

MENSURAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSOS D'ÁGUA

Talita Gomes da Costa ¹; Nathan Felipe Morais de Sousa ²; Francielle Louise Jesus de Paula ³; Kharen Luiza Félix Santos Lemos ⁴; Ludimilla Portela Zambaldi Lima ⁵;

1 Talita Gomes da Costa, Licenciatura em Ciências Biológicas, IFMG Campus Bambuí, Bambuí- MG; talitadacosta18@gmail.com

2 Nathan Felipe Morais de Sousa, Licenciatura em Ciências Biológicas, IFMG Campus Bambuí, Bambuí- MG;

3 Francielle Louise Jesus de Paula, Licenciatura em Ciências Biológicas, IFMG Campus Bambuí, Bambuí- MG;

4 Kharen Luiza Félix Santos Lemos, Licenciatura em Ciências Biológicas, IFMG Campus Bambuí, Bambuí- MG;

5 Ludimilla Portela Zambaldi Lima: Docente Pesquisadora do IFMG, Campus Bambuí; ludimilla.zambaldi@ifmg.edu.br

Área de conhecimento conforme tabela do CNPq: Ecologia Aplicada.

RESUMO

Áreas de Preservação Permanente exercem funções ecossistêmicas essenciais para o desenvolvimento e oferta ao ser humano, através da manutenção dos ciclos ecológicos, econômicos e socioeconômicos a partir da oferta de funções de suporte, regulação, provisão e cultural. Objetivando avaliar a capacidade de oferta de Serviços Ecossistêmicos pelas APPs e a importância da preservação dessas áreas, foi criada uma escala de pesos para atribuir valores de “1” a “5” aos serviços de APPs de cursos d’água, permitindo uma observação e diferenciação dos serviços no ecossistema ripário aos demais ecossistemas. Foi mensurada e mapeada a degradação das APPs para a bacia do rio Doce, e avaliada as consequências desta degradação para a fauna, a flora, a sociedade, incluindo os produtores regionais, pela potencial perda de serviços ecossistêmicos. Em um Sistema de Informações Geográficas foram sobrepostos e analisados dados sobre o uso e cobertura do solo, cursos d’água e propriedades rurais, posteriormente realizando uma associação aos serviços ecossistêmicos. APPs constituem uma importante área de transição entre o ambiente aquático e terrestre e por isso oferta serviços ecossistêmicos diferenciados e fundamentais à manutenção de recursos, como oferta de água em qualidade e quantidade adequadas à população. Relacionou-se o uso inadequado do solo de APPs da bacia do rio Doce à perda de Serviços Ecossistêmicos juntamente aos impactos ecológicos, econômicos e sociais. Foi analisada a relevância das APPs à recuperação de regiões degradadas como as impactadas pelo rompimento da barragem do Fundão, em Mariana, uma vez que a maior parte das APPs da bacia não oferta os serviços ecossistêmicos de maneira eficiente. Ademais, a fim de promover a extensão dos dados obtidos e a conscientização da comunidade sobre a importância dos cuidados para com as APPs, o projeto de pesquisa visa, além da produção de artigos, também a confecção de uma cartilha informativa com explicações e conceitos ecológicos, a qual será disponibilizada por meio de um site contextualizado.

Palavras-chave: funções ecossistêmicas, ciclos ecológicos, regiões degradadas.

INTRODUÇÃO:

A demanda por recursos naturais e a satisfação dos padrões crescentes da vida humana, tem se ampliado consideravelmente nas últimas décadas. O aumento da utilização da matéria-prima está relacionado ao ritmo de degradação do capital natural, apresentando uma preocupante geração de resíduos como também a interferência nos processos ecossistêmicos da Terra (RESENDE et al., 2014). Diversas áreas são afetadas, dentre elas podemos citar as vegetações ripárias também conhecidas como matas ciliares. Trata-se de um tipo de vegetação caracterizado como cobertura vegetal nativa situada às margens de rios, no entorno de nascentes, lagos e represas artificiais e naturais. Este tipo de vegetação oferece inúmeros e inestimáveis serviços à população e à produção agropecuária, também sendo crucial para a manutenção e preservação dos corpos d’água. As florestas ripárias possuem seu direito de proteção regido por lei (Lei Nº 12.651 de Maio de 2012), sendo considerada uma Área de Preservação Permanente (APP).

Vegetações ripárias exercem funções ecossistêmicas essenciais através da contribuição nos ciclos ecológicos e na filtração de matéria orgânica que seriam despejadas no curso d’água. Essas podem atuar como corredores ecológicos, propiciando o deslocamento e a continuidade do fluxo gênico da fauna e flora, possibilitando a manutenção de espécies e a variabilidade genética entre populações, além de fornecer habitat para grande quantidade de espécies, como aves, insetos, mamíferos e répteis. Além disso, proporcionam a preservação e conservação dos mananciais hídricos, os quais desempenham importante função social e ecológica por meio do abastecimento público, uso industrial, irrigação, preservação da biodiversidade, manutenção do equilíbrio ecológico e pesca para comunidades ribeirinhas, caracterizando assim alguns dos mais importantes serviços ecológicos ofertados ao ser humano (AVILA et al., 2011).

Na última década, pesquisas foram realizadas para desenvolver metodologias para avaliar os benefícios econômicos que a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos poderiam estar associados (CHRISTIE E RAYMENT, 2012). Quantificar e mapear serviços ecossistêmicos tornou-se uma ferramenta útil para processos decisórios e complexos envolvendo atividades humanas e questões de equilíbrio ambiental. Houve um crescente interesse em integrar essa ferramenta, mesmo que não contenha um método único, para considerar a melhor forma de avaliar e processar os dados dos serviços e a sua importância.

Muitos estudos avaliam os impactos das alterações antrópicas na redução ou eliminação da oferta de serviços ecossistêmicos. Uma abordagem específica para APPs de cursos d'água é necessária, uma vez que os serviços ofertados estão relacionados ao fornecimento de água e à manutenção deste em quantidade e qualidade, especialmente importante para abastecimento dos municípios e das atividades agrícolas. Diante disso, observa-se que a retirada da vegetação decorrente da ação antrópica em área de mata ciliar é um dos determinantes principais da degradação ambiental, sendo um estágio preocupante para a estabilidade dos ecossistemas (SPETH et al., 2020).

A dependência da população humana aos serviços ofertados pelas APPs de cursos d'água justifica a necessidade de análises e ferramentas de gestão destes serviços. Desse modo, é de extrema importância o mapeamento e a avaliação da preservação dos serviços ecossistêmicos de zonas ripárias, pois o uso incorreto desses serviços pode acarretar malefícios como problemas ambientais graves, que atinge não só os recursos naturais, mas se torna consequência para toda a população gerando desigualdades sociais (MUNK, 2015).

O projeto de pesquisa tem como objetivo analisar os serviços ecossistêmicos oferecidos por Áreas de Proteção Permanente (APPs) de cursos d'água, contextualizando-os na bacia do rio Doce para verificar as porções atualmente protegidas e as perdas de SEs decorrentes da ausência de proteção ou por uso e ocupação do solo e identificar também formas de utilizar a capacidade natural de oferta de serviços para a recuperação de áreas degradadas pelo rompimento da barragem de rejeitos. Visa confeccionar produtos técnicos para a conscientização da comunidade acerca da antropização em APPs e gerar dados por meio da identificação e quantificação de SEs úteis, associando a importância das APPs de cursos d'água na preservação de tais serviços e o auxílio dos mesmos para programas de recuperação de áreas degradadas.

METODOLOGIA

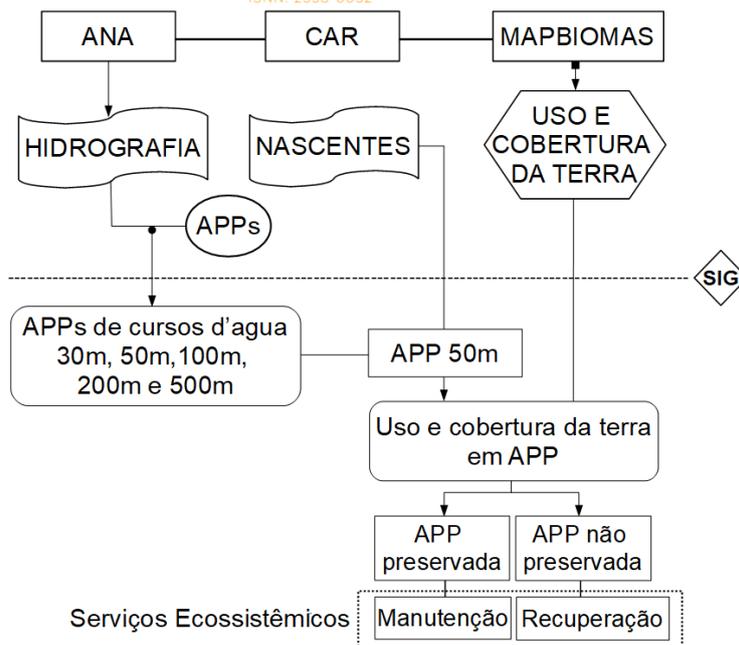
Serviços ecossistêmicos como Formação e Proteção do Solo, Regulação e Ciclagem de Nutrientes, Oferta de Água, Regulação de Erosão, Regulação de Água, Prevenção de Distúrbios Ambientais, Polinização, Controle Biológico, Função de Refúgio, Habitat e Biodiversidade, Dispersão e Corredor Ecológico, Conservação e Produção de Recursos Genéticos e Beleza Estética e Cênica estão intimamente associados aos ecossistemas ripários, assim como suas capacidades de oferta estão associadas à qualidade de tais ambientes. Apesar de protegidas por lei (BRASIL, 2012), muitas APPs foram alteradas para outros usos do solo, como pastagens, culturas e implantação de estruturas antrópicas. Estas alterações, e a consequente perda de SEs, foram avaliadas para a bacia do rio Doce, caracterizada por estar inserida na região sudeste e ser a mais populosa do país, com elevados índices de antropização (IBGE, 2020).

Em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi gerado um banco de dados com informações espaciais das APPs de cursos d'água da bacia do rio Doce. O mapeamento de APPs, disponibilizadas pelo CAR (CAR, 2020), foi sobreposto aos dados de hidrografia (shapefiles), possibilitando a delimitação das APPs nas propriedades cadastradas no sistema, nos limites da bacia do rio Doce.

Para APPs não mapeadas pelos proprietários rurais dentro da bacia foram utilizados os dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) para mapeamento dos cursos d'água e realizada uma extrapolação dos dados, baseados nas propriedades rurais com delimitação de APPs mais próximas. Assim, obteve-se uma média de largura das APPs dessas áreas, a qual foi utilizada para os cursos d'água não mapeados pelo CAR.

As delimitações de APPs de cursos d'água e de nascentes foram sobrepostas ao mapeamento de uso e ocupação da terra e quantificadas para a bacia do rio Doce. A classificação dos usos e ocupações da terra gerada pela plataforma do MapBiomas (MAPBIOMAS, 2016), foi reclassificada em áreas naturais (preservadas) e não preservadas, sendo estas: pastagem; cultura anual e perene; cultura semi-perene; mosaico de agricultura e pastagem; infraestrutura urbana; mineração (Figura 1). A distribuição espacial e quantificação da preservação dos SEs nas APPs de cursos d'água foram avaliadas através de mapas e graficamente.

Figura 1. Fluxograma da metodologia empregada para mapeamento e quantificação do uso e ocupação da terra nas APPs de cursos d'água da bacia do rio Doce



Fonte: Autores (2020)

Apesar de todas as áreas naturais oferecerem SEs, as APPs de cursos d'água apresentam importância diferente à manutenção das atividades e qualidade da vida humana, uma vez que conferem serviços de maneira mais eficiente e precisa, por exemplo, a oferta de água em quantidade e qualidade para a manutenção do abastecimento doméstico, industrial e agropecuário. Baseado nesta diferença, os SEs das APPs de cursos d'água foram avaliados de maneira isolada, atribuindo pesos de acordo com a capacidade de oferta de determinado serviço.

A partir da compilação dos SEs categorizados em serviços de provisões, regulações, suportes e culturais, foram analisados e atribuídos valores de capacidade de oferta de SEs (1 a 5) para cada serviço ofertado por APPs de curso d'água, utilizando a escala adaptada de Soheli et al. (2015), em que "1" traduz uma capacidade relevante muito baixa de oferta do serviço ecossistêmico, "2" capacidade baixa, "3" capacidade relevante média, "4" capacidade relevante alta e "5" capacidade relevante muito alta. Para tal, foi considerada a importância em relação às APPs de cursos d'água preservadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mensuração da capacidade de oferta dos serviços ecossistêmicos de APPs de cursos d'água

Os Serviços Ecosistêmicos foram organizados em uma tabela (Tabela 1) com seus respectivos pesos e justificativas em relação à necessidade de sua preservação e manutenção.

Tabela 1. Mensuração dos serviços ecossistêmicos ofertadas por APPs de cursos d'água e as justificativas

Serviços ecossistêmicos	Categorização	Pesos	Justificativas
Formação e Proteção do solo	Suporte	5	Constitui os horizontes; auxilia a porosidade; mantém o sistema radicular; estrutura para atividades econômicas como agropecuária.
Regulação de Erosão	Regulação	5	Manutenção de atributos físicos e nutrientes do solo.
Prevenção de Distúrbios Ambientais	Suporte	5	Controle da temperatura e da disponibilidade de luz e de calor.
Oferta de água	Provisão	5	Manutenção da evapotranspiração e de lençóis freáticos. Manutenção da qualidade da água.

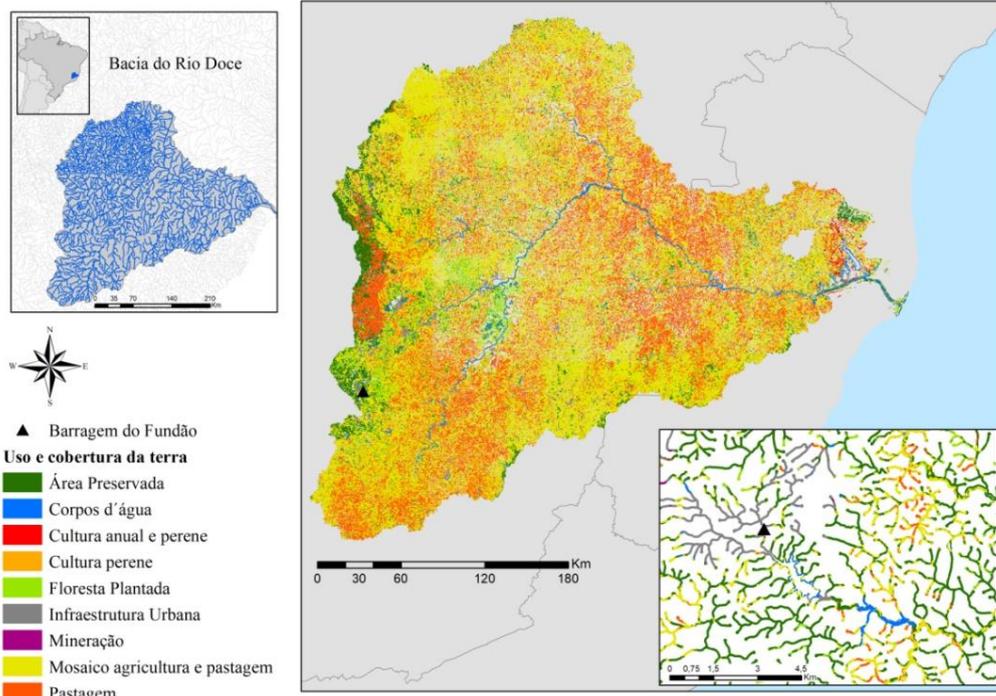
Regulação da água	Regulação	5	Influência no ciclo hidrológico; na umidade local; regula a disponibilidade de água.
Regulação e Ciclagem de nutrientes	Regulação e Suporte	5	Armazenamento e processamento dos nutrientes; preservação da fertilidade; e características físico-químicas.
Polinização	Suporte	5	Manutenção da produtividade agrícolas de áreas vizinhas às APPs; recuperação de áreas degradadas.
Controle biológico	Regulação	3	Redução de enfermidades por regular o nicho de vetores.
Refúgio e Habitat	Suporte	4	Influência na reprodução de espécies gerais e endêmicas; acréscimo das chances de sobrevivência e troca genética.
Biodiversidade	Regulação	3	Manutenção da diversidade de espécies endêmicas.
Dispersão de Sementes	Suporte	4	Aumento da biodiversidade e da variabilidade genética, mantendo a camada vegetal e o alimento da fauna.
Corredor Ecológico	Suporte	5	Redução da fragmentação de habitats, aumento do transporte de sementes e movimentação da fauna.
Conservação e Produção de Recursos Genéticos	Provisão	3	Manutenção dos aspectos evolutivos da macro e microfauna e flora.
Outros	Culturais	1	Preservação de matas ripárias não está associada diretamente a estes serviços

Fonte: Autores (2020)

Distribuição espacial e quantificação da preservação da oferta de serviços ecossistêmicos de APPs de cursos d'água da bacia do Rio Doce

A Bacia do Rio Doce (Figura 2) possui aproximadamente 76% de toda a sua extensão territorial ocupada por atividades agrícolas. O manejo de pastagens e afins, adotados no bioma da Mata Atlântica, geram a perda de sedimentos, nutrientes e carbono orgânico, além da perda de água e atributos do solo (ROCHA JUNIOR et al., 2017). A oferta de todos os serviços ecossistêmicos de maneira eficiente ocorre apenas em APPs preservadas, estando vinculada à manutenção da quantidade e qualidade de oferta de recursos e serviços para os municípios da bacia.

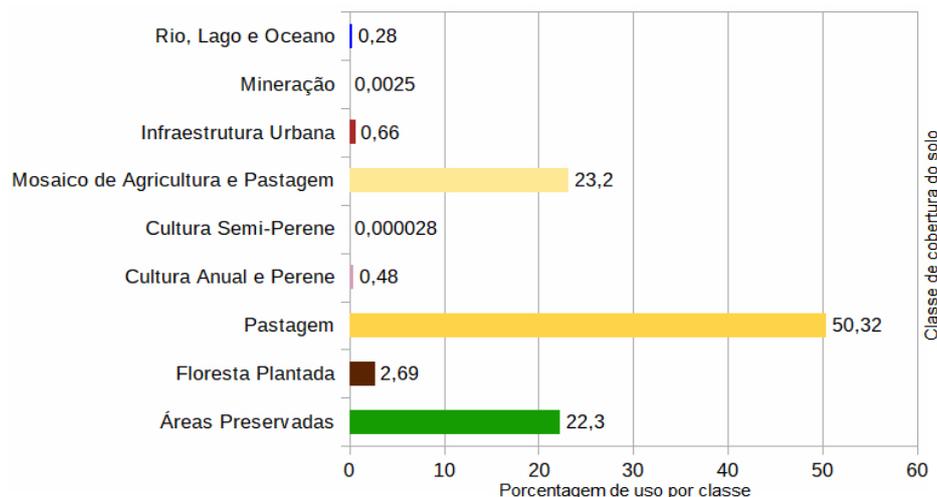
Figura 2. Distribuição espacial do uso e cobertura da terra em APPs de cursos d'água na bacia do rio Doce, diferenciado áreas preservadas e áreas antropizadas (cultura anual e perene; cultura perene; floresta plantada; infraestrutura urbana; mineração; mosaico agricultura e pastagem; pastagem). A escala de apresentação possibilita a visualização dos cursos d'água de maior porte, o qual é abastecido pelos demais menores afluentes distribuídos pela Bacia.



Fonte: Autores (2020)

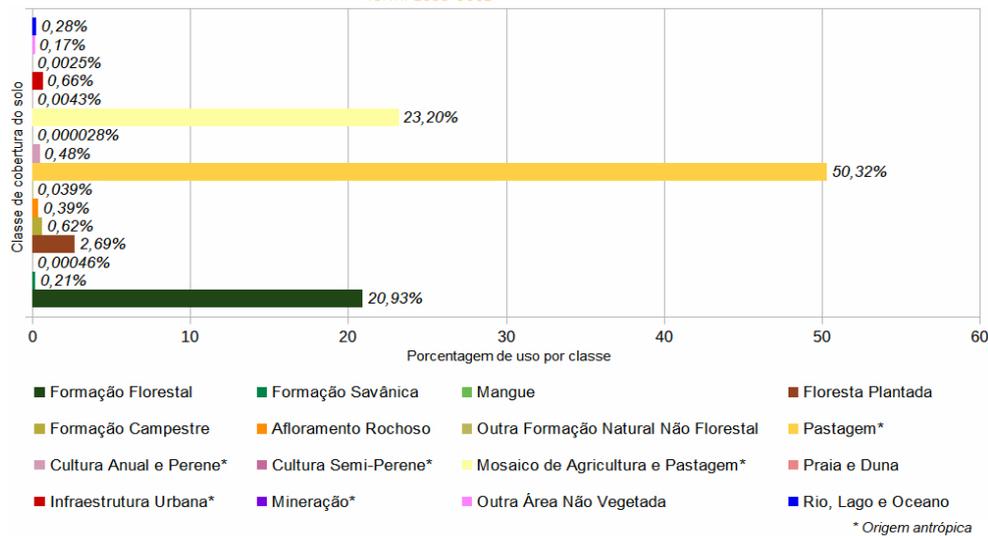
Na bacia do rio Doce, foi possível calcular que cerca de 77,70% dos solos das APPs da bacia são áreas antropizadas, e que 22,30% das APPs estão mantidas e possivelmente oferecendo os serviços ecossistêmicos de maneira integral (Figura 3), dependentes da preservação destas áreas. Dentre os usos dominantes estão as pastagens (50,32%) e áreas de agricultura e pastagem associadas (mosaicos) (23,20%), que juntas representam mais de 73% da extensão (Figura 4). Esta extensão indica a porcentagem das APPs da Bacia do Rio Doce que estão modificadas pela ação humana e não exercem suas funções de suporte, regulação e proteção corretamente, e ainda não possuem atributos para a recuperação de áreas degradadas.

Figura 3. Comparação entre as porcentagens de Áreas Preservadas e Áreas Antropizadas



Fonte: Autores (2020)

Figura 4. Porcentagem de uso por classe de cobertura do solo em Áreas de Proteção Permanente de cursos d'água para a bacia do rio Doce



Fonte: Autores (2020)

A remoção da cobertura vegetal e alteração nas estruturas do solo em mais de 77% das APPs pode afetar os serviços dirigentes de sua proteção, de sua formação, de ciclagem de nutrientes e regulação de erosão, que são responsáveis por suas propriedades físico-químicas. A pastagem, por exemplo, influencia negativamente na capacidade de retenção e proteção do solo, sendo essa característica responsável por prevenir o fenômeno de erosão e compactação do terreno (ANDRADE, 2009), o qual reduz consideravelmente a fertilidade para as futuras plantações ao carrear sedimentos para rios e lagos. Para a bacia do rio Doce, pode-se deduzir que a alteração das APPs acresce à perda da biodiversidade do ecossistema aquático já abalada pelo rompimento da barragem de Mariana em 2015, dificultando recuperação dos solos de outros ambientes ripários através do acúmulo de sedimentos nas águas.

Em diversos trechos atingidos pelo rompimento da barragem em Mariana, como medidas de recuperação, o solo com rejeitos foi recoberto com uma camada de solo fértil oriunda do entorno. Tais medidas possibilitaram a recomposição do terraço original, e, a partir disso, a implementação de pastagens e capineiras com o intuito de recuperar a produtividade local. Neste sentido, o cercamento das áreas ribeirinhas já afetadas auxiliou a recuperação da vegetação ciliar aberta pelo desastre, mostrando eficácia já nos primeiros quatro meses (SCHAEFER et al., 2015). Este desastre foi responsável pela degradação de muitos SE ofertados pela bacia do rio Doce o que tornou as partes ainda preservadas à montantes do rio essenciais na recuperação dos serviços da parte jusante degradada, uma vez que a presença dos SE é essencial para gerar novos SE naturalmente. A recuperação da oferta de serviços na bacia trará benefícios diretos aos produtores rurais, visto que áreas agrícolas são as mais contempladas por serviços como provisão e oferta de água, regulação e ciclagem de nutrientes, polinização e controle biológico.

Os dados obtidos estão sendo compilados em um produto técnico, que consiste em uma cartilha autoexplicativa que será veiculada em um site contextualizado. Logo, o objetivo principal do produto em desenvolvimento, se dá pela facilidade da disseminação de informações sobre a preservação de APPs, bem como a importância dos Serviços Ecosistêmicos ofertados por ela, a fim de alcançar e conscientizar o público-alvo, por meio de um vocabulário que seja coerente e convidativo, proporcionando aos produtores e a todas comunidades situadas nas regiões ribeirinhas uma fácil leitura e entendimento acerca da temática, colaborando para decisões mais assertivas sobre o manejo destas áreas.

CONCLUSÃO

Nota-se perante os resultados obtidos até o presente momento, que a preservação de APPs é forma mais eficiente e de custo reduzido à manutenção da oferta de serviços ecossistêmicos, desempenhando os importantes papéis ecológicos de proteger e manter os recursos hídricos, de conservar a diversidade de espécies de plantas e animais, podendo, ademais, controlar a erosão e lixiviação do solo e os consequentes assoreamento e poluição dos cursos hídricos. Logo, a conscientização por meio da extensão e da criação de produtos técnicos mostra-se necessária, visto que as APPs, áreas protegidas por lei, contém potencial para suprir as necessidades humanas e para recuperar áreas atingidas pelo rompimento de barragens, contribuindo para a inserção de meios de preservação que aceleram os processos de sucessão ecológicos. Espera-se, em estudos futuros, obter resultados a partir de um mapeamento dos Serviços Ecosistêmicos a fim de quantificar quais estão sendo perdidos ou prejudicados, gerando assim um mapa com os serviços

ponderados da bacia do rio Doce. A partir dessas interações origina-se um delicado equilíbrio que, se perturbado por atividades antrópicas, pode dificultar o acesso aos Serviços Ecossistêmicos por parte de diversas populações ao mesmo tempo em que influencia na economia dos produtores, que terão de canalizar esses benefícios a partir de outras fontes. Conclui-se que a degradação de SE pode ser catastrófica tanto para produtores e usuários quanto para a bacia do rio Doce e, de tal maneira, o desenvolvimento de planos mitigatórios provém de projetos como este em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. 2020. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Disponível: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em 05 Abril 2021.

ANDRADE, D. C. 2009. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: Instituto de Economia - Unicamp, pag. 11.

AVILA, A. L., ARAUJO, M. M., LONGHI, S. J., GASPARIN, E. 2011. **Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de Mata Ciliar**, RS. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 251-260.

BRASIL. 2012. Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em 08 de Março de 2021

IBGE. 2020. **Estimativas da População**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 Dez. 2020.

CAR. 2020. **Sistema de Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em <<https://www.car.gov.br/#/>>. Acesso em 05 Abril 2021.

CHRISTIE M, RAYMENT M. 2012. **An economic assessment of the ecosystem service benefits derived from the SSSI biodiversity conservation policy in England and Wales**. Ecosystem Serv., v. 1, p. 70-84.

MAPBIOMAS. 2016. **Coleção 2.3 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em <<http://mapbiomas.org>>. Acesso em 05 Abril 2021

MUNK, N. 2015. **Inclusão dos Serviços Ecossistêmicos na Avaliação Ambiental Estratégicas**.

RESENDE, F. M., FERNANDES, G. W. A., ANDRADE, D. C., NEDE, H. D. 2014. **Valoração Econômica do Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais): Uma Aplicação do Método Contingente**. Anais do XLI Encontro Nacional de Economia [Anais do 41º Encontro Brasileiro de Economia] 203, ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia.

ROCHA JUNIOR, P. R. D., ANDRADE F. V., MENDONÇA E. S., DONAGEMMA G. K., FERNANDES R. B. A., BHattharai R., KALITA P.K. 2017. **Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome**. Science of Total Environmental. 2017 Apr 1;583:53-63. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.187. Epub 2017 Jan 16. PMID: 28104335. p.53 – 63.

SCHAEFER, C. E. G. R; SANTOS, E. E. C; SOUZA, M.; NETO, J. D.; FILHO, E. I. F; DELPUPO, C. 2015. **Cenário histórico, quadro fisiográfico e estratégias para recuperação ambiental de Tecossolos nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão, Mariana, MG**. Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico, Belo Horizonte, 123 v. 24, n. 1/2, 104 p.

SPETH, G., WOLLMANN, L., DOMINGUES, Q. R., & GIACCOM-RIBEIROV, B. M. 2020. **Conflitos do uso de solo em Áreas de Preservação Permanente em Candelária (RS)**. Revista Ciência e Natura, v.42, 15p.

SOHEL MSI, AHMED M. S, BURKHARD B. 2015. **Landscape's capacities to supply ecosystem services in Bangladesh: a mapping assessment for Lawachara National Park**. Ecosyst. Serv. p. 128-135.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual

O projeto de pesquisa encontra-se em processo de avaliação para publicação em uma revista online. Dessa forma, faz-se o pedido de proteção intelectual, visto que o conteúdo deve ser inédito para o artigo.