

A INFLUÊNCIA DA FLEXIBILIZAÇÃO DA LEI DAS APPS SOBRE A CAPTAÇÃO DE CARBONO NA AÇÃO MITIGATÓRIA E COMPENSATÓRIA PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE IVOTI, RS

Andréa Diana Oberherr*

Júlia Dias da Silva**

Morgana Aline Weber***

Paulo Roberto Martins****

Daniela Müller de Quevedo*****

André Rafael Weyermüller*****

* Bióloga. Mestra em Qualidade Ambiental pela FEEVALE e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. *E-mail*: aoberherr@yahoo.com.br

** Bióloga. Mestra em Biologia pela UNISINOS. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. *E-mail*: diasjuliaa6@gmail.com

*** Nutricionista. Mestra em Nutrição e Alimentos pela UNISINOS. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental pela Universidade FEEVALE. *E-mail*: morgana_aline@hotmail.com

**** Mestre em Sistemas e Processos Agroindustriais pela FURG. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. *E-mail*: pmartinsnh@gmail.com

***** Matemática. Mestra em Estatística e Probabilidade Matemática e Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Docente do PPG em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. *E-mail*: danielamq@feevale.br

***** Advogado. Especialista, Mestre, Doutor e Pós-doutor em Direito. Docente do PPG em Qualidade Ambiental da Universidade FEEVALE. *E-mail*: andrerw@feevale.br

Resumo: As mudanças climáticas vêm ocasionando desastres naturais e possuem relação com os gases de efeito estufa liberados pela ação humana. O gás carbônico (CO²) é o que mais contribui para o aquecimento global. As APPs urbanas tinham um regramento claro, definido pelo Código Florestal Brasileiro, o qual foi alterado pela Lei nº 14.285/2021, transferindo aos municípios a competência para definir o tamanho delas em áreas urbanas consolidadas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o sequestro de carbono da atmosfera, através da simulação de três cenários de largura de APP de 2 cursos hídricos em Ivoti, RS, utilizando a Ferramenta de Cálculo de Redução de GEE's, do Programa Fundo Clima do BNDES. O estudo caracteriza-se como quali-quantitativo, aplicado, descritivo e exploratório. Delimitou-se as áreas com e sem cobertura vegetal nas margens dos Arroios Bühler e Prass e aplicou-se a Calculadora. A simulação resultou em captura de 11.441,32 toneladas de CO², se implantado o projeto de cercamento da mata ciliar existente e reflorestamento das áreas desnudas nos dois arroios (58,1 ha). Assim, seriam capturadas 196,92 ton/CO²/ha. Considerando que o período de maior captação de CO² e conversão em biomassa se dá nos primeiros 20 anos para a floresta tropical, é possível afirmar que o projeto captura 9,84 ton/ha/ano. No contexto de discussão sobre a inconstitucionalidade da lei federal que permite aos municípios alterarem as faixas de APPs, os resultados indicam contribuição significativa da vegetação urbana das áreas de preservação permanente para remoção de CO² atmosférico e para a adaptação dos efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Conservação ambiental. Floresta urbana. Código florestal. Inconstitucionalidade.

Sumário: 1. Introdução. 2. Desenvolvimento. 3. Conclusão. 4. Considerações finais. Referências.

The influence of the apps law flexibility on carbon capture in the mitigatory and compensatory action for climate change – case study in the municipality of Ivoti, RS

Abstract: Climate change has been causing natural disasters and is related to greenhouse gases released by human action. Carbon dioxide (CO²) is the main contributor to global warming. The urban APPs had a clear regulation, defined by the Brazilian Forest Code, which was amended by Law nº 14.285/2021, transferring to the municipalities the competence to define their size in consolidated urban areas. In this context, the objective was to evaluate the sequestration of carbon from the atmosphere, through the simulation of three APP width scenarios of 2 watercourses in Ivoti, RS, using the GHG Reduction Calculation Tool, from the BNDES Climate Fund Program. The study is characterized as qualitative, quantitative, applied, descriptive and exploratory. The areas with and without vegetation cover were delimited on the banks of the Bühler and Prass streams and the Calculator was applied. The simulation resulted in the capture of 11,441.32 tons of CO² if the project was implemented to enclose the existing riparian forest and reforest the bare areas in the two streams (58.1 ha). Thus, 196.92 ton/CO²/ha would be captured. Considering that the period of greatest capture of CO² and conversion into biomass occurs in the first 20 years for the tropical forest, it is possible to state that the project captures 9.84 ton/ha/year. In the context of the discussion about the unconstitutionality of the federal law that allows municipalities to change the ranges of APPs, the results indicate a significant contribution of urban vegetation in permanent preservation areas to remove atmospheric CO² and to adapt to the effects of climate change.

Keywords: Environmental conservation. Urban forest. Forest code. Unconstitutionality.

Summary: 1. Introduction. 2. Development. 3. Conclusion. 4. Final considerations. References.

1 Introdução

A Agenda 2030, um pacto global assinado durante a Cúpula das Nações Unidas em 2015, pelos 193 países-membros, estabeleceu 17 grandes objetivos, co-

nhecidos como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles, os objetivos 11 (cidades e comunidades sustentáveis), 13 (ação climática) e 15 (vida na terra) abordam metas de redução de impacto ambiental desfavorável per capita das cidades na mitigação das alterações climáticas e promoção da implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento. e tomar medidas urgentes e significativas para reduzir a degradação dos habitats naturais, deter a perda de biodiversidade e proteger e prevenir a extinção de espécies ameaçadas (UNDP, 2023).

As mudanças climáticas induzidas pelo ser humano estão causando perturbações perigosas e generalizadas na natureza e afetando a vida de bilhões de pessoas em todo o mundo, apesar dos esforços para reduzir os riscos (IPCC, 2022). A Agência Nacional de Águas (ANA) menciona que no Brasil, em 2017, cerca de três milhões de pessoas foram afetadas por alagamentos, enxurradas e inundações. O Departamento de Planejamento Governamental, vinculado à Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul publicou recentemente o estudo “Desastres Naturais no RS: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021”. O estudo apontou que ao longo de 17 anos, entre 2003 e 2021, o Rio Grande do Sul registrou um total de 4.230 ocorrências de desastres naturais (SPGG, 2022).

Muitos desses desastres observados podem ser considerados consequências das alterações climáticas e possuem relação com os gases de efeito estufa (GEE), liberados na atmosfera pela ação humana em suas atividades cotidianas. O CO² é o gás que tem maior contribuição para o aquecimento global, pois representa mais de 70% das emissões de GEE e seu tempo de permanência é de, no mínimo, cem anos, resultando em impactos no clima ao longo de séculos (WWF, 2023).

A vegetação é grande fixadora de CO² e, nesse sentido, quando se fala de áreas urbanas, as APPs urbanas podem ser de fundamental importância para a remoção desse gás da atmosfera, no período entre o plantio e o atingimento do clímax do ecossistema. O potencial de sequestro de carbono de um ecossistema depende das espécies que o compõem, de suas estruturas e também da distribuição etária (MARTINS, 2004), por isso, o reflorestamento de APPs degradadas torna-se um aliado, por um tempo relativamente longo, no processo de remoção de CO² da atmosfera.

As áreas de preservação permanente desempenham papéis múltiplos, sendo ambientes eficientes na prestação de serviços ecossistêmicos. Além da remoção do CO², que é o objetivo principal de investigação deste estudo, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2023), através de publicação em sua página oficial na internet, define outros serviços importantes. O MMA explica que a preservação

das matas ciliares é imprescindível para a conservação dos recursos hídricos, uma vez que a proteção do solo exercida pela cobertura vegetal ao longo das margens dos corpos d'água impede a erosão e o consequente processo de assoreamento, além de servir como uma espécie de barramento de resíduos, contribuindo para evitar a poluição das águas, mantendo sua qualidade e quantidade. Favorece inclusive a preservação de corredores ecológicos, que facilitam o fluxo gênico de flora e da fauna entre áreas verdes situadas no perímetro urbano ou em suas proximidades.

O MMA segue explanando a importância das APPs, trazendo um serviço ecológico que, para o município objeto deste estudo, é especialmente essencial, são a infiltração e a drenagem pluvial, contribuindo para a recarga dos aquíferos e diminuindo a ação das águas na dinâmica natural, evitando enxurradas, inundações e enchentes. No município em estudo, o abastecimento público ocorre através de poços tubulares profundos, sendo assim, a cidade necessita de especial precaução quanto a possíveis reduções de áreas de recarga de aquífero.

Até dezembro de 2021, as APPs urbanas tinham um regramento claro, definido pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651/2012, que instituía a Proteção da Vegetação Nativa e estabelecia a manutenção de 30 metros para cada lado, a título de APPs, em cursos hídricos de até 10 metros de largura, como é o caso da maioria dos cursos hídricos dentro das cidades brasileiras. Esse regramento era recepcionado pela Lei Estadual que estabelece a Política Estadual de Meio Ambiente – Lei nº 15.434/20 – em seu Art. 144. Porém, em dezembro de 2021, a Lei Federal nº 14.285, alterou o Código Florestal, transferindo para os municípios a competência para definir o tamanho das Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas margens de rios em áreas urbanas consolidadas.

As áreas de preservação permanente, doravante denominadas APPs, instituídas pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/12) consistem em “[...] espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa” (MMA, 2016). As APPs, além de protegerem áreas fisicamente sensíveis e contribuírem para a manutenção da qualidade da água, exercem grande importância para a permanência e deslocamento da fauna e flora local. Estudos evidenciam a importância da manutenção de vegetação e árvores nativas na paisagem urbana para a contenção da perda da riqueza de espécies (MCKINNEY, 2002), como de aves (OLIVER *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2012), mamíferos carnívoros (BATEMAN; FLEMING, 2012), pequenos mamíferos (GOMES *et al.*, 2011), morcegos insetívoros e a biomassa de insetos (THRELFALL *et al.*, 2012).

A destruição da vegetação em APPs de margens de passagens d'água não afeta somente a biodiversidade terrestre. Nos pequenos riachos das cabeceiras,

folhas mortas e galhos são as fontes primárias de carbono orgânico para as cadeias alimentares aquáticas, chegando a representar 70% do fluxo de energia anual desses ecossistemas (SÁ; VERANI; FRAGOSO, 2003). A destruição dessa vegetação eliminará a fonte de nutrientes e de energia, modificando a cadeia alimentar e aumentando o aporte de sedimentos decorrentes da erosão (areia e argila). Esses sedimentos ocasionam a morte de algas e bactérias por impedir a passagem de luz, o que também reduz a fotossíntese, levando ao desaparecimento de espécies de peixes que delas se alimentam (TUCCI *et al.*, 2001).

A remoção da vegetação ciliar e das áreas úmidas coloca em risco os sistemas de fornecimento de água potável disponíveis e causa a piora da qualidade hídrica planetária (BARLOW; CLARKE, 2003). São inúmeros os argumentos, dos mais diversos estudiosos, para que a redução da proteção dada pelo código florestal de 2012 seja mantida e para que a constitucionalidade da lei de 2021 seja questionada. As funções da zona ripária são descritas em Mander *et al.* (1997), Reid e Hilton (1998) e em CRJC (2001). Considerando esses trabalhos, é possível elencar como funções mais relevantes: estabilização de taludes e encostas. manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações. retenção de sedimentos e nutrientes. mitigação da temperatura da água e do solo. fornecimento de alimento e habitat para organismos aquáticos. manutenção de corredores ecológicos. paisagem e recreação. fixação do CO² e interceptação de escombros rochosos.

Para TEEB (2010), um grupo de renomados cientistas, os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas naturais. São os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, ou seja, são serviços que o meio ambiente desempenha naturalmente e que resultam em benefícios para os seres humanos. Eles incluem serviços de provisão, tais como produção de alimentos, fibras, madeira e água potável. serviços de regulação, como a regulação de inundações e seca, degradação de terras e doenças. serviços de suporte, tais como formação do solo, ciclagem de nutrientes. e serviços culturais, como os recreativos, espirituais, religiosos e outros benefícios não materiais. Esse é o conceito mais aceito na literatura, extraído do *Millennium Ecosystem Assessment* (2005).

As mudanças climáticas, sem dúvida, representam um risco para todos os setores da sociedade e o controle das emissões dos gases de efeito estufa demandará um grande volume de recursos que deverão ser aplicados em infraestruturas produtivas e econômicas que estejam comprometidas com a redução desses gases. Essa demanda impactará o setor financeiro em virtude dos riscos e das oportunidades para os negócios de toda ordem, exigindo investimentos em infraestrutura, quer para a adequação de operações existentes ou para desenvol-

vimento de novos empreendimentos, comprometidos com a sustentabilidade, quer seja para se adequar aos avanços regulatórios advindos de políticas públicas nacionais e globais ou ao aumento de pressão da sociedade civil.

Estudos demonstram que a transição dos modelos atuais de negócios para uma economia global de baixa emissão de GEE demandarão entre US\$140 e US\$175 bilhões por ano, até 2030, considerando apenas os investimentos necessários no bloco de países em desenvolvimento. A magnitude desses valores implica uma importante contribuição dos governos para a viabilização desses recursos, apontando para os mercados financeiros uma grande oportunidade de intermediação na captação deles (WDR, 2010; UNEPFI, 2013).

A ABRAMPA – Associação Brasileira de Membros do Ministério Público de Meio Ambiente, em sua petição de inconstitucionalidade da Lei de 2021, resalta que a vegetação ciliar assume papel de relevo como sumidouro de carbono, colaborando com a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e contribuindo, portanto, para a redução do aquecimento global e de seus efeitos danosos. Isso porque, para se desenvolver, a vegetação sequestra carbono da atmosfera, retirando significativa quantidade de GEE do ambiente. Ademais, tal vegetação é fundamental para assegurar uma melhor adaptação da sociedade aos efeitos nocivos das mudanças climáticas.

O efeito estufa é causado, principalmente, pela emissão de CO², CH⁴, N₂O, clorofluorcarbonos (CFCs) e vapor d'água. Entre eles, o CO² é o gás que mais contribui para o efeito estufa, devido à grande quantidade que é emitida – cerca de 55 % do total (CARVALHO *et al.* 2010). Os autores seguem explicando que estratégias de maximização do sequestro de CO² no solo e na vegetação são uma alternativa importante para mitigar os efeitos de GEE resultantes de atividades antrópicas. Por isso, foi tomada a decisão de estudar os efeitos da diminuição das faixas de APP, que poderiam ser restauradas e sequestrar CO² pela vegetação implantada, para contribuir na adaptação e mitigação para as mudanças climáticas.

De Castro *et al.* (2018) definiram muito bem a linha do tempo das leis que regem APPs, explicando que a preocupação com a conservação das florestas brasileiras fez com que, em 1934, fosse instituído o primeiro código florestal brasileiro. A necessidade de mudanças e atualização resultou no Código florestal de 1965, instituído pela Lei Federal nº 4.771 (BRASIL, 1965), que sofreu importantes modificações em 1989 e uma reforma profunda em 2001. Por último, esse código foi revogado pela Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e que, apesar de revogar sem substituir o Código Florestal de 1965, ficou conhecida como “Novo Código Florestal”.

De Castro *et al.* (2018) explicam que o conceito de APPs foi definido em 2001. A Lei Federal nº 4.771 (BRASIL, 1965), originalmente, não trazia definição, apenas indicava, de forma direta, em seu artigo 2º, quais áreas eram consideradas como de preservação permanente. A falta de uma definição clara causava discussões doutrinárias e judiciais sobre o que era ou não objeto de proteção da lei. Nessas discussões, incluíam-se áreas degradadas, sem vegetação, ou áreas com monoculturas e espécies exóticas. Essa situação foi modificada pela medida provisória (MP) 2.166-67/01 (BRASIL, 2001). Milaré (2011) destaca dessa modificação a intenção clara do legislador de proteger a vegetação, os locais e as formações geográficas. Para Machado (2012), a vegetação e a área são objeto de proteção não por si mesmas, mas por sua função de proteger a água, o solo e a biodiversidade.

Atualmente, somam-se à importância já dada às APPs pela manutenção da biodiversidade, da proteção das águas e das áreas de fragilidade e risco, sua contribuição para os serviços ecossistêmicos no sequestro de carbono e para a mitigação das mudanças climáticas ao realizar o sequestro de GEE nos processos de reflorestamento de APPs degradadas. Porém, surgiu a lei que rege as APPs urbanas: a Lei Federal nº 14.285/2021, que alterou o Código Florestal, transferindo aos municípios a atribuição de determinar as APPs em áreas urbanas consolidadas.

A preocupação derivada da legislação é que grande parte desses cursos d'água percorrem mais de um município. Sendo assim, a fragmentação do parâmetro (largura) de implementação do regime de preservação permanente enfraquece o grau de proteção definido na norma geral (MPF, 2022). O tema é de interesse geral (nacional), não havendo, no caso, predominância de interesse local suficientemente legítimo para justificar a desconsideração de um parâmetro mínimo estabelecido na norma de caráter geral.

Mediante a insegurança jurídica instituída, o estudo apresenta uma análise restrita ao aspecto sequestro de carbono, para demonstrar a contribuição das matas ciliares na remoção desse GEE da atmosfera em três diferentes larguras de APPs, a fim de que seja possível construir um parâmetro de avaliação para os possíveis prejuízos ao adotar medidas mais flexíveis para a proteção das APPs.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar o sequestro de carbono da atmosfera, através da simulação de três cenários de largura de APP, 5, 15 e 30 metros, dos cursos hídricos urbanos formadores de sub-bacias no município de Ivoti, RS, utilizando a Ferramenta de Cálculo de Redução de GEE's do Programa Fundo Clima do BNDES, para discutir os possíveis efeitos da nova lei das APPs – Lei Federal nº 14.285/21 – e seus efeitos na mitigação das mudanças climáticas, além de, expor a discussão jurídica que se estabeleceu sobre a constitucionalidade da Lei Federal nº 14.285/2021.

2 Desenvolvimento

A área de estudo é o Município de Ivoti (-29°35' de latitude sul e -51°09' de longitude oeste), localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS, distante 58 km da capital, com área territorial de 63.092 km². Conforme dados prévios divulgados pelo IBGE (2023), com base na população calculada através dos resultados do Censo Demográfico até 25 de dezembro de 2022, a população total de Ivoti foi estimada em 22.911 pessoas. O município foi escolhido em função de ter um mapa com Áreas de Preservação Permanente – APPs elaborado e publicado como Anexo IV do Plano Diretor do município de Ivoti, pela Lei Municipal nº 2.923/2014. Sendo assim, o material é público e de fácil acesso para ser utilizado no estudo (Figura 1).

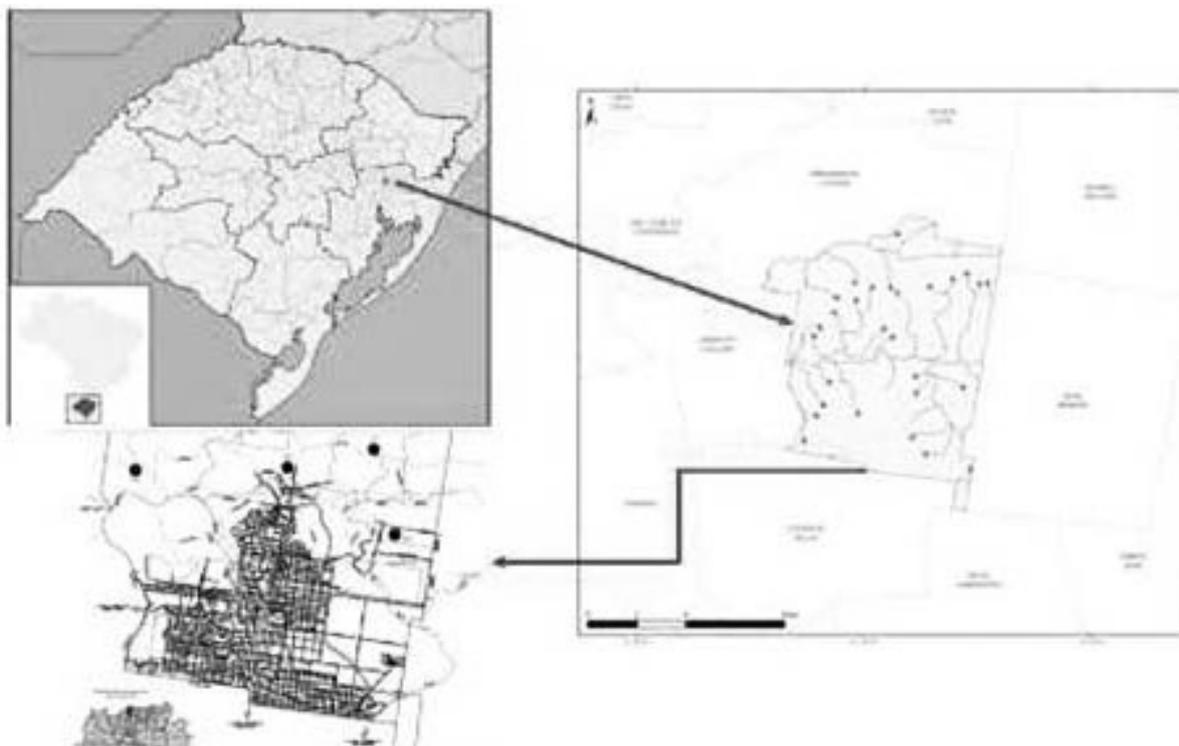


Figura 1 – Vista do município de estudo, as principais APPs e o perímetro urbano.
Fonte: IBGE (2023) e Plano Diretor do Município, Lei Municipal nº 2923/2014 – Anexo IV – Mapa do Município.

Entre as principais APPs do mapa do município, foram selecionados os arroios que formam as sub-bacias para serem utilizados no estudo e apresentados na Figura 2 (p. 85). Os arroios selecionados são o Arroio Prass e o Arroio Bühler, são eles que formam as sub-bacias do município e deságuam no Arroio Feitoria. O Arroio Feitoria não foi incluído no estudo, porque, em Ivoti, a maior parte de seu trajeto está na área rural do município.



Figura 2 – Vista das duas sub-bacias a serem utilizadas no estudo e vista da Bacia do Arroio Feitoria que se localiza fora da área urbana do município.
Fonte: Elaborado pelos autores (junho de 2023).

A metodologia segue as orientações de uma pesquisa com abordagem de natureza quali-quantitativa e aplicada, para cumprir o objetivo de identificar e explicar fatores que contribuem para a ocorrência de determinados fenômenos (YIN, 2015). Como procedimento técnico, utilizou-se uma pesquisa-ação. A pesquisa-ação, conforme Stringer (1996), compreende uma rotina composta por três ações principais: observar, para reunir informações e construir um cenário. pensar, para explorar, analisar e interpretar os fatos. e agir, implementando e avaliando as ações. Dentro dessa mesma ideia, pode-se dividir o processo de pesquisa-ação em quatro etapas principais: fase exploratória, fase principal, fase de ação e fase de avaliação (THIOLLENT, 1997).

Visando atingir os objetivos propostos, primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica referente às funções das APPs urbanas, quanto à legislação aplicável às APPs e sobre os gases de efeito estufa que mais contribuem para o aquecimento global, no que tange à forma como podem ser sequestrados, às fórmulas matemáticas que possam demonstrar a equação de sequestro e aos benefícios para a mitigação das mudanças climáticas. Essa pesquisa foi realizada por meio da busca em artigos científicos em indexadores como Portal de Periódicos Capes e Scopus, em livros e em sites oficiais, visando subsidiar a revisão da literatura e a estrutura conceitual deste artigo.

Utilizou-se o mapa do Anexo IV do Plano Diretor do município de Ivoti, publicado pela Lei Municipal nº 2.923/2014, no formato DWG, no qual foram inseridas no *software AutoCad 2021*, as imagens de alta resolução, geradas no *Google Earth Pro*, para a delimitação das áreas com e sem cobertura vegetal das APPs dos Arroios Bühler e Prass. Para a delimitação das áreas com e sem cobertura vegetal, foram considerados três cenários:

Delimitação da presença ou ausência da cobertura vegetal das APPs dos 2 arroios das sub-bacias do município de Ivoti, RS com base no que determina o Art. 4, da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, ou seja, 30 metros para cada lado dos arroios;

Delimitação da presença ou ausência da cobertura vegetal das APPs dos arroios das 2 sub-bacias do município de Ivoti, RS com base em um cenário simulado de 15 metros para cada lado dos arroios, a partir da flexibilização da Lei Federal nº 14.285/2021;

Delimitação da presença ou ausência da cobertura vegetal das APPs dos arroios das 2 sub-bacias do município de Ivoti, RS com base em um cenário simulado de 5 metros para cada lado dos arroios, a partir da flexibilização trazida pela Lei Federal nº 14.285/2021.

Após a delimitação das APPs nos três diferentes cenários propostos, obteve-se a metragem em metros quadrados das áreas com e sem vegetação nas APPs dos arroios Bühler e Prass, do município de Ivoti, RS.

Para dar conta do que foi proposto por este estudo: comparar os diferentes tamanhos de áreas das APPs delimitadas pelos arroios Bühler e Prass, na cidade de Ivoti, RS, considerando-se a flexibilização da Lei Federal nº 14.285/2021 e a respectiva quantidade de carbono capturada nas diferentes metragens de margens a serem reflorestadas nesses arroios, utilizou-se a Ferramenta de Cálculo de Redução de GEE's do Programa Fundo Clima do BNDES.

No Brasil, em 2009, através da Lei nº 12.114/2009 foi criado o Fundo Clima, cuja regulamentação se deu através do decreto nº 7.343/2010, que tem por finalidade financiar projetos destinados à redução dos impactos ambientais e à adaptação aos efeitos das mudanças climáticas. Esse fundo visa disponibilizar recursos para o financiamento de projetos voltados à mitigação das mudanças climáticas e é administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). As fontes de recursos que abastecem esse fundo são provenientes de dotações consignadas na Lei Orçamentária Anual da União, de doações de entidades nacionais e internacionais, públicas ou privadas, e também de outras modalidades previstas na legislação.

Atento à demanda por solicitações de captação de recursos do Fundo Clima para o desenvolvimento de projetos de mitigação das mudanças climáticas, o BNDES, em parceria com o Centro de Estudos em Sustentabilidade Fundação

Getúlio Vargas de São Paulo com patrocínio da Embaixada Britânica no Brasil e da LARCI, criou uma ferramenta de cálculo composta por 18 metodologias para mensurar as emissões de GEE, evitadas nos projetos submetidos à análise, auxiliando o comitê avaliador no que diz respeito à viabilidade do projeto e na decisão em financiar ou não os projetos (BNDES, 2023).

Essa ferramenta engloba procedimentos bastante simples de serem utilizados. Sua apresentação está subdividida em uma capa inicial e etapas 1 e 2 para as 18 metodologias, em uma das quais o projeto a ser avaliado será enquadrado. Possui, além disso, abas de apoio, que auxiliam no preenchimento das planilhas de análise de viabilidade, base de dados e fatores de emissão calculados a partir nas informações colocadas nas planilhas. As etapas 1 e 2, comuns para as 18 modalidades, requerem o preenchimento de informações qualitativas e quantitativas, que servirão de base para a ferramenta interpretar a viabilidade do projeto e determinarão se ele está apto a seguir adiante ou se não cumpre os pré-requisitos de enquadramento pré-determinados. Esses pré-requisitos estão relacionados com as descrições típicas do projeto e os tipos de ação previstos para a redução de GEE, é dividido em três blocos de questões.

O bloco 1 contempla perguntas referentes à aderência do projeto aos pressupostos definidos na ferramenta de cálculo e é composto de questões básicas com opções de resposta “sim” ou “não”. O bloco 2 elenca perguntas relacionadas às quantificações gerais envolvidas no projeto, como, por exemplo, área de reflorestamento ou área de vegetação a ser isolada. Por fim, o bloco 3 sugere parâmetros para monitoramento futuro caso o projeto seja contemplado e implantado. Após o preenchimento dos campos das etapas 1 e 2, a ferramenta demonstrará, em uma tabela, os resultados compilados referentes ao volume total de redução dos GEE do projeto em toneladas de CO², a relação entre as reduções e os valores pleiteados junto ao Fundo Clima e, por fim, a estimativa de custo por tonelada de CO² capturada envolvida no projeto.

Nesta seção, são apresentados os resultados da presente pesquisa objetivando a tomada de decisão ao que se refere às dimensões legais das APPs.

A conversão florestal para outros usos é a maior causa do desmatamento global, sendo que os principais fatores se referem à exploração madeireira, expansão da urbanização, atividades de mineração e incêndios florestais naturais (CURTIS *et al.*, 2018). Em Ivoti, a expansão urbana em função da abertura de novos loteamentos é fator que tem determinado a perda de vegetação e de ambientes naturais os quais desempenham papel importante no equilíbrio entre os fatores bióticos e abióticos. Porém, esse é o rumo natural de todas as cidades em crescimento. Por isso, a manutenção das APPs desempenha papel fundamental para que os serviços ecossistêmicos e a ligação entre fragmentos de vegetação e unidades de conservação continuem ocorrendo.

Segundo Farias (2019), ao criar o conceito de APPs, o legislador quis resguardar diretamente a flora, a fauna, os recursos hídricos e os valores estéticos, de maneira a garantir o equilíbrio do meio ambiente e a consequente manutenção da vida humana e da qualidade de vida do homem em sociedade, deixando determinadas áreas a salvo do desenvolvimento econômico e da degradação, posto que as florestas e demais formas de vegetação guardam íntima relação com os elementos naturais citados.

As APPs foram delimitadas pela Lei Federal nº 12.651/12, em seu Art. 4º, considerando APPs, em zonas rurais ou urbanas, faixas diversas conforme a largura do curso hídrico ou a situação topográfica e a caracterização do recurso hídrico. Portanto, o atual regramento para as APPs é definido pelo referido artigo, a não ser que o município tenha desenvolvido Diagnóstico Socioambiental para definir diferentes faixas nas áreas urbanas consolidadas, ouvido o Conselho Municipal de Meio Ambiente e publicada a Lei Municipal ou Plano Diretor com o regramento das faixas de APP's.

Essa nova possibilidade está estabelecida na Lei Federal nº 14.285/2021, que alterou dispositivos do Código Florestal referentes à proteção de APPs em áreas urbanas consolidadas. modificou, o Art. 22 da Lei Federal nº 11.952/2009 e o Art. 4º da Lei Federal nº 6.766/1979. Mediante a nova perspectiva, os municípios estão elaborando seus diagnósticos socioambientais para estabelecer as faixas de proteção de acordo com o interesse local. Aqueles que ainda não o fizeram seguem o Código Florestal, mas o Município de Ivoti está desenvolvendo seu estudo para que as inseguranças jurídicas sejam sanadas, afinal, as faixas não edificáveis, ao longo de águas correntes e dormentes, ficaram sem regramento quando a Lei nº 14.285/21 alterou o texto do artigo da Lei do Parcelamento do Solo, definindo que a faixa será estabelecida em estudo diagnóstico socioambiental por município.

Todavia, a insegurança jurídica continuará a ser pauta da política nacional e municipal, porque, além das Ações Diretas de Inconstitucionalidade já tramitando no Supremo Tribunal de Justiça, fatos como os que foram recentemente divulgados na mídia como a recomendação do MPSC e MPF ao Município de Joinville, para que não aplique lei que altera delimitação de faixas de cursos hídricos, promovem um cenário geral de insegurança jurídica sobre o tema.

Recentemente, decisão do Tribunal Regional Federal da 4ª Região determinou a suspensão de processo que versa sobre área de ocupação consolidada diante da Lei nº 14.285/21, que alterou o Código Florestal, revelando tendência de suspensão de discussões judiciais sobre o tema até que se aprecie a ADI N. 7.146/DF, cujo objeto é justamente a inconstitucionalidade da referida lei federal.

No caso concreto em análise, para a realização dos cálculos de sequestro de carbono, foi delimitada a vegetação existente em 30 metros para cada lado dos Arroios Prass e Bühler e delimitado o perímetro das áreas desprovidas de vegetação e, assim, passíveis de reflorestamento, conforme a figura 3, a seguir, é possível observar os resultados.

Através do mapeamento realizado, foi possível constatar que o Arroio Bühler apresenta grau de conservação das matas ciliares mais elevado do que o Arroio Prass. Enquanto o Arroio Bühler apresenta aproximadamente 81,60% de suas margens vegetadas, o Arroio Prass apresenta 61,08% de suas margens com presença de vegetação. É interessante perceber que as nascentes do Arroio Prass se encontram praticamente desprovidas de vegetação.

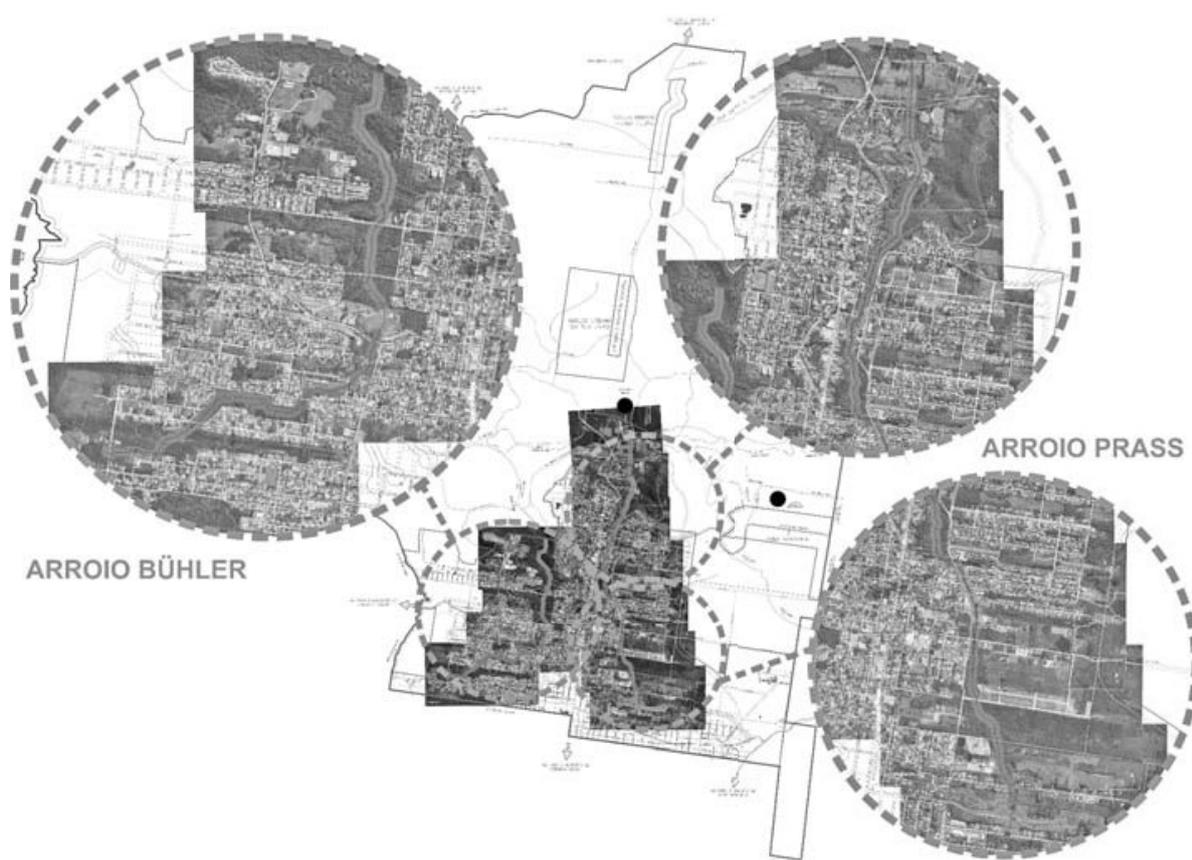


Figura 3 – Vista das áreas de APP de 30 metros para cada lado dos cursos hídricos: Arroio Bühler e Arroio Prass, com a delimitação das áreas vegetadas e desprovidas de vegetação.

Fonte: Modificado pelos autores de Mapa de APPs do Município, retirado de Plano Diretor 2014 e de *Google Earth Pro*, acesso em 21 de junho de 2023.

No Quadro 1 e 2 são apresentadas as extensões das áreas mapeadas com e sem vegetação dos Arroios Bühler e Prass respectivamente.

Quadro 1 – Áreas do Arroio Bühler.

Arroio Bühler		
Extensão Arroio Bühler em Zona Urbana: 3.577,89 metros		
APP de 30 metros	Total: 229.740,92 m ²	Com vegetação: 187.480,32 m ²
	23 Ha	Sem vegetação: 42.260,60 m ²
APP de 15 metros	Total: 114.870,45 m ²	Com vegetação: 93.740,16 m ²
	11 Ha	Sem vegetação: 21.130,30 m ²
APP de 5 metros	Total: 38.290,15 m ²	Com vegetação: 31.246,72 m ²
	4 Ha	Sem vegetação: 7.043,43 m ²

Fonte: Produzido pelos autores (2023).

Quadro 2 – Área do Arroio Prass.

Arroio Prass		
Extensão Arroio Prass em Zona Urbana: 5.571,66 metros		
APP de 30 metros	Total: 351.561,65 m ²	Com vegetação: 214.763,32 m ²
	35 Ha	Sem vegetação: 136.798,33 m ²
APP de 15 metros	Total: 175.780,82 m ²	Com vegetação: 107.381,66 m ²
	18 Ha	Sem vegetação: 68.399,15 m ²
APP de 5 metros	Total: 58.593,61 m ²	Com vegetação: 35.793,89 m ²
	6 Ha	Sem vegetação: 22.799,72 m ²

Fonte: Produzido pelos autores (2023).

Para calcular a retenção de gás carbônico, foi aplicada a Calculadora de Redução de Emissão de GEE – Programa Fundo Clima FN 1 – Restauração de Biomas aos dados levantados. Essa calculadora foi criada para simular o sequestro de carbono de projetos submetidos ao financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, para o Programa Fundo do Clima, que apoia projetos relacionados à redução de emissões de gases do efeito estufa e à adaptação às mudanças do clima, na linha do Projeto Crédito Verde no Brasil. O Fundo Clima foi criado pela Lei nº 12.114 em 9 de dezembro de 2009, regulamentado pelo Decreto nº 7.343, de 26 de outubro de 2010, e atualmente regido pelo Decreto nº 10.143, de 28 de novembro de 2019.

No Quadro 3 são apresentados os resultados da simulação com a utilização de 3 cenários de larguras de APP, 5 metros, 15 metros e 30 metros, para calcular a quantidade de CO² removida da atmosfera em caso de recomposição da vegetação ciliar. Quer dizer, se realizado o plantio de espécies nativas, nas áreas atualmente desprovidas de vegetação, nos diferentes cenários de APPs, teríamos os seguintes resultados quanto à captura de CO² da atmosfera.

Quadro 3 – Cálculo da captura de carbono promovido pela recomposição da mata ciliar nas diferentes faixas de APP.

Arroio Bühler		
Distância de cada margem a ser protegida	Área reflorestada	Volume de carbono capturado
APP de 30 metros	4,226 Ha	1.854,45 toneladas
APP de 15 metros	2,113 Ha	926,35 toneladas
APP de 5 metros	0,704 Ha	308,64 toneladas

Arroio Prass		
Distância de cada margem a ser protegida	Área reflorestada	Volume de carbono capturado
APP de 30 metros	13,679 Ha	5.996,92 toneladas
APP de 15 metros	6,839 Ha	2.998,92 toneladas
APP de 5 metros	2,279 Ha	999,12 toneladas

Fonte: Produzido pelos autores (2023).

Observando-se o Quadro 3, é possível perceber que a captura de carbono para matas ciliares com 30 metros para cada lado é significativamente maior e que APPs com 5 metros possuem captura muito menor, caso fossem instituídas pelo município como um regramento local para faixa de APP de cursos hídricos em áreas consolidadas.

Analisando-se as áreas consolidadas, ocupadas atualmente nas margens dos arroios, é possível perceber que, na maioria das situações, não há viabilidade de realizar recomposição em faixa de 30 metros, devido à ocupação histórica dessas áreas. Para esses terrenos, poderia ser proposto um cálculo de medida compensatória e, com esse valor, realizar a recomposição dos espaços onde existe viabilidade.

No Quadro 4, a seguir, apresenta-se o cálculo de captura de CO² realizado, considerando-se a preservação das matas ciliares existentes e realizando-se a proteção delas por meio de um isolamento físico e realizando, em conjunto, a recomposição das matas ciliares desprovidas de vegetação.

Quadro 4 – Cálculo da captura de carbono promovida pela recomposição da mata ciliar nas diferentes faixas de APP e isolamento da vegetação atual para proteção.

Distância de cada margem a ser protegida	Área Total	Área Isolada	Área Reflorestada	Volume de CO ² capturado por Ha durante o projeto	Volume total de carbono capturado durante o projeto
Arroio Bühler					
APP 30 metros	22,974 Ha	18,748 Ha	4,226 Ha	153,51 t. CO ² e/Ha	3.526,71 toneladas
APP 15 metros	11,487 Ha	9,374 Ha	2,113 Ha	153,51 t. CO ² e/Ha	1.763,36 toneladas
APP 5 metros	3,829 Ha	3,125 Ha	0,704 Ha	153,48 t. CO ² e/Ha	587,67 toneladas
Arroio Prass					
APP 30 metros	35,156 Ha	21,477 Ha	13,679 Ha	225,13 t. CO ² e/Ha	7.914,61 toneladas
APP 15 metros	17,578 Ha	10,739 Ha	6,839 Ha	225,12 t. CO ² e/Ha	3.957,13 toneladas
APP 5 metros	5,859 Ha	3,580 Ha	2,279 Ha	225,09 t. CO ² e/Ha	1.318,78 toneladas

Fonte: Produzido pelos autores (2023).

Os resultados apresentados no Quadro 4 mostram que a vegetação existente presta importante serviço de sequestro de carbono da atmosfera. Implantar medidas de proteção para que a vegetação não seja atingida por vandalismo ou cortes clandestinos é uma forma de garantir a continuidade do serviço ecossistêmico. Acrescido ao fator de recomposição da vegetação em áreas desnudas, o resultado para captura total realizada pelos 30 metros de APP para cada lado do Arroio resultam em números muito satisfatórios e que expressam a importância dessas áreas dentro da cidade, mesmo quando analisado um único aspecto, que é o sequestro de CO².

3 Conclusão

O ponto central da discussão do estudo realizado é demonstrar o comportamento da captura de CO² pela mata ciliar presente na APP dos dois principais cursos hídricos urbanos do município de Ivoti, RS e a simulação em outros dois cenários, tendo em vista a possibilidade de redução das faixas de APP através de lei municipal. Atualmente, o município aplica o regramento do Código Flo-

restal que estabelece 30 metros de APP para cada lado dos cursos hídricos com até 10 metros de largura. A simulação do estudo resultou em captura de 11.441,32 toneladas de CO² se implantado o projeto de cercamento da mata ciliar existente e o reflorestamento das áreas desnudas nos dois arroios.

As árvores agem como um sumidouro de CO², fixando o carbono durante a fotossíntese e armazenando o excesso de carbono como biomassa. A dinâmica líquida de fonte/sumidouro de CO² de longo prazo das florestas muda ao longo do tempo à medida que as árvores crescem, morrem e se decompõem. Embora as áreas urbanas continuem a se expandir e as florestas urbanas desempenhem um papel significativo na qualidade ambiental e na saúde humana, relativamente pouco se sabe sobre esse recurso.

Além disso, os resultados de diferentes estudos ademais divergem nas quantidades de carbono fixadas. Tang *et al.* (2018), verificaram que os resultados variam muito devido à multiplicidade de fontes de dados e à inconsistência das metodologias. Concluíram também que a densidade de carbono possui forte dependência do regime climático, diminuindo com a temperatura, no entanto, aumentando com a precipitação.

Ponto pacífico entre os estudiosos do assunto é que a arborização é uma solução eficaz para mitigar a emissão de carbono e sequestrá-lo nos solos. Considerando que as florestas urbanas sequestram CO² e afetam a emissão de CO² das áreas, as florestas urbanas podem desempenhar um papel crítico, ajudando a combater os níveis crescentes de dióxido de carbono atmosférico.

Hou *et al.* (2019) desenvolveram estudo na China para averiguar quanto de carbono árvores nativas e árvores madeiráveis poderiam fixar e quão rentável seria substituir lavouras convencionais por projetos de florestação. Entre outras conclusões, o estudo demonstrou que o potencial de sequestro de carbono difere conforme as espécies de árvores e a idade do povoamento bem como das regiões onde são plantadas. Em climas mais quentes e úmidos, as árvores sequestram carbono mais rapidamente devido a maior taxa de crescimento inicial em um clima tropical. Os autores inclusive concluíram que árvores nativas atingem os picos da taxa de fixação de carbono entre 25 e 30 anos após o plantio.

Para as áreas urbanas, ressalta-se a importância da vegetação urbana em função da geração de diferentes benefícios, como a mitigação de poluição sonora, a proteção contra enchentes, a melhoria da qualidade do ar e a redução de temperaturas, assim como benefícios que transcendem a escala local, como a mitigação de mudanças climáticas por intermédio do processo de captura de CO² (CARVALHO; SZLAFSZTEIN, 2019; TYRVÄINEN *et al.*, 2014; NOWAK; CRANE, 2002). Dessa forma, destaca-se a captura de GEE, uma vez que esses gases são os mais produzidos no ambiente urbano em razão do processo de urbanização e de ocupação do solo.

O presente estudo resultou na captura de 11.441,32 toneladas de carbono pelo projeto implantado em 58,1 ha. Portanto, temos a captura de 196,92 ton/CO²/hectare. Considerando que o período de maior captação de CO² e de conversão em biomassa se dá nos primeiros 20 anos para a floresta tropical, é possível afirmar que o projeto captura 9,84 ton/ha/ano.

Além de calcular a retenção de gás carbônico, é possível realizar um comparativo da absorção de CO² por árvore. Se utilizada a recomendação da Instrução Normativa SEMA nº 01/2018, que estabelece procedimentos a serem observados para a Reposição Florestal Obrigatória no Estado do Rio Grande do Sul, quando regra os projetos técnicos que envolvem plantio de mudas de plantas lenhosas nativas, a norma recomenda o intervalo de densidade entre 900 e 1.100 mudas por hectare. Utilizando uma densidade de 1.100 mudas por hectare e 179.058,93 hectares de área não florestada para implantação do projeto de recomposição da vegetação nas margens dos arroios Bühler e Prass, em 30 metros para cada lado, teríamos a necessidade de plantio de 19.696,48 mudas, ou seja, 19.697 mudas.

Um estudo realizado pelo Instituto Totum e pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ, 2013), da Universidade de São Paulo em parceria com a Fundação SOS Mata Atlântica, obteve como resultado que cada árvore da Mata Atlântica absorve 163,14 kg de CO² em seus primeiros 20 anos. Com essa informação, é possível afirmar que o projeto proposto para o Município de Ivoti, RS, sequestraria 3.213.205,44 kg de CO², o que equivale a 3.213,20 toneladas absorvidas em decorrência da implementação do projeto nos primeiros 20 anos.

4 Considerações finais

Apesar de existirem poucos estudos com base científica sólida que envolvam a complexidade que o tema absorção de CO² por vegetação necessita, todos concluem que diferentes regiões climáticas promovem diferentes índices de captura de carbono e que a idade dos povoamentos e as espécies envolvidas influenciam os resultados.

Porém, os autores, em geral, concluem que a vegetação é importante sumidouro do CO². A partir dos resultados obtidos nos cálculos realizados neste estudo, percebe-se a contribuição significativa da vegetação urbana das APPs para a remoção de CO² atmosférico e, conseqüentemente, sua importante contribuição à adaptação para os efeitos das mudanças climáticas. A adaptação busca reduzir os efeitos danosos e explorar possíveis oportunidades.

Tendo em vista os resultados obtidos, é recomendado cautela na definição das faixas de áreas de preservação permanente, para atender os interesses locais, conforme prevê a Lei Federal nº 14.285/21. Em especial, porque o município em estudo depende de abastecimento público de água oriunda de poços artesianos e a recarga de aquíferos sofre influência direta da presença da vegetação.

Ainda, é importante destacar as ações de inconstitucionalidade contra a Lei Federal nº 14.285/21. Nas ações, é questionada a constitucionalidade da Lei, porque entendem que a competência legislativa dos municípios é limitada aos assuntos de seu interesse local, critério dentro do qual não se incluem as faixas marginais de rios, dado que os rios fazem parte de uma bacia hidrográfica e raramente cruzam um único município. Por isso, sua gestão ultrapassa fronteiras, devendo ser integrada.

O enfrentamento adaptativo aos efeitos das mudanças climáticas exige uma abordagem ampla que conecte as diversas alternativas técnicas que somadas podem repercutir de maneira positiva no contexto das graves implicações das alterações do clima. Cada município tem autonomia para legislar sobre seu interesse local, não havendo óbice para avaliações pontuais de suas necessidades de tutela ambiental. A questão da mudança das faixas de APP revela uma perspectiva diferente, na medida em que existe uma tendência de flexibilização dessas faixas devido a inúmeros contextos locais em que a flexibilização desponta como solução mais benéfica, sobretudo relacionando com a dimensão econômica e política local.

O somatório de necessidades locais que possam indicar a viabilidade de diminuição das faixas de APP repercutirá de maneira bastante importante sobre a dimensão mais ampla de se restringir as consequências práticas de normas jurídicas mais flexíveis para o estabelecimento de APPs. O caso específico do Município de Ivoti é um indicativo claro e aplicado do novo dispositivo legal e pode ser replicado para qualquer outro contexto municipal em que se esteja avaliando uma possível alteração da lei municipal com base no permissivo da lei federal, objeto de ação direta de inconstitucionalidade.

Trata-se de tema de especial relevância no atual contexto ambiental em que a urgência do enfrentamento das mudanças do clima depara-se com uma alteração legislativa que poderia surtir efeitos pontuais necessários para algumas realidades municipais, porém, de maneira mais ampla, implica em evidente diminuição do papel das florestas urbanas no sequestro de CO².

Referências

- ABRAMPA – Associação Brasileira de Membros do Ministério Público de Meio Ambiente, 2022. Belo Horizonte, MG.
- ADMASU *et al.* A note on the spatial ecology of African civet *Civettictis civetta* and common genet *Genetta genetta* in farmland in the Ethiopian highlands. *Afr. J. Ecol.*, 42, 160-162. Disponível em: <<https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-7998.2011.00887.x#pane-pcw-references>>. Acesso em: 8 maio 2023.
- ANA, 2017. *Agência Nacional de Águas e Saneamento*. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- BARLOW, M.; CLARKE, T. *Ouro Azul*. São Paulo: M. Books do Brasil Ltda., 2003. p. 32
- BATEMAN, P. W.; FLEMING, P. A. Big city life: carnivores in urban environments. *Journal of Zoology*, v. 287, n.1, p.1-23, 2012.
- BNDES. *Programa Fundo Clima – Ferramenta de Cálculo de redução de GEE's*. 2023. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima/ferramenta-calculo-reducao>>. Acesso em: 9 maio 2023.
- BRASIL. *Decreto nº 7.343/2010*. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Fundo Nacional sobre Mudança do Clima – Fundo Clima. Estabelecido pela Lei nº 12.114/2009 e regulamentado pelo Decreto nº 7.343/2010. Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/apoio-a-projetos/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima>>. Acesso em: jul. 2023.
- _____. *Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009*. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6º e 50 da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2019a]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm>. Acesso em: 6 jul. 2023.
- _____. *Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021*. Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm>. Acesso em: 7 maio 2023.
- _____. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l14771.htm>. Acesso em: 3 maio 2023.
- _____. *Lei nº 15.434 de 09/01/2020*. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=388665>>. Acesso em: 27 abr. 2023.
- _____. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Antigo Código Florestal que foi substituído pelo código de 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 4 maio 2023.

_____. *Medida Provisória 2.166-67, de 2001* – Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2001 ago. 25). Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 4 maio 2023.

_____. *Ministério do Meio Ambiente (MMA)*. 2016. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/perguntasfrequent.html?catid=5>>. Acesso em: 7 maio 2023.

_____. *Ministério do Meio Ambiente (MMA)*. 2023. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/perguntasfrequent.html?catid=5>>. Acesso em: 3 maio 2023.

CARVALHO *et al.* Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc.*, Solo 34 (2). Abr 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QKJZTHq3WhV SXHgVMyskHCL/?lang=pt>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

CARVALHO, R. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Urban vegetation loss and ecosystem services: the influence on climate regulation and noise and air pollution. *Environmental Pollution*, 245, 844-852. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>>. Acesso em: 3 maio 2023.

CRJC – 2001. Riparian Buffers for the Connecticut River Watershed. *Connecticut River Joint Commission*. Disponível em: <www.crjc.org>. Acesso em: 7 maio 2023.

CURTIS *et al.* Classifying drivers of global forest loss. *Science*, [s. l.], v. 361, n. 6.407, p. 1.108-1.111, 2018.

DE CASTRO *et al.* Iniciativas estaduais de pagamentos por serviços ambientais: análise legal e seus resultados. *REVIBEC – Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, p. 44-71, 2018. Disponível em: <<https://redibec.org/ojs/index.php/revibec/article/view/79>>. Acesso em: 15 abr. 2023

ESALQ. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. *Universidade de São Paulo*. 2013. Disponível em: <<https://www.institutototum.com.br/index.php/noticias/20-verificacao-de-inventarios-de-gases-de-efeito-estufa/135-cada-arvore-da-mata-atlantica-chega-a-retirar-163-kg-de-co2-da-atmosfera>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. *Instrução Normativa SEMA nº 01/2018*. Estabelece procedimentos a serem observados para a Reposição Florestal Obrigatória no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<C:/Users/Usuario/Downloads/14171747-instrucao-normativa-sema-n-01-2018.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

FARIAS, T. Regime jurídico das áreas de preservação permanente. *CONJUR*, 2019. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2019-jun-08/ambiente-juridico-regime-juridico-areas-preservacao-permanente>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

GOMES, V.; RIBEIRO, R.; CARRETERO, M. A. Effects of urban habitat fragmentation on common small mammals: species versus communities. *Biodiversity and Conservation*, v. 20, n. 14, p. 3.577-3.590, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-011-0149-2>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

HOU *et al.* Valuing carbon sequestration to finance afforestation projects in China. *Forests*, 10 (9): 754. 2019.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 3 maio 2023.

IPCC, 2022. Mudança Climática 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. *Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge,

Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3.056 p., doi: 10.1017/9781009325844. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

MACHADO, P. A. L. *Direito ambiental brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2012.

MANDER, *et al.* Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering*, v. 8, Issue 4, 1997, pages 299-324, ISSN 0925-8574. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857497000256>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

MARTINS, O. S. Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos, SP. *Tese*. São Carlos: UFSCar, 2004.

MCKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience*, v. 52, n. 10, 2002.

MILARÉ, E. *Direito do ambiente*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

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

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF). *Lei que altera Código Florestal fragiliza proteção de APPs em áreas urbanas em todo o Brasil, afirma MPF*. 2022. Disponível em: <<https://www.mpf.mp.br/pgr/noticias-pgr/lei-que-altera-codigo-florestal-fragiliza-protacao-de-apps-em-areas-urbanas-em-todo-o-brasil-afirma-mpf>>. Acesso em: 15 maio 2023.

NOWAK, D. J. CRANE, D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, v. 116, Issue 3, 2002, pages 381-389, ISSN 0269-7491. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749101002147>>. Acesso em: 3 maio 2023.

OLIVER *et al.* Avifauna richness enhanced in large, isolated urban parks. *Landscape and Urban Planning*, v. 102, n. 4, p. 215-225, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IVOTI. *Lei nº 2923/2014*. Institui o Plano Diretor Municipal e Estabelece as Diretrizes e Proposições de Desenvolvimento no Município de Ivoti.

REID, L. M. HILTON, S. Buffering the buffer. *USDA Forest Service*, 45:71-80, 1998.

REIS *et al.* Changes in bird species richness through different levels of urbanization: Implications for biodiversity conservation and garden design in Central Brazil. *Landscape and Urban Planning*, v. 107, n. 1, p. 31-42, 2012.

SÁ, M. de F. P.; VERANI, N.; FRAGOSO, E. N. Peixes do cerrado em perigo. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 34, n. 200. p. 68-71, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.sfrancisco.bio.br/arquivos/Sa%20MFP001.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2023.

SPGG. Desastres naturais no Rio Grande do Sul: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021. *Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental*. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022. Disponível em file: <///C:/Users/Usuario/Downloads/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

STRINGER, E. T. *Action research: A handbook for practitioners*. Thousand Oaks: Sage. 1996.

TANG *et al.* Estoques de carbono nos ecossistemas terrestres da China: novas estimativas baseadas em uma pesquisa de campo intensiva. *Anais da Academia Nacional de Ciências*, 115(16), 4.021-4.026. 2018.

TEEB. 2010. Disponível em: <<https://teebweb.org/>>. Acesso em: 6 maio 2023.

THIOLLENT, M. *Pesquisa-Ação nas Organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.

THRELFALL, C. G.; LAW, B.; BANKS, P. B. Influence of Landscape Structure and Human Modifications on Insect Biomass and Bat Foraging Activity in an Urban Landscape. *Plos One*, v. 7, n. 6, p. 10, 2012.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes em: Hidrologia. *Ciência e Aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, ABRH, 2001.

TYRVÄINEN *et al.* Demand for Enhanced Forest Amenities in Private Lands: The Case of the Ruka-Kuusamo Tourism Area, Finland. *Forest Policy and Economics*, 47 (October): 4-13. 2014. doi: 10.1016/j.forpol.2013.05.007.

UNEPFI. Portfolio Carbon. Measuring, disclosing and managing the carbon intensity of investments and investment portfolios. *UNEP Finance Initiative*, 2013. Disponível em: <https://www.unepf.org/fleadmin/climatechange/UNEP_FI_Investor_Briefing_Portfolio_Carbon.pdf>. Acesso em: 8 maio 2023.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAM (UNDP) – *The SDGS in Action*, 2023. Disponível em: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals?gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixOZzGqQ5etaC2mbGla_0hp50wWWtl5C9mLjPthRnvaAawv7lk_0M4RoC7GEQAvD_BwE>. Acesso em: 8 maio 2023.

WDR. WORLD BANK. World development report 2010: Development and climate change. *The World Bank*, 2009.

WWF, 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacao_ambiental/conceitos/>. Acesso em: 9 maio 2023.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Trad. de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

