de verificação, pois as alterações nas áreas mapeadas da categoria rios e lagos pode receber influência de diversas outras condicionantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As categorias de uso e ocupação do solo disponibilizadas pelo MapBiomass mostraram-se adequadas para a associação com os serviços ecossistêmicos, e poderiam ser utilizadas como monitoramento para uma escala local. Além disso, os dados disponíveis para o período compreendido (1985 a 2018) servem como suporte para a elaboração de cenários futuros e previsões quanto à evolução dos serviços na SBAPF.

O mapeamento apresentado na forma de serviço ecossistêmico - e não somente como uso e ocupação do solo, ainda que corresponda a uma mesma área - deve ser explorado de forma a criar uma nova relação com a sub-bacia, observando

não apenas o 'uso', mas percebendo as funções e serviços oferecidos pela natureza.

A identificação, a avaliação e o monitoramento dos serviços ecossistêmicos possibilitariam a formulação de políticas públicas e serviriam de apoio às partes interessadas (*stakeholders*), como o comitê de bacia e as associações, em relação ao planejamento do território, auxiliando na tomada de decisão quanto à valorização e conservação dos ecossistemas, com vistas a promover a implementação de boas práticas e incentivos à preservação dos ecossistemas existentes. Através deste monitoramento também seria possível propor a alteração do uso do solo de uma propriedade, compondo um indicador para diversos esquemas de PSA.

**Agradecimentos:** O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

AMA. Amigos do Meio Ambiente. **Programa de Monitoramento da Qualidade da Água do Arroio Passo Fundo, Guaíba - RS**. Guaíba, 2013. Disponível em: <https://amaguaiba.org/arroio-passo-fundo/>. Acesso em: 2 mar. 2020.

BAGSTAD, K. J. et al. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. **Ecosystem Services**, v. 5, p. 27-39, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.004>. Acesso em: 2 mar. 2020.

BAGSTAD, K. J.; SEMMENS, D. J.; WINTHROP, R. Comparing approaches to spatially explicit ecosystem service modeling: A case study from the San Pedro River, Arizona. **Ecosystem Services**, v. 5, p. 40-50, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.007>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CABRAL, P. et al. Assessing the impact of land-cover changes on ecosystem services: A first step toward integrative planning in Bordeaux, France. **Ecosystem Services**, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.08.005>. Acesso em: 12 jan. 2020.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387, 253–260.1997. <https://doi.org/10.1038/387253a0>. Acesso em: 20 jan. 2020.

COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1–16, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041617304060>. Acesso em: 2 mar. 2020.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, v. 6, n. 1, p. 37-46, 1992.

DAILY, G. et al. The Value of Nature and the Nature of Value. **Science**, v. 289, p. 395-396, 2000. DOI: 10.1126/science.289.5478.395. Acesso em: 20 jan. 2020.

DAILY, G. **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Island Pre ed. Washington D.C. 1997.

DE GROOT, R. S. et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260-272, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>. Acesso em: 22 mar. 2020.

DE GROOT, R. S. et al. A typology for the classification description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7). Acesso em: 22 mar. 2020.

DE LIMA, A.S. et al. Ecosystem-based information as a support tool to the integrated coastal management of the Santa Catarina Island, Brazil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 20–35, 2018. DOI: 10.5380/dma.v44i0.54947. Acesso em: 03 mar. 2020.

DELEVATI, D. M. et al. Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na sub-bacia do Arroio Andréas - bacia hidrográfica do Rio Pardo - RS - Brasil. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais [...]**. Bento Gonçalves/RS, 2013.

DRH/SEMA. Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**. Relatório Final Síntese e SIG - Revisão 01. 2016. Disponível em: [http://comitedolagoquaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio\\_Final\\_Sintese\\_Rev01\\_completo-comp.pdf](http://comitedolagoquaiba.com.br/wp-content/uploads/2017/08/Relat%C3%B3rio_Final_Sintese_Rev01_completo-comp.pdf). Acesso em: 01 fev 2019.

GUERRA, T. et al. **Diagnóstico Ambiental da bacia hidrográfica do arroio Passo Fundo**, município de Guaíba, RS. Relatório Técnico. Porto Alegre, p. 111, 2002.

LEITÃO, L. C. R.; SANTOS, J. G. dos; ARAGÃO, M. A. de S. Mapeamento e Avaliação de Serviços dos Ecossistemas do sitio de Importância Comunitária “Dunas De Mira, Gândara e Gafanhas”. IV Simpósio Brasileiro de Geomática - II Jornadas Lusófonas - Ciências e tecnologias de Informação Geográfica. Presidente Prudente-SP: [s. n.], **Anais [...]**. 2017. <https://doi.org/10.22533/at.ed.1111928036>. Acesso em: 01 fev 2019.

MAES, J. et al. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 31-39, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>. Acesso em: 10 fev 2019.

MAES, J. et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 14-23, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300504?via%3Dihub#t0005>. Acesso em: 9 abr. 2019.

MARTINEZ-HARMS, M. J. et al. Scenarios for land use and ecosystem services

under global change. **Ecosystem Services**, v. 25, p. 56–68, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616302376>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington, DC. 2005.

MMA. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília. 2011.

OLIVEIRA, R.; FONSECA, D.; SPIERING, V. Cobertura e uso da terra como subsídio ao programa de Pagamento por Serviços Ambientais em Pelotas (Rio Grande do Sul). In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Geografia Física e as mudanças globais. **Anais [...]**. Fortaleza: UFC, 2019.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil**. São Paulo: São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. 2013.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **América Latina e o Caribe: Uma Superpotência de Biodiversidade**. Nova York/Brasília, 2010, p. 4. Disponível em: [https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/biodiversity/Latin-America-and-the-Caribbean---A-Biodiversity-Superpower--Policy\\_Brief\\_SPANISH.pdf](https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/biodiversity/Latin-America-and-the-Caribbean---A-Biodiversity-Superpower--Policy_Brief_SPANISH.pdf). Acesso em: 12 Jan 2019.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 4.1 (1985-2018) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>. Acesso em: 01 mar 2020.

TEEB. **Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB Earthscan**. London and Washington, 2010.

TEJEIRO, G.; STANTON, M. **Sistemas Estaduais de Pagamento por Serviços Ambientais: Diagnóstico, lições aprendidas e desafios para a futura legislação**. Paula Lavratti (org.) São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2014; 157p.

WEBBER, J. R. Com água preta e odor forte, arroio em Guaíba preocupa moradores. **Gaúcha ZH**, Porto Alegre, 10 de jan. 2019. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2019/01/com-agua-preta-e-odor-forte-arroio-em-guaiba-preocupa-moradores-cjqr3134s00e901uk7w2llmqy.html>. Acesso em: 20 jan 2020.

WESTMAN, W. E. How much are nature's services worth? Measuring the social benefits of ecosystem functioning is both controversial and illuminating. **Science**, v. 197, n. 4307, p. 960-964, 1977. DOI:10.1126/science.197.4307.960. Acesso em: 23 out 2019.