

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

BRUNA EVELINE DOMINGOS PETRINI

**PROPOSTAS DE MECANISMOS DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NO
SETOR RURAL NAS BACIAS PCJ, VISANDO O INCENTIVO À ADEQUAÇÃO
AMBIENTAL E RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO PROFISSIONAL EM
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

BRUNA EVELINE DOMINGOS PETRINI

**PROPOSTAS DE MECANISMOS DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NO SETOR
RURAL NAS BACIAS PCJ, VISANDO O INCENTIVO À ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E
RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional e Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, por meio da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP – Câmpus de São Paulo) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Augusto Leite

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

P496p Petrini, Bruna Eveline Domingos.
Propostas de mecanismos de cobrança pelo uso da água no setor rural nas
bacias PCJ, visando o incentivo à adequação ambiental e recomposição florestal
/ Bruna Eveline Domingos Petrini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
166 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Instrumentos de Política de
Recursos Hídricos, 2024

Orientador: Maurício Augusto Leite
Inclui bibliografia

1. Sub-bacia do rio Corumbataí. 2. Cobrança pelo uso da água. 3. Adequação
ambiental.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Proposta de cobrança pelo uso da água no setor rural nas Bacias PCJ,
visando à adoção de mecanismo de proteção aos mananciais

AUTORA: BRUNA EVELINE DOMINGOS PETRINI

ORIENTADOR: MAURICIO AUGUSTO LEITE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, área: Instrumentos de Política de Recursos Hídricos pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente

MAURICIO AUGUSTO LEITE

Data: 20/09/2024 10:20:59-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. MAURICIO AUGUSTO LEITE (Participação Virtual)

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. CARLOSSANDRO CARVALHO DE ALBUQUERQUE (Participação Virtual)

Universidade do Estado do Amazonas - UEA

Prof. Dr. DENIS HERISSON DA SILVA (Participação Virtual)

Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI / Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo
- SAA

Ilha Solteira, 16 de setembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Devo a conclusão deste trabalho a muitas pessoas que, de diferentes maneiras, contribuíram para minha jornada no ProfÁgua. Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Professor Maurício Augusto Leite, por sua generosidade em dedicar seu tempo e compartilhar seu vasto conhecimento, além de sua paciência e entusiasmo com que me guiou ao longo deste processo.

Também agradeço ao meu querido companheiro de vida, Luis Fernando, pelas longas conversas, apoio incondicional e ideias que foram fundamentais para que eu pudesse ter êxito neste trabalho, principalmente nos momentos mais difíceis.

Agradeço aos colegas brilhantes da turma 2022 do ProfÁgua, pela amizade, pela união, pelas trocas de experiências e por tornar as aulas virtuais mais leves, e os encontros presenciais inesquecíveis.

Agradeço à Agência das Bacias PCJ por me possibilitar conciliar a vida profissional e acadêmica, em especial às equipes da Assessoria Ambiental e da Cobrança, setores em que pude atuar e me ofereceram suporte e inspiração para realizar este trabalho.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram com este projeto, seja esclarecendo dúvidas, fornecendo dados e indicando materiais valiosos : Daniela Gomes e Alexandro Lúcio, da EMATER/MG; Denis Silva, da CATI; Ivens de Oliveira e Karla Romão, da Agência das Bacias PCJ; Clélia Nobre, da Agência Peixe Vivo; Henrique Bracale, da TNC; Professor Luis Antônio Coimbra Borges, da UFLA; Renato Gouveia, colega de turma do ProfÁgua, e tantos outros que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho. Ao Denis Silva e Professor Carlossandro da Albuquerque também agradeço por aceitarem a participar da banca de avaliação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

RESUMO

O setor rural possui grande relevância econômica e representa uma significativa demanda no uso de recursos hídricos. No entanto, em alguns Comitês de Bacias Hidrográficas, ainda não há a incidência de cobrança pelo uso da água sobre este setor, como é o caso das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. O fator principal para esta situação é a resistência à cobrança por parte dos representantes do setor rural nos Comitês PCJ, devido à percepção de que a cobrança possa afetar os custos de produção, e à falta de reconhecimento pelos serviços ambientais prestados pelas propriedades. Por outro lado, a área rural concentra as áreas de vegetação nativa degradada que necessitam de recomposição e conservação, bem como há produtores rurais que já executam ações conservacionistas em suas propriedades, seja por força de legislação, seja voluntariamente ou por meio de programas de incentivo, como o PSA. Além disso, algumas intervenções de restauração possuem custo elevado, impossibilitando que principalmente pequenos produtores efetivem a adequação ambiental. A partir destes aspectos, este trabalho propõe mecanismos de cobrança para o setor rural, que considere o incentivo à adequação e conservação ambiental, por meio de modelos matemáticos. As simulações de cenários a partir dos modelos propostos demonstraram particularidades de acordo com a situação de adequação e conservação de cada propriedade. O Modelo 1 possui maior facilidade, porém incentivos limitados para avanços significativos na conservação, enquanto os Modelos 2 e 3 se mostraram mais eficazes em incentivar a adequação ambiental em propriedades com baixa cobertura vegetal, e em propriedades que estão próximas da plena adequação ambiental, respectivamente. Os resultados do trabalho mostraram como a integração entre cobrança, incentivos e investimentos em conservação pode inovar a gestão dos recursos naturais e promover a sustentabilidade.

Palavras-chave: sub-bacia do Rio Corumbataí; cobrança pelo uso da água; adequação ambiental.

ABSTRACT

The rural sector is economically important and represents a significant demand for water resources. However, in some River Basin Committees, there is still no charge for water use in this sector, as is the case of the Piracicaba, Capivari and Jundiaí River Basins. The main factor for this situation is the resistance to charging by representatives of the rural sector in the PCJ Committees, due to the perception that the charge could affect production costs, and the lack of recognition for the environmental services provided by the properties. On the other hand, the rural area concentrates areas of degraded native vegetation that need to be restored and preserved, and there are also rural producers who already carry out conservation actions on their properties, either by law, voluntarily or through incentive programs, such as the PSA. In addition, some restoration interventions are expensive, making it impossible for small producers, especially, to carry out environmental adaptation. Based on these aspects, this paper proposes charging mechanisms for the rural sector that consider incentives for environmental adequacy and conservation, through mathematical models. The scenario simulations based on the proposed models demonstrated particularities according to the adequacy and conservation situation of each property. Model 1 is easier, but offers limited incentives for significant advances in conservation, while Models 2 and 3 proved to be more effective in encouraging environmental adequacy on properties with low vegetation cover, and on properties that are close to full environmental adequacy, respectively. The results of the paper showed how the integration of charging, incentives and investments in conservation can innovate the management of natural resources and promote sustainability.

Keywords: Corumbataí River sub-basin; charging for water use; environmental adequacy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação das fontes de valor do meio ambiente.....	22
Figura 2. Mapa de priorização para conservação, recuperação e restrição.	48
Figura 3. Investimentos nas Bacias PCJ, desde 1994, por PDC.....	54
Figura 4. Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.	61
Figura 5. Localização e municípios pertencentes à Sub bacia do Rio Corumbataí. .	63
Figura 6. Modelos matemáticos M1, M2 e M3, representados por curvas contínuas que conectam os pontos extremos em cada uma das configurações crescente e decrescente.....	68
Figura 7. Quantidade e tipos de usos outorgados na sub-bacia do Rio Corumbataí.	75
Figura 8. Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M1, descrito matematicamente por uma função afim.....	98
Figura 9. Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M2, descrito matematicamente por uma função quadrática com concavidade voltada para cima.....	99
Figura 10. Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M3, descrito matematicamente por uma função quadrática com concavidade voltada para baixo.....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da Cobrança de domínio Federal pelo uso dos recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.....	31
Quadro 2. Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da Cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio Paulista nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.	38
Quadro 3. Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para captação, extração e derivação nas Bacias PCJ.....	14
Quadro 4. Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para consumo nas Bacias PCJ.	15
Quadro 5. Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para diluição, transporte e assimilação de efluentes nas Bacias PCJ.	16
Quadro 6. Bacias Interestaduais com cobrança implementada, e situação quanto à existência de cobrança para usos do setor rural.	20
Quadro 7. Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.	23
Quadro 8. Equações de cálculo da cobrança de domínio da União nos CBHs do Rio Paranaíba, Rio Verde Grande e Rio Grande.....	30
Quadro 9. Parâmetros propostos, descrição e cálculo.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. PPUs vigentes em 2023 e em 2024 da cobrança pelo uso da água em domínio da União nas Bacias PCJ.....	28
Tabela 2. Valores de K_t , considerando as diferentes tecnologias de sistemas de irrigação.....	35
Tabela 3. PUBs vigentes da cobrança pelo uso da água em domínio do Estado de São Paulo nas Bacias PCJ.....	36
Tabela 4. Valores de $K_{sistema}$, na cobrança da Bacia do Rio São Francisco.....	24
Tabela 5. Valores para $K_{manejo\ solo}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.	25
Tabela 6. Valores para $K_{manejo\ irrigação}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.	25
Tabela 7. Valores para K_{rural} , na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.	25
Tabela 8. Valores para $K_{cons\ irrig}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.	26
Tabela 9. Valores de $K_{consumo}$, na cobrança da Bacia do Rio Paraíba do Sul.	27
Tabela 10. Valores de $K_{Agropec}$, na cobrança da Bacia do Rio Paraíba do Sul.	28
Tabela 11. Recursos financeiros investidos nas Bacias PCJ, desde 1994, por PDC e fonte de recurso.	55
Tabela 12. Quantidade e tamanho dos imóveis rurais nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.	71
Tabela 13. Tipos, finalidades e volume total dos usos consuntivos na sub-bacia do Rio Corumbataí.....	73
Tabela 14. Quantitativos de outorgas e dispensas de outorga nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.....	74
Tabela 15. Tipos de uso e finalidades na sub-bacia do Rio Corumbataí.	75
Tabela 16. Distribuição do número de propriedades e área das propriedades entre os municípios da sub-bacia do Rio Corumbataí, e valores de 1 Módulo Fiscal em cada município.....	77
Tabela 17. Porte das propriedades rurais selecionadas para o estudo.	77
Tabela 18. Informações das propriedades selecionadas.....	78
Tabela 19. Tipos, finalidades e volume total dos usos outorgados nas 42 propriedades selecionadas.	79
Tabela 20. Volumes outorgados, por tipo de uso, nas propriedades rurais selecionadas.	79
Tabela 21. Biomas existentes nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.	81

Tabela 22. Remanescentes florestais nas Bacias PCJ.....	82
Tabela 23. Remanescentes florestais na Sub-bacia do Rio Corumbataí.....	83
Tabela 24. Remanescentes florestais nas propriedades selecionadas.	83
Tabela 25. Distribuição da área e porcentagem dos fragmentos de remanescentes florestais, por propriedade.....	84
Tabela 26. Valores das áreas totais de APP, composição e APP a recompor.	87
Tabela 27. Informações sobre RL existente, a recompor e vegetação nativa a recompor nas APPs e RL nas propriedades selecionadas.	90
Tabela 28. Situação das propriedades quanto aos parâmetros analisados.....	95
Tabela 29. Valores cobrados no Cenário de Referência.	104
Tabela 30. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro APPR com os Modelos M1, M2 e M3.	107
Tabela 31. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro APPRL com os Modelos M1, M2 e M3.	112
Tabela 32. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro VN com os Modelos M1, M2 e M3.	117
Tabela 33. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro RF com os Modelos M1, M2 e M3.	123

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC – Área de Contribuição

Agência das Bacias PCJ – Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

AUP – Aglomeração Urbana de Piracicaba

Bacias PCJ – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas

CNARH - Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

Comitês PCJ – Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

Consórcio PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo

PDRF – Plano Diretor de Recomposição Florestal

PERH – Política Estadual de Recursos Hídricos

PIB – Produto Interno Bruto

PIP – Projeto Integral de Propriedade

PMMA – Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PPU – Preço Público Unitário

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

PUB – Preço Unitário Básico

PUF – Preço Unitário Final

RAP-PCJ – Rede de Áreas Protegidas das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

RL – Reserva Legal

RMC – Região Metropolitana de Campinas

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

UFESP - Unidade Fiscal do Estado de São Paulo

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
4.1	VALORAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS	21
4.2	COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	24
4.3	COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS BACIAS PCJ26	
4.3.1	Cobrança de domínio da União nas Bacias PCJ	27
4.3.2	Cobrança de domínio do Estado de São Paulo nas Bacias PCJ.....	35
4.3.3	Deliberação CRH nº 101, de 09/09/2009, uma proposta de metodologia de cobrança para o setor rural no Estado de São Paulo.....	17
4.4	COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SETOR RURAL	18
4.5	METODOLOGIAS DE COBRANÇA	19
4.5.1	Bacias Hidrográficas Interestaduais.....	19
4.5.1.1	<i>Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco</i>	<i>22</i>
4.5.1.2	<i>Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul</i>	<i>26</i>
4.5.1.3	<i>Bacia Hidrográfica do Rio Doce.....</i>	<i>28</i>
4.5.1.4	<i>Bacias Hidrográficas do Rio Paranaíba, Rio Verde Grande e Rio Grande</i>	<i>29</i>
4.5.2	Bacias Hidrográficas Estaduais	31
4.6	LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012, O “NOVO CÓDIGO FLORESTAL”.	33
4.7	CADASTRO AMBIENTAL RURAL - CAR.....	37
4.8	PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL – PRA.....	38
4.9	SERVIÇOS AMBIENTAIS E ECOSSISTÊMICOS	39
4.10	SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA	40
4.11	PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS	42
4.11.1	<i>Programa Produtor de Água.....</i>	42
4.12	Resolução SMA nº 32 de 03/04/2014	44

4.13	PLANO DIRETOR PARA RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL VISANDO À CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NAS BACIAS PCJ.....	45
4.14	POLÍTICA DE MANANCIAIS DAS BACIAS PCJ (DELIBERAÇÃO Nº 238/2015 DE 23/10/2015)	49
4.14.1	Investimentos em Proteção dos Mananciais das Bacias PCJ pelos Comitês PCJ	52
4.15	CUSTOS DA ADEQUAÇÃO AMBIENTAL.....	57
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	59
5.1	FONTES DE DADOS.....	59
5.2	ÁREA DE ESTUDO.....	60
5.2.1	Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá	60
5.2.2	Sub-bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí	62
5.3	DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS E MODELOS MATEMÁTICOS PARA A DEFINIÇÃO DE COEFICIENTES E RESPECTIVOS PESOS.....	65
5.4	ELABORAÇÃO DE CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DE COBRANÇA.....	69
6	RESULTADOS	71
6.1	SINTETIZAÇÃO DE DADOS	71
6.1.1	Propriedades rurais.....	71
6.1.2	Usos de recursos Hídricos	72
6.1.3	Propriedades selecionadas para o estudo	76
6.1.4	Remanescentes florestais	81
6.1.5	Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).....	85
6.2.	PARÂMETROS PROPOSTOS.....	93
6.3	COEFICIENTES E MODELOS PROPOSTOS	96
6.4	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	103
7	DISCUSSÃO	127
8	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS.....	132

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para a sobrevivência da humanidade e para a manutenção da vida no planeta Terra. Apesar da abundância na superfície terrestre, não está distribuída de forma equitativa: estima-se que 97,5% da água existente no mundo encontra-se nos mares, não sendo apropriada para uso humano direto ou agricultura. Dos 2,5% de água doce, a maior parte está concentrada nas geleiras calotas polares, e somente 0,3% constituem-se em água doce dos rios e lagos efetivamente disponíveis para uso (Tundisi, 2003; Augusto *et al.*, 2012). Somado a isto, o crescimento demográfico, o desenvolvimento econômico acelerado visto nas últimas décadas e a alteração dos padrões de consumo, são os principais responsáveis pelo aumento da exploração antrópica sobre os recursos hídricos.

As Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ) possuem extrema importância para o abastecimento de água de uma vasta região, incluindo a Região Metropolitana de Campinas e parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Além disso, a região das Bacias PCJ sustenta importantes atividades econômicas, incluindo agricultura, pecuária, indústrias e serviços, que dependem da disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequadas, para sua continuidade. As Bacias PCJ também abrigam áreas de significativa biodiversidade, fundamentais para a proteção dos recursos hídricos e a manutenção dos ecossistemas.

Nos últimos anos, os períodos de estiagem mais prolongadas, combinados ao aumento demográfico, ocupações desordenadas e uma gestão adaptando-se ao enfrentamento das mudanças climáticas, acarretaram episódios de crise no abastecimento hídrico. Dentre os eventos mais notáveis, está a crise hídrica observada em 2014-2015 no Estado de São Paulo, que causou impactos diretos à população, com vazões abaixo da média que inviabilizaram a manutenção dos níveis normais dos reservatórios.

Consequentemente, a crise afetou a disponibilidade de água para usos múltiplos, ocasionando em cortes no abastecimento público, impactou serviços ecossistêmicos e setores econômicos relacionados, comprometeu a geração de energia elétrica, gerou prejuízos econômicos na agricultura e na produção industrial,

afetou o uso recreativo e turístico dos corpos hídricos, a navegabilidade e a produção industrial (Soriano *et al.*, 2016; Ambrizzi; Coelho, 2018 Victor *et al.*, 2018).

Nas Bacias PCJ, a crise hídrica também gerou conflitos de uso, levando ao racionamento do abastecimento de água em diversos municípios nas Bacias PCJ e à redução da vazão captada para o Sistema Cantareira para abastecimento da RMSP (Bueno; Pera, 2014; Silva; Samora, 2019).

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, reconhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (Brasil, 1997) representa um importante avanço na gestão de recursos hídricos no Brasil e instituiu importantes conceitos, como a implementação de um modelo técnico e sistêmico de integração participativa e gestão compartilhada e descentralizada, a adoção a bacia hidrográfica como unidade de gestão e a utilização de instrumentos econômicos.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um instrumento de gestão que possui, entre outros objetivos, promover a racionalização do uso da água e gerar recursos financeiros para a aplicação em ações de melhoria da própria bacia onde os recursos foram arrecadados (Porto; Porto, 2008). A PNRH descreve em seu Art. 1º, inciso V que a bacia hidrográfica é a unidade territorial de gestão dos recursos hídricos, sendo pertinente que a cobrança seja aplicada de forma equitativa em todos os setores usuários, considerando as demandas e particularidades (Brasil, 1997).

Nas Bacias PCJ, a cobrança foi implementada em 2006 sob domínio da União, e a partir de 2007 no domínio do Estado de São Paulo, esta última por meio da Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005 (São Paulo, 2005), regulamentada pelo Decreto nº 50.667, de 30 de março de 2006 (São Paulo, 2006), ambos ainda em vigor. As disposições transitórias da Lei nº 12.183/2005 previam que os usuários urbanos e industriais estariam sujeitos à cobrança a partir de janeiro de 2006, enquanto os demais usuários, incluindo os rurais, estariam sujeitos à cobrança a partir de janeiro de 2010.

Uma minuta de Decreto foi aprovada em 2009, pela Deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH nº 101/2009, de 09 de setembro de 2009 (São Paulo, 2009), com previsão para implementação no ano seguinte (Silva *et al.*, 2009). Sua efetiva implementação, no entanto, dependeria de aprovação pelo Governo do Estado de São Paulo, por meio de Decreto, o que não ocorreu desde então. A proposta, contudo, contemplava apenas um coeficiente de abatimento, que considera o tipo de tecnologia empregada na irrigação, e atribuía aos Comitês de Bacia

Hidrográfica a responsabilidade de definir os valores desse coeficiente, sem especificar a metodologia a ser adotada para essa definição. E com isso, os usos rurais seguem sem cobrança implementada em cursos d'água sob jurisdição do Estado de São Paulo, nas Bacias PCJ até a atualidade.

O setor rural é um setor representativo quanto ao uso de recursos hídricos nas Bacias PCJ. No entanto, a introdução da cobrança no setor ainda enfrenta como desafio os conflitos de interesse entre os diversos setores envolvidos, representados nos Comitês PCJ (Silva *et al.*, 2007).

Por outro lado, uma parte significativa das áreas que precisam ser conservadas ou restauradas, especialmente aquelas prioritárias para o abastecimento público, encontram-se nas áreas particulares de imóveis rurais. No entanto, um desafio para o desenvolvimento de projetos de restauração florestal destinados à proteção dos mananciais de abastecimento é garantir o envolvimento efetivo desses proprietários na preservação da vegetação que protege os corpos hídricos, além dos custos associados à restauração de áreas já degradadas (Padovezi *et al.*, 2012). Neste sentido, o proprietário rural é a figura essencial no processo de adequação ambiental em escala local, uma vez que majoritariamente, os passivos ambientais encontram-se nas propriedades rurais. Cabe ressaltar que apenas o modelo de instrumentos de comando e controle podem ser repressivos, e se apresentam insuficientes para efetividade e garantia da adequada proteção ambiental e gestão de recursos hídricos de forma sustentável (Ferreira, 2014).

O uso apropriado da terra e a observância da legislação ambiental na manutenção e preservação da vegetação nativa é essencial para a proteção dos mananciais, e conseqüentemente para a melhoria da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos (Figueiredo *et al.*, 2005). Neste sentido, torna-se fundamental o papel do produtor rural que adota práticas conservacionistas que possam garantir o suprimento hídrico em regiões onde estão localizados os mananciais de abastecimento.

As aplicações de dispositivos de incentivo com a redução do preço final a ser pago pela cobrança é previsto em legislação. Em algumas bacias hidrográficas onde a cobrança encontra-se instituída, são observados diversos tipos de coeficientes, que se aplicam à necessidade de cada região, de acordo com a bacia hidrográfica em questão. Como exemplos, podem se citados coeficientes ponderadores que variam seu peso de acordo com a classe de enquadramento do corpo hídrico onde é realizado

o uso, com a porcentagem de remoção de carga orgânica dos lançamentos de efluentes, de acordo com a tecnologia de irrigação empregada, entre outros.

O principal fator de entrave à implementação da cobrança para o setor rural nas Bacias PCJ é o receio por parte dos produtores com relação ao aumento dos custos de produção, que poderão inviabilizar as atividades produtivas, principalmente para pequenos produtores, tornando suas atividades pouco rentáveis e competitivas no mercado (Mota, 2004). Vale destacar que a legislação acerca da cobrança, tanto em domínio da União quanto em domínio do Estado de São Paulo, prevê a isenção da cobrança para volumes considerados insignificantes, bem como para pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural, quando independer de outorga de direito de uso. Com isso, a cobrança se aplicaria apenas aos volumes superiores dos considerados insignificantes.

Embora a adequação ambiental possa envolver custos iniciais aos produtores rurais, os benefícios a longo prazo, tanto econômicos quanto ambientais, tendem a compensar os investimentos. Além disso, políticas públicas e programas de incentivo, como o Pagamento por Serviços Ambientais, podem ajudar a reduzir os custos para os produtores e apoiar a transição para práticas mais sustentáveis (Pagiola *et al.*, 2013; Nogueira Junior *et al.*, 2022). Em suma, a longo prazo, a adequação ambiental pode ser vista como um investimento que traz retorno tanto para o produtor quanto para o meio ambiente.

De acordo com Padovezi *et al.* (2012), parte significativa das áreas ciliares a serem restauradas se encontra em posse de proprietários rurais particulares, áreas onde também se localizam mananciais para abastecimento público, e estão sujeitas a pressões por alterações no uso do solo. Contudo, a ausência de engajamento destes é um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento de projetos de restauração florestal em larga escala.

Também deve ser considerado o fato de que muitos produtores rurais já realizam boas práticas de uso da água em suas propriedades, voluntariamente ou por estarem sujeitos às exigências legais acerca da adequação ambiental das propriedades rurais.

Neste sentido, a implementação da cobrança poderá promover a racionalização do uso dos recursos hídricos por este setor. Adicionalmente, a incorporação de incentivos à adequação ambiental e à recomposição de vegetação aos mecanismos de cálculo poderá representar uma inovação para a gestão dos recursos hídricos, pois

poderá estimular a adoção de práticas sustentáveis em propriedades rurais, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e a proteção do meio ambiente e o alinhamento com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 6 (Água Potável e Saneamento), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre).

Com base no exposto, é pertinente considerar a adoção de um mecanismo diferenciado, e até mesmo compensatório, de cobrança para usos rurais, com o intuito de promover a gestão equitativa e uso racional da água, ao mesmo tempo em que se estimula que um maior número de propriedades seja adequado ambientalmente, beneficiando proprietários que já executam práticas ambientais. Além disso, um mecanismo diferenciado de outros setores, que reconheça as particularidades do setor agrícola e os esforços de proprietários que executam boas práticas pode ser um fator favorável para superar a resistência do setor rural à implementação da cobrança pelo uso da água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O estudo tem por objetivo geral propor coeficientes ponderadores aplicáveis à metodologia de cálculo da cobrança pelo uso de recursos hídricos para o setor rural, visando o incentivo a ações que promovam a adequação ambiental e a conservação de remanescentes florestais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter os dados de outorga, Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APP) e o georreferenciamento de propriedades rurais da sub-bacia do Corumbataí;
- Elencar propostas de parâmetros diferenciados a serem incorporados à cobrança pelo uso de recursos hídricos aplicáveis aos usuários do setor rural, com base na adequação ambiental de propriedades rurais e na conservação de renascentes florestais;
- Utilizar modelos matemáticos para o cálculo de coeficientes ponderadores baseados no nível de adequação de APP, RL e remanescentes de vegetação existentes nas propriedades rurais;
- Propor coeficientes ponderadores a serem incluídos na metodologia atual da cobrança, atribuindo pesos de acordo com o nível de preservação e de adequação ambiental, visando incentivar proprietários rurais a aderirem à adequação ambiental e promoverem conservação dos remanescentes florestais em suas propriedades;
- Realizar simulações de cenários, considerando o cálculo da cobrança com os parâmetros e coeficientes propostos, demonstrando os impactos nos valores de cobrança, em comparação à metodologia atual de cálculo;

Cabe ressaltar que o presente estudo não possui como objetivo propor uma “metodologia ideal”, mas apresentar cenários de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, baseados nos parâmetros e modelos de coeficientes ponderadores propostos, que possam ser considerados em uma metodologia de cobrança que

venha a ser implementada pelos Comitês PCJ para o setor rural, de acordo com o comportamento que se desejar incentivar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 VALORAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

A manutenção de processos produtivos em geral depende, em maior ou menor grau, dos recursos naturais. À medida que aumentam as demandas, motivadas pelo crescimento do consumo de bens e serviços, da industrialização, da urbanização, bem como da demografia e a expectativa de vida, intensifica-se a utilização e degradação dos recursos ambientais. Surgem então, entre os sujeitos interessados, os conflitos em torno do uso dos recursos, que por sua vez vão se tornando cada vez mais escassos (Hartmann, 2010).

A degradação ambiental gera custos que, quando não compensados pelos geradores, se tornam externalidades para o sistema econômico com um todo. A existência de tais externalidades requer intervenções governamentais, que podem fazer uso de instrumentos distintos como a determinação dos direitos de propriedade, o uso de normas ou padrões, instrumentos econômicos, as compensações monetárias por danos, dentre outros dispositivos (Seroa da Motta, 1997).

A valoração ambiental é um conjunto de métodos e técnicas utilizadas para atribuir valor econômico a recursos e serviços ambientais, às mudanças ocorridas neles e aos efeitos que tais alterações no bem-estar humano, com objetivo de prevenir a degradação dos recursos ambientais antes que ela ultrapasse o limite da irreversibilidade (Nogueira Júnior *et al.*, 2022). Tais valores podem ser diretos ou indiretos, monetários ou não monetários, e são essenciais para a tomada de decisões em políticas ambientais, gestão de recursos naturais e conservação. A valoração ambiental busca quantificar os benefícios proporcionados pelos ecossistemas, como água limpa, ar puro, polinização, regulação climática, entre outros, e os custos associados à sua degradação ou perda (Pearce, 1993; Romeiro *et al.*, 1997).

De acordo com Garcia e Romeiro (2013), o sistema de preços somente existe para os bens e serviços produzidos pelo sistema econômico, e não se aplica aos bens e serviços ecossistêmicos, que por sua vez são considerados bens públicos, ou seja, são caracterizados pela não exclusividade e não rivalidade, e por isso não existem mercados, para a sua maioria. Além disso, o usuário, na maioria dos casos, não reconhece os serviços ecossistêmicos como “produtos” passíveis de “precificação”;

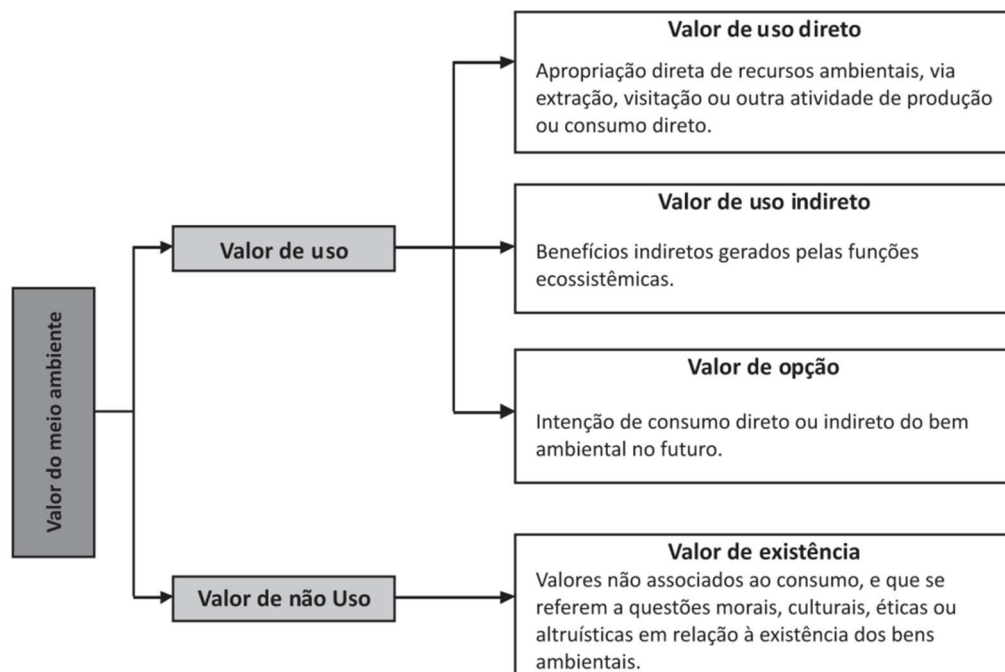
consequentemente, não estaria disponível a pagar pelo seu “consumo” (Garcia; Romeiro, 2013).

Ao atribuir um valor econômico aos recursos ambientais, é possível incluir esses valores em análises econômicas e decisões de mercado, permitindo uma gestão mais sustentável e equilibrada. Conforme aborda Pearce (1993), métodos de valoração ambiental incluem a estimativa de preços através de funções de produção, a criação de mercados hipotéticos para determinar a disposição a pagar da população, e a análise de custos evitados ou substituídos. Essas abordagens ajudam a demonstrar a importância dos recursos ambientais e a justificar investimentos em conservação e recuperação.

De acordo com a abordagem discutida em Romeiro e Maia (2011), para a economia ambiental, valorar o meio ambiente envolve principalmente a atribuição de um valor monetário aos recursos ambientais. Estes recursos possuem um valor econômico que decorre da utilidade que oferecem (valor de uso). No entanto, para os recursos ambientais que não apresentam um valor de uso aparente, mas pelos quais os agentes econômicos ainda estão dispostos a pagar, considera-se que eles possuem um “valor de existência”. A

Figura 1 sintetiza a visão da economia ambiental sobre as fontes de valor do meio ambiente:

Figura 1 - Classificação das fontes de valor do meio ambiente.



Fonte: Romeiro e Maia (2011).

Conforme observado por Martins e Venâncio (2003), a valoração dos recursos hídricos consiste na atribuição de um valor monetário à água, que se reflete através de impostos, taxas ou preços públicos cobrados tanto pelo uso quanto pela contaminação desse recurso.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é considerada uma forma de valoração econômica direta, pois atribui um valor monetário explícito ao uso da água, bem como está relacionado à disposição a pagar dos usuários, incentivando o uso eficiente e sustentável, e promover a conservação dos recursos hídricos ao refletir os custos de sua extração e tratamento.

A preservação dos recursos naturais, embora desejável do ponto de vista ambiental, acarreta um custo social e econômico que deve ser distribuído entre os diversos agentes que usufruem dos benefícios. Toda conservação gera um custo de oportunidade das atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção, representando, portando, as perdas econômicas em virtude das restrições de uso dos recursos ambientais (Romeiro; Maia, 2011; Garcia; Romeiro, 2013). A conservação dos recursos naturais nas propriedades rurais está diretamente relacionada a este conceito.

Neste sentido, a valoração dos recursos naturais é uma ferramenta crucial para promover a gestão sustentável dos recursos e informar a formulação de políticas ambientais. Apesar dos desafios, a aplicação de métodos de valoração pode trazer importantes benefícios econômicos, sociais e ambientais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos ecossistemas para as gerações futuras.

3.2 COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Conforme definem Porto e Porto (2008), a cobrança pelo uso dos recursos hídricos consiste em um instrumento de gestão de recursos hídricos, bem como um instrumento de incentivo econômico, o qual visa orientar para a valorização de bens e serviços ambientais, de acordo com sua oferta e escassez.

Os principais objetivos da cobrança na Política Estadual de Recursos Hídricos, conforme a legislação do Estado de São Paulo, estão alinhados com os objetivos da PNRH: reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água e; obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos. No Estado de São Paulo, a Lei nº 12.183/2005, dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo, e é regulamentada pelo Decreto nº 50.667/2006.

De acordo com o que justificam Santin e Goellner (2013), a cobrança não é um imposto, mas sim um preço condominial fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e os Comitês de Bacia Hidrográfica - CBH, e seu produto arrecadado possui destinação definida no Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica de origem.

Conforme destaca Granziera (2011), a cobrança caracteriza-se juridicamente como preço público, já que sua fonte de exploração se trata de um bem de domínio público, e possui natureza negocial, cabendo ao detentor do domínio estabelecer o respectivo valor. A cobrança também está pautada por princípios ambientais e econômicos, conhecidos como princípio do poluidor-pagador e o princípio do usuário-pagador.

Milaré (2007) afirma que a cobrança deve ser considerada um instrumento de gestão das águas mais do que uma fonte arrecadatória de recursos, até porque, muitas vezes o produto da arrecadação da cobrança será insuficiente para o

financiamento de todos os programas previstos nos planos de recursos hídricos, mas ainda assim, ela deverá incentivar o uso racional da água, induzindo a economicidade na captação e a purificação no lançamento.

Considerando o aspecto econômico, o objetivo da cobrança deve ser o de determinar um preço que induza o uso eficiente da água, o que ocorreria de fato quando o preço cobrado ao usuário para lançar um m³ de efluente bruto em um rio, por exemplo, fosse igual ao seu custo para tratar este mesmo m³ de efluente (Reis; Lanna, 2005).

Segundo Porto e Porto (2008), a aplicação da cobrança como instrumento econômico deve ser amplamente discutida e compartilhada dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), de modo que seja vista como um incentivo e não apenas como um meio de arrecadação ou imposição de penalidades.

Quanto ao ordenamento territorial, a cobrança pode ser entendida e aplicada como instrumento de política pública, principalmente quando levado em consideração o caráter estruturante da atividade econômica da água, fortemente impulsionador de desenvolvimento, e ao mesmo tempo assegurador de qualidade de vida das comunidades de uma bacia hidrográfica (Brasil, 2006).

Os mecanismos da cobrança atualmente vigentes para o cálculo do valor a ser pago pelo usuário são compostos por bases de cálculo, preços unitários e coeficientes ponderadores/multiplicadores, que são representados por uma equação e são propostos pelos CBHs (Carvalho *et al.*, 2011).

As bases de cálculo são o componente da estrutura dos mecanismos de cobrança, quantificam o uso da água. Para efeito, são considerados como usos da água passíveis de cobrança os volumes de captação e de consumo de águas superficiais e subterrâneas e a carga orgânica poluidora na diluição de efluentes (Magalhães Filho *et al.*, 2015). Estes usos da água podem ser caracterizados de forma direta ou indireta, sendo que de forma direta, o parâmetro utilizado é a vazão (medida em m³), e na forma indireta, podem-se utilizar parâmetros como a carga poluente lançada (DBO_{5,20}), a área irrigada (ha ou km²) ou a energia produzida (MW ou KW).

A legislação prevê que os coeficientes ponderadores aplicados no cálculo sigam alguns critérios, como por exemplo, as características e o ponto de utilização, a época da retirada, a disponibilidade hídrica do local, as condições socioeconômicas do usuário, entre outros, que possam impactar no valor final da cobrança. Tais

coeficientes, de acordo com Magalhães Filho *et al.* (2015), devem considerar características de diferenciação para atribuição de pesos para esses coeficientes, como o tipo de usuário, a finalidade do uso, e até características do local e temporal, ou seja, vulnerabilidade do manancial (áreas de recarga de aquíferos, zonas de crescimento urbano e industrial), períodos de escassez e sazonalidade.

De acordo com Goulart Júnior *et al.* (2010), podem ser utilizados critérios específicos para a definição do valor da cobrança considerando a localização da utilização do recurso hídrico, classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada em seu regime de variação e o consumo efetivo.

3.3 COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS BACIAS PCJ

Os Comitês PCJ foram o segundo CBH a implementar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em rios de domínio da União, em 2006. A instauração da cobrança nos Comitês PCJ foi um dos principais temas debatidos, e sua implementação foi precedida de um projeto piloto iniciado pelo Consórcio PCJ, criado a partir da articulação de alguns municípios, o que destaca o pioneirismo das Bacias PCJ (Demajorovic *et al.*, 2015).

A Agência das Bacias PCJ é uma instituição de direito privado, sem fins lucrativos e com estrutura administrativa e financeira próprias. A entidade possui atribuição de prestar apoio na execução das políticas planejadas pelos Comitês PCJ, sendo responsável por gerenciar os recursos financeiros arrecadados com a cobrança, de forma que os projetos deliberados pelos Comitês PCJ sejam executados (Santi *et al.*, 2019).

Ressalta-se que a Cobrança está implementada há mais de 15 anos nas Bacias PCJ, portanto, é pertinente a avaliação sobre o cumprimento de seus objetivos, mecanismos eventualmente obsoletos e a identificação de lacunas ainda não preenchidas pela legislação, visando ao fortalecimento e maior eficiência do instrumento. Neste sentido, a ausência de uma cobrança para os usos com finalidade rural em domínio Estadual Paulista nas Bacias PCJ é uma lacuna que ainda necessita ser trabalhada.

Nas Bacias PCJ, particularmente, há a existência de águas de domínio da União e dos Estados. Tal característica implica em uma sistemática complexa na gestão e na operacionalização da cobrança, devido às peculiaridades jurídico-institucionais relativas aos recursos hídricos no Brasil em cada Estado da Federação (Silva *et al.*, 2009).

Uma das dificuldades consiste na gestão e operacionalização da cobrança, já que no caso do domínio Federal é realizada a operacionalização, cadastro de usos e emissão de boletos pela ANA, e no caso do domínio Estadual Paulista é realizado pela Agência das Bacias PCJ.

Segundo a FABH-PCJ (2014), com o início do processo de instalação da cobrança, um número considerável de usuários passou a efetuar melhorias na eficiência dos usos, fazendo com que na implantação efetiva da cobrança Federal em 2006 e em domínio estadual em 2007, várias outorgas fossem atualizadas com a redução do volume captado, bem como muitos usuários optaram por implantar medidores de vazão, garantindo uma maior eficiência no uso.

Quanto à metodologia de cálculo, os critérios, preços unitários e coeficientes também seguem regras distintas na Cobrança de domínio da União e na Cobrança de domínio Estadual, conforme será detalhado nos itens subsequentes.

Com relação aos usos de finalidade rural, atualmente há cobrança apenas em rios de domínio da União, enquanto que em domínio Estadual ainda não há uma metodologia de cobrança aprovada, sendo cobrados apenas os usos de finalidade urbana, industrial e de abastecimento público.

Tais incompatibilidades entre a operacionalização, regras e metodologias de cálculo da cobrança em domínio da União e do Estado podem acarretar ineficiência na gestão de recursos hídricos, já que os usuários podem optar em fazer uso em um determinado corpo hídrico para não sofrerem cobrança, gerando conflitos de demanda. Apesar de se tratar de domínios distintos, a bacia hidrográfica é única, e é a unidade territorial de gestão, em que os conflitos relacionados à disponibilidade e qualidade da água são os mesmos, independentemente do seu domínio, e por isso, não há sentido em distinguir os critérios de gestão dos recursos hídricos em virtude do seu domínio.

3.3.1 Cobrança de domínio da União nas Bacias PCJ

São definidos pelo art. 20 da Constituição Federal de 1988, inciso III, como Bens da União: “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”. As Bacias PCJ possuem corpos hídricos que atravessam os Estados de São Paulo e de Minas Gerais e que, portanto, são de domínio da União.

Os mecanismos de cobrança em domínio da União, nas Bacias PCJ foram estabelecidos, inicialmente, na Deliberação Comitês PCJ nº 25, de 21 de outubro de 2005, e sua implementação aprovada por meio da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 52, de 28 de novembro de 2005, posteriormente tendo sua ratificação e aprovação por meio da a Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 78, de 05 de dezembro de 2007 e a Resolução CNRH nº 78, de 10 de dezembro de 2007, respectivamente. São cobrados os usos de captação, consumo, lançamento de efluentes e transposição de bacia de usuários sujeitos à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos com captação de água superior a 5 m³/dia.

Os Preços Públicos Unitários – PPU praticados foram atualizados em 2016, por meio da Deliberação Comitês PCJ nº 160, de 12 de dezembro de 2012, aprovados por meio da Resolução CNRH nº 155 de 09 de julho de 2014. Após, a Resolução CNRH nº 192, de 19 de dezembro de 2017, estabeleceu procedimentos para atualização dos PPU a partir de índices econômicos. A partir de 2019, os PPU passaram a ser atualizados anualmente com base na variação do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA do ano anterior, conforme estabelecido pela Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 298, de 28 de junho de 2018, aprovada pela Resolução CNRH nº 204, de 16 de outubro 2018. Os PPU atuais, praticados em 2023 e em 2024 estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. PPU vigentes em 2023 e em 2024 da cobrança pelo uso da água em domínio da União nas Bacias PCJ

Tipos de Usos	Unidade	Valores dos PPU	
		Vigentes em 2023	Vigentes em 2024
Captação de água bruta	R\$/m³	0,0171	0,0179
Consumo de água bruta	R\$/m³	0,0344	0,0360

Tipos de Usos	Unidade	Valores dos PPU's	
		Vigentes em 2023	Vigentes em 2024
Lançamento de efluentes (DBO _{5,20})	R\$/Kg	0,1718	0,1801
Transposição de bacia	R\$/m ³	0,0258	0,0270

Fonte: FABH-PCJ (2024).

Nas Bacias PCJ, a cobrança pelo uso da água em domínio da União é realizada pela ANA. Os recursos arrecadados são integralmente repassados à Agência das Bacias PCJ, que é responsável por desembolsar os recursos nas ações previstas no Plano de Recursos Hídricos da bacia e conforme as diretrizes estabelecidas no plano de aplicação, ambos aprovados pelos Comitês PCJ.

Quanto aos mecanismos vigentes de cálculo, a cobrança de domínio Federal nas Bacias PCJ segue ao estabelecido pela Deliberação dos Comitês PCJ nº 25/2005, e consideram como bases de cálculo:

- Q_{cap} : volume anual de água captado dos corpos hídricos;
- Q_{transp} : volume anual de água captada e transposta para outras bacias;
- $Q_{lanç}$: volume anual lançado nos corpos hídricos;
- Q_{cons} : volume anual de água consumido do corpo hídrico (diferença entre o volume captado e o lançado); e
- CO_{DBO} : carga orgânica lançada no corpo hídrico.

O valor total que cada usuário de recursos hídricos deverá pagar referente à cobrança pelo uso da água será calculado de acordo com a seguinte equação básica geral:

$$Valor_{Total} = (Valor_{cap} + Valor_{cons} + Valor_{CO} + Valor_{PCH} + Valor_{Rural} + Valor_{transp}) \times K_{Gestão} \quad (1)$$

Em que:

- $Valor_{cap}$: valor total anual da cobrança pela captação;
- $Valor_{cons}$: valor total anual da cobrança pelo consumo;
- $Valor_{CO}$: valor total anual da cobrança pela carga de DBO_{5,20} lançada;
- $Valor_{PCH}$: valor total anual da cobrança para geração de energia elétrica, por meio de Pequenas Centrais Hidrelétricas;
- $Valor_{Rural}$ = valor total anual da cobrança pela captação e pelo consumo de água para os usuários do setor rural;

- $Valor_{transp}$ = valor total da cobrança referente aos volumes de água que forem
- captados e transpostos das Bacias PCJ para outras bacias;
- $K_{Gestão}$ = coeficiente que leva em conta o efetivo retorno às Bacias PCJ dos recursos arrecadados pela cobrança do uso da água nos rios de domínio da União para as Bacias PCJ, sendo considerado valor de $K_{Gestão}$ igual a 1 (um).

Cada parâmetro de cálculo da cobrança de domínio da União possui mecanismos específicos, que incluem equações e coeficientes ponderadores, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da Cobrança de domínio Federal pelo uso dos recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

Fator cobrado	Equação	Definições e coeficientes
$Valor_{cap}$ (quando não existir medição)	$= Q_{cap\ out} \times PPU_{cap} \times K_{cap\ classe}$	$Q_{cap\ out}$ = volume anual de água captado, em m³/ano, segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante; $K_{cap\ classe}$ = coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água no qual se faz a captação, sendo: - 1,0 para corpo d'água de classe 1; - 0,9 para corpo d'água de classe 2; - 0,9 para corpo d'água de classe 3; - 0,7 para corpo d'água de classe 4.
$Valor_{cap}$ (quando $Q_{cap\ med}/Q_{cap\ out}$ for maior ou igual a 0,7)	$= (K_{out} \times Q_{cap\ out} + K_{med} \times Q_{cap\ med}) \times PPU_{cap} \times K_{cap\ classe}$	$Q_{cap\ med}$ = volume anual de água captado, em m³/ano, segundo dados de medição; K_{out} = peso atribuído ao volume anual de captação outorgado (adotado 0,2); K_{med} = peso atribuído ao volume anual de captação medido (adotado 0,8).
$Valor_{cap}$ (quando $Q_{cap\ med}/Q_{cap\ out}$ for menor que 0,7)	$= [K_{out} \times Q_{cap\ out} + K_{med} \times Q_{cap\ med} + K_{med\ extra} \times (0,7 \times Q_{cap\ out} - Q_{cap\ med})] \times PPU_{cap} \times K_{cap\ classe}$	$K_{med\ extra}$ = peso atribuído à diferença entre 0,7 $Q_{cap\ out}$ e $Q_{cap\ med}$ (adotado 1).
$Valor_{cons}$	$= Q_{cons} \times PPU_{cons}$	$= (1 - \text{Coeficiente de retorno}) \times Q_{cap}$

Fator cobrado	Equação	Definições e coeficientes
$Valor_{Rural}$	$= (Valor_{cap} + Valor_{cons}) \times K_t$	K_t = coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água no imóvel rural onde se dá o uso de recursos hídricos.
$Valor_{CO}$	$= CO_{DBO} \times PPU_{DBO} \times K_{lan\grave{c} \text{ classe}}$	CO_{DBO} = carga anual de $DBO_{5,20}$ efetivamente lançada, em kg/ano; $K_{lan\grave{c} \text{ classe}}$ = coeficiente que leva em conta a classe de enquadramento do corpo d'água receptor.
CO_{DBO}	$= C_{DBO} \times Q_{lan\grave{c} \text{ Fed}}$	C_{DBO} = Concentração média anual de $DBO_{5,20}$ lançada, em kg/m ³ ; $Q_{lan\grave{c} \text{ Fed}}$ = Volume anual de água lançada, em m ³ /ano.
$Valor_{PCH}$	$= (0,2 \times GH_{nominal} + 0,8 \times GH_{efetivo}) \times TAR \times K_{gera\grave{c}\tilde{a}o}$	$GH_{nominal}$ = energia gerada anual, em MWh, segundo capacidade nominal da PCH; $GH_{efetivo}$ = energia anual, efetivamente gerada, em MWh, pela PCH; TAR = valor da Tarifa Atualizada de Referência, em R\$/MWh, relativa à compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos, fixada anualmente por Resolução da ANEEL; $K_{gera\grave{c}\tilde{a}o}$ = adotado igual a 1.

Fator cobrado	Equação	Definições e coeficientes
<i>Valor_{transp}</i>	$= (K_{out} \times Q_{transp\ out} + K_{med} \times Q_{transp\ med}) \times PUB_{transp} \times K_{cap\ classe}$	K_{out} = peso atribuído ao volume anual de transposição outorgado K_{med} = peso atribuído ao volume anual de transposição medido; $Q_{transp\ out}$ = volume anual de água captado, em m³, em corpos d'água de domínio da União, para transposição para outras bacias, segundo valores da outorga; $Q_{transp\ med}$ = volume anual de água captado, em m³, em corpos d'água de domínio da União, nas Bacias PCJ, para transposição para outras bacias, segundo dados de medição. • Adotadas mesmas regras para $Q_{cap\ out}$ e $Q_{cap\ med}$

Fonte: CBH PCJ (2005).

No caso dos mecanismos vigentes para cálculo da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, a Deliberação dos Comitês PCJ nº 25/2005 estabeleceu inicialmente o “ $K_{Retorno}$ ” para o cálculo do volume consumido dos usos com finalidade irrigação. Após atualização do mecanismo, por meio da Resolução ANA nº 124, de 16 de dezembro de 2019, o mecanismo passou a ser chamado “*Coeficiente de Retorno*”, e passou a ser aplicado a todas as finalidades de uso para o cálculo do consumo. Tal coeficiente considera a parcela do volume captado que retorna ao corpo hídrico, atribuído a cada ponto de interferência do tipo captação, o qual varia de 0 a 1. Os valores variam por finalidade de uso, conforme definido pela Resolução nº 124/2019, a saber:

I - igual a 0,80 para as finalidades Consumo Humano e Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio;

II - igual a 0,00 para as finalidades Irrigação, Criação Animal e Mineração - Outros Processos Extrativos;

III - para as finalidades Abastecimento Público, Indústria, Aquicultura em Tanque Escavado, Termoelétrica e Outras, sequencialmente:

a) as informações registradas no CNARH – Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos; ou

b) o coeficiente de retorno informado pelo usuário no REGLA - Sistema Federal de Regulação de Usos; ou

c) coeficiente de retorno igual a 0,80 para a finalidade Abastecimento Público e igual a 0,00 para as finalidades Indústria, Aquicultura em Tanque Escavado, Termoelétrica e Outras.

Outro coeficiente utilizado no cálculo da cobrança em domínio Federal, específico para o uso rural, trata-se do “ K_{Rural} ”, o qual leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água no imóvel rural onde se dá o uso de recursos hídricos, e é estabelecido pela Deliberação do Comitês PCJ nº 25/2005. A mesma Deliberação estabeleceu o valor de K_{Rural} igual a 0,1 (um décimo), durante os dois primeiros anos da cobrança. Na revisão do mecanismo, por meio da Deliberação nº 78/2007, o coeficiente passou a ser denominado “ K_f ”, sendo que para os usuários de recursos

hídricos que não se enquadram dentre os irrigantes, o valor do *Kt* permaneceu igual a 0,1, ressalvada nova proposta dos Comitês PCJ. Para os usuários de irrigação, o *Kt* visa levar em conta a tecnologia do sistema de irrigação adotada, atribuindo pesos distintos a cada tecnologia, conforme a Tabela 2. Na ausência da informação do sistema de irrigação, é adotado o valor de *Kt* igual a 0,5 (cinco décimos).

Tabela 2 - Valores de *Kt*, considerando as diferentes tecnologias de sistemas de irrigação.

Sistema de irrigação	<i>Kt</i>
Gotejamento	0,05
Micro aspersão	0,10
Pivô central	0,15
Tubos perfurados	0,15
Aspersão convencional	0,25
Sulcos	0,40
Inundação	0,50

Fonte: Deliberação dos Comitês PCJ nº 78/2007.

3.3.2 Cobrança de domínio do Estado de São Paulo nas Bacias PCJ

Definem-se como águas de domínio do Estado, pela Constituição Federal, art. 26, inciso I: “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”.

Em 2006, foi aprovada pelos Comitês PCJ a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo, por meio da Deliberação Conjunta nº 48, de 28 de setembro de 2006 que entrou em vigor a partir de janeiro de 2007, com valores de cobrança equivalentes aos cobrados pelos usos nas águas de domínio da União (Eça; Fracalanza, 2010).

A cobrança em domínio do Estado de São Paulo nas Bacias PCJ teve início nas Bacias PCJ em 2007 para os setores industrial e urbano, após a aprovação do Decreto nº 50.667/2006 que regulamentou os dispositivos da Lei nº 12.183/2005, bem como após a aprovação da fixação dos preços unitários, por meio do Decreto nº 51.449, de 29 de dezembro de 2006. Para os usos rurais, no entanto, a cobrança foi protelada para iniciar a partir de janeiro de 2010, sob a premissa da aprovação de decreto de regulamentação dos dispositivos da Lei n. 12.183/2005, e da aprovação

por meio de decreto estadual, de preços unitários propostos pelos Comitês PCJ (Silva, *et al.*, 2007).

Os Preços Unitários Básicos – PUBs de cada bacia Hidrográfica são propostos pelos CBH correspondentes e posteriormente referendados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH.

Os PUBs atualmente vigentes nas Bacias PCJ foram atualizados em 2016, conforme proposta dos Comitês PCJ por meio da Deliberação Comitês PCJ nº 160/2012. A Deliberação dos Comitês PCJ nº 211, de 26 de setembro de 2014, definiu que a aplicação dos novos PUBs, propostos pela Deliberação nº 160/2012 deveria ocorrer somente e imediatamente após a data de publicação de Decreto do Governador do Estado de São Paulo, conforme previsto pela Lei nº 12.183/2005. Desta forma, em 2015 foi publicado o Decreto Estadual nº 61.430/2015, de 17 de agosto de 2015, aprovando os referidos valores. A partir de então, os PUBs da cobrança Estadual não foram novamente atualizados, até o momento. Assim sendo, os preços atuais praticados são os mesmos, desde 2016, e estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - PUBs vigentes da cobrança pelo uso da água em domínio do Estado de São Paulo nas Bacias PCJ

Tipos de Usos	Unidade	Valores dos PUBs
Captação, Extração e Derivação	R\$/m ³	0,0127
Consumo de água bruta	R\$/m ³	0,0255
Lançamento de carga orgânica (DBO _{5,20})	R\$/kg	0,1274

Fonte: FABH-PCJ (2024).

Os mecanismos de cálculo da cobrança no Estado de São Paulo seguem as disposições da Lei nº 12.183/2005. O Decreto nº 50.667/2005 regulamenta dispositivos da referida Lei, e determina que os PUFs – Preços Unitários Finais a serem cobrados para cada base de cálculo – captação, consumo e lançamento de efluentes, serão obtidos por meio da multiplicação dos PUBs por Coeficientes Ponderadores.

Por fim, os PUFs são multiplicados pelo volume total anual de água bruta captado, pelo volume de água bruta consumido e pela carga orgânica total anual do efluente lançado. Dessa forma, tem-se que:

$$Valor_{Total} = (V_{cap}PUF_{cap} + V_{cons}PUF_{cons} + CO_{DBO}PUF_{DBO}) \quad (2)$$

Em que:

- V_{cap} = volume total anual captado, derivado ou extraído, por uso, em corpos d'água;
- V_{cons} = volume total anual consumido, por uso, decorrente de captação, derivação ou extração em corpos d'água;
- CO_{DBO} = valor médio anual da carga orgânica, em Kg, presente no efluente final lançado, por lançamento em corpos d'água.

Cada parâmetro de cálculo da cobrança de domínio do Estado de São Paulo possui mecanismos específicos, que incluem equações e coeficientes ponderadores, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da Cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio Paulista nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

Fator cobrado	Equação/Definições e coeficientes	
V_{cap}	$= (K_{out} \times Q_{cap\ out} + K_{med} \times Q_{cap\ med}) \times PUF_{cap}$	$Q_{cap\ out}$ = volume anual de água captado, em m³/ano, segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante;
		$Q_{cap\ med}$ = volume anual de água captado, em m³/ano, segundo dados de medição;
		K_{out} = peso atribuído ao volume anual de captação outorgado (adotado 0,2 quando existir edição e 1 quando não existir medição);
		K_{med} = peso atribuído ao volume anual de captação medido (adotado 0,8 quando existir edição e 0 quando não existir medição).
PUF_{Cap}	$= PUB_{Cap} \times (X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13})$	
V_{cons}	$= Q_{cons} \times PUF_{cons}$	
PUF_{Cons}	$= PUB_{Cons} \times (X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13})$	
Q_{cons}	$= FC \times V_{cap}$	FC = Fator de Consumo aplicado sobre o volume captado, derivado ou extraído
FC	$= ((V_{CapT} - V_{LançT}) / V_{CapT})$	V_{CapT} = volume de água anual captado, derivado ou extraído total, em m³, igual ao V_{cap} acrescido do demais volumes de água utilizados.
		$V_{LançT}$ = volume de água anual lançado total, acrescido dos demais volumes de água lançados pelo empreendimento.

$CO_{Lan\grave{c}}$	$= CO_{DBO} \times PUF_{Lan\grave{c}}$	CO_{DBO} = carga de $DBO_{5,20}$ efetivamente lançada, em kg/ano.
CO_{DBO}	$= DBO_{5,20} \times V_{Lan\grave{c}}$	$DBO_{5,20}$ = concentração de $DBO_{5,20}$, em mg/L.
		$V_{Lan\grave{c}}$ = volume de água lançado, em m ³ /ano
$PUF_{Lan\grave{c}}$	$= PUB_{Lan\grave{c}} \times (Y_1 \times Y_3 \times Y_4)$	

Fonte: CBH-PCJ.

A Lei nº 12.183/2005 estabelece um limite para o PUF a ser cobrado pela captação, derivação e extração, correspondente a 0,001078 UFESP – Unidade Fiscal do Estado de São Paulo.

Além de propor os valores para os PUBs, os CBH devem propor pesos a serem atribuídos para cada coeficiente ponderador, de acordo com as características específicas de cada uso da água, bem como utilizando como critério a realidade e criticidade da bacia hidrográfica. A partir da multiplicação dos PUBs por esses diversos coeficientes, obtém-se o Preço Unitário Final – PUF. Os PUF, por sua vez, são multiplicados pelas bases de cálculo, a saber, o volume captado, volume consumido e a massa da carga orgânica lançada.

Os Comitês PCJ, por meio de sua Deliberação Conjunta nº 48/2006 aprovaram a proposta para implementação da cobrança em domínio Paulista nas Bacias PCJ, bem como definiram as classificações, valores e condicionantes para os coeficientes ponderadores para captação, extração e derivação (Quadro 3), consumo (

Quadro 4) e diluição, transporte e assimilação de efluentes (Quadro 5).

Quadro 3. Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para captação, extração e derivação nas Bacias PCJ

Característica considerada	CP	Classificação	Valor
a) natureza do corpo d'água.	X ₁	superficial	1
		subterrâneo	1,15
b) classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação, conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.	X ₂	classe 1	1
		classe 2	0,9
		classe 3	0,9
		classe 4	0,7
c) disponibilidade hídrica local (Vazão Total de Demanda / Vazão de Referência). Vazão de Ref = Vazão Q _{7,10} + Vazão Potencial dos aquíferos (confinados e semi). Local= UGRHI 05	X ₃	muito crítica (acima de 0,8)	1
d) volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação.	X ₅	sem medição	1
		com medição	Conforme art. 7º Deliberação nº 048/2006
e) Consumo efetivo ou volume consumido	X ₆		1
f) finalidade do uso.	X ₇	Sistema Público	1
		Solução Alternativa	1
		Indústria	1

Característica considerada	CP	Classificação	Valor
g) transposição de bacia	X ₁₃	Existente	1
		Não existente	1

Fonte: Deliberação dos Comitês PCJ nº 48/2006.

O coeficiente ponderador X₅, definido no inciso I do art. 12 do Decreto nº 50.667/2006, para captação varia em função dos volumes outorgados e medidos, de acordo com as condicionantes e equações a seguir:

I) quando $\frac{V_{\text{Cap Med}}}{V_{\text{Cap Out}}} \geq 0,7$: X₅ = 1

II) quando $\frac{V_{\text{Cap Med}}}{V_{\text{Cap Out}}} < 0,7$:

$$X_5 = 1 + \frac{0,7 \times V_{\text{Cap Out}} - V_{\text{Cap Med}}}{0,2 \times V_{\text{Cap Out}} + 0,8 \times V_{\text{Cap Med}}} \quad (3)$$

Quadro 4. Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para consumo nas Bacias PCJ

Característica considerada	CP	Classificação	Valor
a) natureza do corpo d'água.	X ₁	superficial	1
		subterrâneo	1
b) classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação – Decreto Estadual nº 10.755/1977.	X ₂	classe 1	1
		classe 2	1
		classe 3	1
		classe 4	1
c) disponibilidade hídrica local (Vazão Total de Demanda / Vazão de Referência). Vazão de Ref = Vazão Q _{7,10} + Vazão Potencial dos aquíferos (confinados e semi). Local = UGRHI 05	X ₃	muito crítica (acima de 0,8)	1
d) volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação.	X ₅	sem medição	1
		com medição	1
e) Consumo efetivo ou volume consumido	X ₆		1
f) finalidade do uso.	X ₇	Sistema Público	1
		Solução Alternativa	1
		Indústria	1
g) transposição de bacia.	X ₁₃	Existente	0,25
		Não existente	1

Fonte: Deliberação dos Comitês PCJ nº 48/2006.

Quadro 5 - Características, classificação e valores dos coeficientes ponderadores definidos para diluição, transporte e assimilação de efluentes nas Bacias PCJ

Característica considerada	CP	Classificação	Valor
a) classe de uso preponderante do corpo receptor.	Y ₁	classe 2	1
		classe 3	1
		classe 4	1
b) carga lançada e seu regime de variação; Padrão de Emissão (§ 2º artigo 12 do Decreto 50.667/2006). Obs. Remoção de carga orgânica.	Y ₃	>95 % de remoção	Conforme art. 8º
		>90 a ≤95 % de remoção	
		>85 a ≤90% de remoção	
		>80 a ≤85% de remoção	
		= 80% de remoção	
c) natureza da atividade.	Y ₄	Sistema Público	1
		Solução Alternativa	1
		Indústria	1

Fonte: Deliberação dos Comitês PCJ nº 48/2006.

No caso do coeficiente Y₃ para lançamento, o mesmo é calculado em função da percentagem de remoção (PR) de carga orgânica (DBO_{5,20}) dos efluentes bruto e tratado (final), em cada ponto de lançamento, conforme segue:

I) para PR =80%: Y₃ = 1;

II) para 80% < PR < 95%:

$$Y_3 = \frac{31 - 0,2 \times PR}{15} \quad (4)$$

III) para PR ≥ 95%:

$$Y_3 = 16 - 0,16 \times PR \quad (5)$$

As legislações citadas atualmente vigentes que regulamentam os mecanismos de cálculo da cobrança de domínio Paulista nas Bacias PCJ não prevê mecanismos específicos para a cobrança dos usos com finalidade rural.

Em 2008, foi discutida no âmbito da Câmara Técnica de Cobrança (na época subordinada à Secretaria de Meio Ambiente – SMA) uma minuta de Decreto para a regulamentação da cobrança pela utilização de recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo para usuários rurais. Sua redação foi concluída em agosto de 2009, conforme estipulado pela Lei 12.183/2005. A minuta foi aprovada em setembro de 2009, tanto pela Câmara Técnica de Assuntos Jurídicos e Institucionais/SMA,

quanto em reunião Plenária do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, com previsão para implementação no ano seguinte (Silva *et al.*, 2009). Para efetiva implementação, porém, a proposta deveria ter sido aprovada pelo Governo do Estado de São Paulo, por meio de Decreto, o que não ocorreu desde então.

3.3.3 Deliberação CRH nº 101, de 09/09/2009, uma proposta de metodologia de cobrança para o setor rural no Estado de São Paulo

A Deliberação nº 101/2009 aprova, conforme previsto pelas disposições transitórias da Lei nº 12.183/2005, uma minuta de Decreto, para regulamentação da cobrança pelos usos rurais em domínio do Estado de São Paulo, nas Bacias PCJ.

A referida minuta traz como definição de usuários rurais “*as pessoas físicas e jurídicas que utilizam recursos hídricos nas atividades agrícola, pecuária, aquicultura e produção floresta*”, bem como estabeleceu como critérios de isenção, a utilização de água para uso domésticos de propriedades ou pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural quando independer de outorga pelo direito de uso, vazões ou acumulações de volume de água sejam consideradas insignificantes, conforme critérios dos CBHs, e também os micros e pequenos produtores rurais, conforme critérios determinados nos Planos de Bacias, observando-se a disponibilidade e as demandas de cada Bacia.

Dentre as definições, a Deliberação nº 101/2009 também descreve as categorias de usuários rurais, a saber:

“I – Agricultor: que desenvolva qualquer atividade agrícola desde o preparo do solo ea produção de mudas até a colheita e a embalagem da produção própria;

II – Pecuárta: que desenvolva qualquer atividade de criação animal, intensiva ou extensiva, desde a infra-estrutura física e preparo do solo para formação de pastagem até o preparo e acondicionamento da sua produção;

III – Aquicultor: que desenvolva quaisquer atividades de criação e de multiplicação de organismos aquáticos, incluindo o preparo e a embalagem da produção própria e/ou para consumo local.

IV – Produtor florestal: que desenvolva qualquer atividade desde o preparo do solo e a produção de mudas até a extração do sub-produto, ou do produto em si, e o preparo da produção própria para comercialização”.

Contudo, com relação aos mecanismos de cálculo da cobrança, a Deliberação não estabelece mecanismos diferenciados de acordo com a categoria de usuário rural ou uma equação específica para o setor. A fórmula geral de cálculo, portanto, ainda seria a mesma utilizada para os demais setores usuários, a saber:

$$Valor_{Total} = (V_{cap}PUF_{cap} + V_{cons}PUF_{cons} + CO_{DBO}PUF_{DBO}) \quad (6)$$

Contudo, o único mecanismo específico para usos rurais, proposto pela Deliberação, trata-se de um coeficiente a ser multiplicado pelo volume de consumo, denominado *Kc*, que considera a eficiência tecnológica dos sistemas agropecuários utilizados na atividade rural. No entanto, ao contrário do que é verificado na metodologia da cobrança de domínio da União e de outras Bacias, não é fixado um peso a cada tipo de tecnologia, porém atribui aos respectivos CBHs a responsabilidade pela definição dos valores em função de suas peculiaridades e especificidades, conforme é estabelecido no Anexo I da referida Deliberação “*O Valor de Kc será definido pelos respectivos CBHs em função de suas peculiaridades e especificidades, levando em consideração as técnicas agropecuárias utilizadas*”. O coeficiente seria aplicado ao cálculo do volume consumido, da seguinte forma:

$$V_{cons} = (V_{cap} - V_{lanç}) \times Kc \quad (7)$$

Em que pese o fato que os CBHs são as entidades competentes para determinar os preços a serem cobrados e valores para os coeficientes ponderadores, dado a sua notável ciência sobre a realidade da respectiva bacia hidrográfica, a ausência de valores norteadores pode atrasar o processo de implementação da cobrança no setor rural em algumas bacias hidrográficas, principalmente por conta dos conflitos de interesse em torno do tema.

3.4 COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SETOR RURAL

A implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos representa um desafio adicional no setor rural. De acordo com Prado *et al.* (2017), as informações sobre os usos rurais, incluindo irrigação e dessedentação de animais, em termos de

demanda e seus impactos na qualidade da água, são as mais fragmentadas e precárias nos sistemas de informação, tornando a implementação dos instrumentos de gestão, como outorga e cobrança, difícil e lenta.

Com relação à outorga pelo direito de uso, os usos da água no meio rural são os menos regularizados. As ações previstas nos planos de recursos hídricos ainda são insuficientes para assegurar a proteção dos mananciais no meio rural. A implementação da cobrança pelo uso da água no setor enfrenta resistência, especialmente devido a preocupações de produtores com potenciais impactos econômicos e a disponibilidade de pagamento, além de existirem incertezas sobre os benefícios gerados pela aplicação dos recursos da cobrança (Prado *et al.*, 2017).

De forma geral, a resistência do setor rural à cobrança se dá por sua percepção da cobrança pelo uso da água como um custo adicional, que poderia inviabilizar a produção em virtude do aumento dos custos, que poderiam ser repassados aos consumidores (Ferreira; Oliveira-Filho, 2021).

3.5 METODOLOGIAS DE COBRANÇA

Na sequência, serão destacadas metodologias de cobrança atualmente existentes em algumas bacias hidrográficas nas bacias interestaduais, destacando-se os mecanismos existentes para a cobrança no setor rural.

3.5.1 Bacias Hidrográficas Interestaduais

Atualmente, a cobrança está implementada em seis Comitês de Bacias Interestaduais (Paraíba do Sul, PCJ, São Francisco, Rio Doce, Paranaíba e Verde Grande). Em todos, existe a cobrança por usos agropecuários e/ou rurais, considerando metodologias específicas. No Quadro 6, são apresentadas as Bacias Interestaduais com cobrança implementada, estados de abrangência, ano de implementação, legislação que estabelece a cobrança e seus mecanismos na Bacia e Resolução de aprovação expedida pelo CNRH.

Quadro 6 - Bacias Interestaduais com cobrança implementada, e situação quanto à existência de cobrança para usos do setor rural

Bacia Hidrográfica	Estados de abrangência	Ano implementação	Legislação que estabelece mecanismos	Aprovação/Regulamentação	Cobrança de usos rurais
Paraíba do Sul	São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais	2003	Deliberação CEIVAP nº 218/2014	Resolução CNRH nº162/2014	Sim
PCJ	São Paulo e Minas Gerais	2006	Deliberação Comitês PCJ nº 25/2005; Deliberação Comitês PCJ nº 78/2007; Deliberação Comitês PCJ nº 298/2018	Resolução CNRH nº 52/2005; Resolução CNRH nº 78/2007; Resolução CNRH nº 204/2018	Sim
São Francisco	Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe	2010	Deliberação CBHSF nº 94/2017	Resolução CNRH nº 199/2018	Sim
Doce	Espírito Santo e Minas Gerais	2011	Deliberação CBH-Doce nº 26/2011; Deliberação CBH-Doce nº 69/2018	Resolução CNRH nº 123/2011; Resolução CNRH nº203/2018	Sim
Paranaíba	Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Distrito Federal	2017	Deliberação CBH Paranaíba nº 61/2016; Deliberação CBH Paranaíba nº 115/2020	Resolução CNRH nº 220/2020	Sim
Verde Grande	Bahia e Minas Gerais	2017	Deliberação CBH Verde Grande nº 50/2015; Deliberação CBH Verde-Grande nº 96/2022	Resolução CNRH nº 171/2015; Resolução CNRH nº 235/2022	Sim

Bacia Hidrográfica	Estados de abrangência	Ano implementação	Legislação que estabelece mecanismos	Aprovação/Regulamentação	Cobrança de usos rurais
Grande	São Paulo e Minas Gerais	2023	Deliberação CBH Grande nº 82/2023	Resolução CNRH nº 239/2023	Sim

Fonte: ANA (2024), e legislações dos Comitês Bacias Hidrográficas interestaduais.

3.5.1.1 *Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*

Uma das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco abrange uma vasta área de aproximadamente 640 mil Km², que compreende seis estados brasileiros (Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás), além do Distrito Federal. A bacia é uma das principais áreas de produção agrícola irrigada do país, com culturas como a cana-de-açúcar, frutas tropicais e outras culturas de alto valor econômico.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos foi instituída no Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF em 2010. Os mecanismos de cobrança, bem como os valores aplicados, foram consolidados na Deliberação CBHSF nº 94, de 25 de agosto de 2017, que foi posteriormente aprovada pela Resolução CNRH nº 199, de 28 de junho de 2018. Tal regulamentação estabelece a cobrança sobre o uso de captação, consumo e lançamento de efluentes para todos os usuários que possuem Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos e que realizam captações superiores a 4,0 l/s. Além disso, a cobrança referente à transposição do rio São Francisco está integrada no valor da captação da água, garantindo que os custos dessa operação sejam adequadamente incorporados.

No CBHSF, os mecanismos são estabelecidos pela Deliberação CBHSF nº 94/2017. A cobrança pelos usos rurais e de irrigação utiliza coeficientes ponderadores específicos, conforme definido pela mesma Deliberação. O valor total da cobrança de cada usuário é definido pela equação geral apresentada a seguir (8). A equação geral da cobrança do CBHSF possui a mesma estrutura da equação geral da cobrança nas Bacias PCJ, já apresentada.

$$Valor_{total} = (Valor_{cap} + Valor_{cons} + Valor_{Lanç} + Valor_{PCH} + Valor_{transp}) \times K_{gest\tilde{a}o} \quad (8)$$

Os valores praticados para cada parâmetro de cobrança na Bacia do Rio São Francisco são obtidos por equações e coeficientes ponderadores, conforme apresentado na. Serão destacados aqui apenas os fatores que possuem algum indicador relacionado às finalidades rural e irrigação, sendo que os demais mecanismos de cálculo, bem como os valores dos PPU podem ser conferidos na Deliberação nº 94/2017.

Quadro 7 - Equações, coeficientes e variáveis das bases de cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Fator cobrado	Equação	Definições e coeficientes
$Valor_{cap}$ (quando não existir medição)	$= Q_{cap\ out} \times PPU_{cap} \times K_{cap}$	$Q_{cap\ out}$ = volume anual de água captado, em m ³ /ano, segundo valores da outorga ou verificados pelo organismo outorgante; K_{cap} = coeficiente que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela captação de água
$Valor_{cap}$ (quando houver medição)	$= \{K_{out} \times Q_{cap.out} + K_{med} \times Q_{cap.med} + K_{med\ extra} \times [0,70 \times (Q_{cap.out} - Q_{cap.med})]\} \times PPU_{cap} \times K_{cap}$	$Q_{cap\ med}$ = volume anual de água captado, em m ³ /ano, segundo dados de medição; K_{out} = peso atribuído ao volume anual de captação outorgado; K_{med} = peso atribuído ao volume anual de captação medido. $K_{med\ extra}$ = peso atribuído ao volume anual outorgado e não utilizado (adotado 1 quando $Q_{med}/Q_{out} < 0,7$).
$Valor_{cons}$	$= Q_{cons} \times PPU_{cons} \times K_{cons}$	K_{cons} = coeficiente que leva em conta os objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pelo consumo de água (= K_{cap} , exceto para irrigação)
		$Q_{cons} = (Q_{cap} - Q_{lanç})$, exceto para irrigação

Fonte: CBHSF, 2017.

No caso, K_{cap} é um coeficiente geral, que considera objetivos específicos a serem atingidos mediante a cobrança pela captação de água, conforme definido pela Deliberação, e é calculado por:

$$K_{cap} = K_{classe} \times K_{eficiência} \times K_{rural} \quad (9)$$

Dessa forma, o K_{cap} considera o resultado de outros coeficientes, em que:

- K_{classe} : considera a classe de enquadramento do corpo d'água onde ocorre a captação;
- $K_{eficiência}$: avalia a eficiência do uso da água, com valores específicos para setores como indústria, mineração, saneamento e irrigação;
- K_{rural} : leva em conta as particularidades dos usuários do meio rural, como a aquicultura e a dessedentação animal, com valores diferenciados.

Para usuários do setor Irrigação, o $K_{eficiência}$ é calculado pela seguinte equação:

$$K_{eficiência} = K_{sistema} \times K_{manejo} \quad (10)$$

Em que $K_{sistema}$ é o coeficiente visa diferenciar a cobrança conforme o método de irrigação adotado pelo usuário, e os valores são os definidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de $K_{sistema}$, na cobrança da Bacia do Rio São Francisco

Método de Irrigação	$K_{sistema}$
Gotejamento	0,10
Gotejamento subterrâneo - tubo poroso	0,10
Tubos perfurados	0,15
Micro aspersão	0,10
Aspersão por sistema pivô central com Lepa	0,10
Aspersão por sistema pivô central	0,15
Aspersão por sistema deslocamento linear	0,10
Aspersão por sistema em malha	0,15
Aspersão por sistema autopropelido	0,15
Aspersão por sistema convencional	0,15
Sulcos abertos	0,30
Sulcos interligados em bacias	0,20
Sulcos fechados	0,20
Sub-irrigação	0,30
Inundação	0,30

Fonte: CBHSF (2017).

O coeficiente K_{manejo} trata-se de um coeficiente que leva em consideração o manejo do solo e o manejo da água utilizada, e é dado pela equação:

$$K_{manejo} = K_{manejo\ solo} \times K_{manejo\ irrigação} \quad (11)$$

Sendo que, $K_{manejo\ solo}$ leva em consideração o manejo do solo empregado, sendo adotados os valores informados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores para $K_{\text{manejo solo}}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Manejo do Solo	$K_{\text{manejo solo}}$
Com plantio direto ou plantio convencional com práticas conservacionistas de solo: curva de nível, barraginha (cacimba), tratamento de estradas rurais e outras.	0,8
Plantio convencional sem práticas conservacionistas	1,0

Fonte: CBHSF (2017).

O coeficiente $K_{\text{manejo irrigação}}$ leva em consideração as práticas adotadas para o planejamento da irrigação, sendo considerados os valores apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores para $K_{\text{manejo irrigação}}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Manejo da Irrigação	$K_{\text{manejo irrigação}}$
Monitora variáveis climatológicas ou nível de umidade do solo, de forma contínua, para fins de planejamento e operação do sistema. Em caso de fiscalização o usuário declara que mantém registros de todas as variáveis monitoradas, bem como mantém todos os equipamentos devidamente aferidos e em pleno estado de operação.	0,7
Não declarou ou não utiliza nenhuma técnica de manejo no planejamento ou operação do sistema de irrigação.	1,0

Fonte: CBHSF (2017).

Verifica-se, pelas informações supracitadas que, na Bacias do Rio São Francisco, o coeficiente $K_{\text{eficiencia}}$ considera se o usuário adota práticas conservacionistas do solo e maneja adequadamente a água na irrigação. Entretanto, embora diferencie entre usuários que adotam ou não tais práticas, não distingue os diferentes tipos de práticas adotadas.

Por sua vez, o K_{rural} , aplica valores diferenciados para usuários do meio rural, refletindo as particularidades desses usuários em relação aos demais. Os valores de K_{rural} são apresentados na Tabela 7. Observa-se que, neste caso, é aplicado o coeficiente de forma a valorizar o uso rural, pela sua finalidade em si.

Tabela 7 - Valores para K_{rural} , na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Segmento/Setor	K_{rural}
Aquicultura e Dessedentação Animal	0,10
Demais Setores	1,0

Fonte: CBHSF (2017).

A Bacia do Rio São Francisco também aplica um coeficiente diferenciado, denominado $K_{cons\ irrig}$, que visa quantificar o volume de água consumido (Q_{cons}) na irrigação, conforme equação apresentada anteriormente na **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Neste caso, $K_{cons\ irrig}$ é dado em função sistema de irrigação adotado, conforme é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Valores para $K_{cons\ irrig}$, na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Método de Irrigação	$K_{cons\ irrig}$
Gotejamento	0,90
Gotejamento subterrâneo - tubo poroso	0,90
Tubos perfurados	0,85
Micro aspersão	0,90
Aspersão por sistema pivô central com Lepa	0,90
Aspersão por sistema pivô central	0,85
Aspersão por sistema deslocamento linear	0,90
Aspersão por sistema em malha	0,85
Aspersão por sistema autopropelido	0,85
Aspersão por sistema convencional	0,85
Sulcos abertos	0,70
Sulcos interligados em bacias	0,80
Sulcos fechados	0,80
Sub-irrigação	0,70
Inundação	0,70

Fonte: CBHSF (2017).

Observa-se, no caso da cobrança pelos usos com finalidade e rural nas Bacias PCJ, a utilização de vários coeficientes que visam práticas agrícolas mais sustentáveis e o uso eficiente da água, especialmente em um contexto de escassez hídrica. Dentre os coeficientes aplicado, há um coeficiente que incentiva a adoção de práticas de conservação do solo, porém sem diferenciar os valores de acordo com a prática adotada.

3.5.1.2 Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, os mecanismos e valores atuais de cobrança são estabelecidos pelo Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP, por meio de sua Deliberação CEIVAP

nº 218, de 25 de setembro de 2014 e Deliberação CEIVAP nº 259, de 05 de abril de 2018. São cobrados os usos de captação, consumo e lançamento de efluentes de usuários sujeitos à Outorga com captação de água superior a 1,0 l/s. A regra geral de cálculo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é expressa pela seguinte equação:

$$(Valor_{cap} + Valor_{cons} + Valor_{DBO}) \times K_{Gestão} \quad (12)$$

Para o caso específico de uso voltado à irrigação, existe um mecanismo diferenciado de cálculo que incide sobre a parcela de consumo de água. Neste caso, o valor a ser cobrado pelo consumo é dado pela seguinte equação:

$$Valor_{cons} = Q_{cap} \times PPU_{cons} \times K_{consumo} \quad (13)$$

O coeficiente $K_{consumo}$ é determinado com base na eficiência da tecnologia empregada nos sistemas de irrigação, de acordo com os valores de referência estabelecidos na Resolução ANA nº 707, de 21 de dezembro de 2004. A Tabela 9 abaixo apresenta os valores de $K_{consumo}$ para diferentes tecnologias de irrigação:

Tabela 9 - Valores de $K_{consumo}$, na cobrança da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Tecnologia de irrigação	$K_{consumo}$
Gotejamento	0,95
Micro aspersão	0,90
Pivô Central	0,85
Tubos perfurados	0,85
Aspersão convencional	0,75
Sulcos	0,60
Inundação	0,50
Não informado	0,95

Fonte: CEIVAP (2014).

Além do mecanismo de cobrança aplicado à irrigação, a captação e o consumo de água pelos usuários dos setores de agropecuária e aquicultura estão sujeitos a um mecanismo específico de cálculo, conforme a equação abaixo:

$$Valor_{Agropec} = (Valor_{cap} + Valor_{cons}) \times K_{Agropec} \quad (14)$$

Sendo que $K_{Agropec}$ é o coeficiente que leva em conta as boas práticas de uso e conservação da água na propriedade rural onde se dá o uso de recursos hídricos, sendo adotados os valores apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores de $K_{Agropec}$, na cobrança da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Tecnologia de irrigação	$K_{Agropec}$
Gotejamento	0,05
Micro aspersão	0,1
Pivô Central	0,15
Tubos perfurados	0,15
Aspersão convencional	0,25
Sulcos	0,4
Inundação	0,5
Não informado	0,5
Não irrigante	0,1

Fonte: CEIVAP (2014).

3.5.1.3 Bacia Hidrográfica do Rio Doce

Os mecanismos e valores atuais de cobrança estão estabelecidos na Deliberação CBH-Doce nº 69, de 12 de junho de 2018 e na Deliberação CBH Doce nº 93, de 13 de maio de 2021. São cobrados os usos de captação, transposição e lançamento de efluentes de usuários sujeitos à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos com captação de água superior a 1,0 l/s no trecho mineiro e 1,5 l/s no trecho capixaba. Diferentemente dos Comitês anteriores, na Bacia do Rio Doce não há cobrança pelo consumo de água. A equação básica da cobrança é a que segue:

$$Valor_{total} = (Valor_{cap} + Valor_{lanç} + Valor_{transp} + Valor_{PCH}) \times K_{gestão} \quad (15)$$

No caso da Bacia do Rio Doce, há um coeficiente diferenciado do cálculo pela captação, conforme equação apresentada abaixo:

$$Valor_{cap} = Q_{cap} \times PPU_{cap} \times K_{cap} \quad (16)$$

O coeficiente K_{cap} , por sua vez, é calculado por:

$$K_{cap} = K_{cap\ classe} \times Kt \quad (17)$$

Sendo Kt o coeficiente que leva em conta a natureza do uso e/ou as boas práticas de uso e conservação da água. O CBH Doce adota Kt igual a 1, exceto para os usos agropecuários para os quais Kt é igual a 0,05. A Deliberação CBH Doce nº 93/2021 prevê que o $K_{cap\ classe}$ e o Kt devem ser aperfeiçoados futuramente, por meio de nova Deliberação do Comitê.

3.5.1.4 Bacias Hidrográficas do Rio Paranaíba, Rio Verde Grande e Rio Grande

Os CBHs das bacias do Rio Paranaíba, Rio Verde Grande e Rio Grande foram os últimos a implementar a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União em suas respectivas bacias hidrográficas. Os mecanismos de cobrança atualmente em vigor nessas bacias foram instituídos pelas Deliberações CBH Paranaíba nº 115, de 19 de agosto de 2020, CBH-Verde Grande nº 96, de 07 de junho de 2022 e CBH Grande nº 82, de 22 de setembro de 2023, respectivamente. Similar à Bacia do Rio Doce, esses três Comitês não aplicam a cobrança pelo consumo de água, limitando-se à cobrança pela captação de água bruta e pelo lançamento de efluentes.

As equações de cobrança nestas três bacias hidrográficas são apresentadas no Quadro 8, que resume os mecanismos aplicados.

Nestas Bacias, não há também coeficientes específicos para usos com finalidade rural. Neste caso, há diferenciação de PPU de acordo com a finalidade do uso, sendo que para usos com finalidade rural são aplicados menores valores.

Quadro 8. Equações de cálculo da cobrança de domínio da União nos CBHs do Rio Paranaíba, Rio Verde Grande e Rio Grande

CBH	Equação geral de cálculo da cobrança	Equação de cálculo para $Valor_{cap}$ e $Valor_{lanç}$	Equação específica para usos rurais
Paranaíba	$Valor_{total} = ((Valor_{cap} + Valor_{lanç}) - 500) \times K_{gestão}$	$Valor_{cap} = Q_{cap} \times PPU_{cap}$ $Valor_{lanç} = CO_{DBO} \times PPU_{lanç}$	Não há
Verde Grande	$Valor_{total} = Valor_{cap} + Valor_{lanç}$	$Valor_{cap} = Q_{med} \times PPU_{cap}$ ou $Valor_{cap} = Q_{out} \times PPU_{cap}$ $Valor_{lanç} = CO_{DBO} \times PPU_{lanç}$	$Valor_{cap} = [(Q_{out} + Q_{med}) / 2] \times PPU_{cap}$ -
Grande	$Valor_{total} = Valor_{cap} + Valor_{lanç}$	$Valor_{cap} = Q_{Med} \times PPU_{cap}$ ou $Valor_{cap} = [(Q_{Out} + Q_{Med}) / 2] \times PPU_{cap}$ $Valor_{lanç} = CO_{DBO} \times PPU_{lanç}$	Não há

Fonte: CBH Paranaíba (2020); CBH Verde Grande (2022); CBH Grande (2023).

De forma geral, os comitês de bacias hidrográficas que implementaram a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União adotaram mecanismos que, de algum modo, diferenciam os usuários do setor rural dos demais. Essa diferenciação pode ocorrer por meio da aplicação de coeficientes específicos, que visam incentivar práticas conservacionistas ou comportamentos desejados, ou por meio da redução direta dos PPU's aplicados ao setor rural.

A Bacia do Rio São Francisco, em particular, apresenta uma grande quantidade de coeficientes ponderadores específicos para os usos rurais. Isso pode ser explicado pela representatividade significativa dos usos rurais dentro da bacia, o que demanda uma abordagem mais complexa e diferenciada na cobrança para atender às diversas necessidades e incentivar boas práticas.

Nos demais CBHs, verificou-se uma tendência à simplificação dos mecanismos de cobrança ao longo dos anos, com a redução de coeficientes e fatores de cálculo considerados. Embora essa simplificação torne o processo de cobrança mais transparente e fácil de ser aplicado, pode também diminuir a eficácia dos incentivos voltados para comportamentos sustentáveis, especialmente no setor rural. A ausência de uma diferenciação mais detalhada pode limitar a capacidade de promover práticas conservacionistas ou de uso eficiente da água.

3.5.2 Bacias Hidrográficas Estaduais

A cobrança estadual incide sobre os corpos d'água considerados de domínio estadual. Por sua vez, os corpos d'água de domínio dos Estados, de acordo com a Constituição Federal de 1.988, são *“as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito ressalvadas, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”*, logo, são considerados os lagos e rios que têm nascente e foz no território estadual, bem como as águas subterrâneas circunscritas ao seu território.

A cobrança em corpos hídricos de domínio estadual, a cobrança está implementada nos seguintes Estados (ANA, 2024):

- Ceará, desde 1996, instituída para o custeio das atividades do gerenciamento dos recursos hídricos, envolvendo os serviços de operação e manutenção dos dispositivos e da infra-estrutura hidráulica;
- Rio de Janeiro, em todo o Estado;
- São Paulo, em todo o Estado;

- Minas Gerais, em todo o Estado
- Paraná, iniciada somente nas bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira;
- Paraíba, em todo o Estado;
- Goiás, iniciada a partir de 2024, em todo o Estado;
- Rio Grande do Norte, iniciada a partir de 2024, em todo o Estado.;
- Sergipe, iniciada a partir de 2024, em todo o Estado;
- Espírito Santo, iniciada a partir de 2024, somente na bacia do Rio Jucu.

Em alguns estados, estão implementados mecanismos diferenciados para pagamento pelo uso de recursos hídricos:

- Bahia: desde 2006, está instituída tarifa de cobrança pelo fornecimento de água bruta dos reservatórios (a cobrança na Bahia tem características típicas de tarifa);
- Distrito Federal: criada a taxa de fiscalização dos usos dos recursos hídricos – TFU, devida pelos usuários de recursos hídricos pela fiscalização desses usos em qualquer modalidade;
- Amapá, Pará e Paraná: instituíram uma taxa de controle, acompanhamento e fiscalização das atividades de exploração e aproveitamento de recursos hídricos – TFRH, cujo fato gerador é o exercício regular do Poder de Polícia conferido ao Estado sobre estas atividades, tendo como contribuintes aqueles que utilizam recursos hídricos como insumo no seu processo produtivo ou com a finalidade de exploração ou aproveitamento econômico (no Paraná esta taxa foi posteriormente revogada, após questionamento judicial);
- Santa Catarina: o município de Florianópolis instituiu contribuição financeira ambiental pela utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos por prestadores de serviços de saneamento básico beneficiários da proteção proporcionada por unidades de conservação municipal, muito próxima à cobrança pelo uso de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos em domínio estadual está implementada em CBHs distribuídos em dez estados. Na maioria desses estados, a implementação ocorreu de forma gradual, e alguns ainda não têm a cobrança plenamente estabelecida em todo o território, como é o caso dos estados do Paraná, Espírito Santo e São Paulo.

Dos Comitês de Bacia com cobrança de domínio estadual implementada, atualmente apenas os Estados de São Paulo e do Paraná ainda não fazem a cobrança do setor rural. Considera-se a situação do Estado de São Paulo a mais crítica quanto a esta questão, já que a cobrança se iniciou em 2007 na primeira bacia hidrográfica, sendo que atualmente a cobrança está implementada em 20 dos 21 CBH estaduais, porém não há mecanismo de cobrança pelo uso rural em nenhum CBH.

3.6 LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012, O “NOVO CÓDIGO FLORESTAL”

O primeiro Código Florestal Brasileiro foi criado em 1934, por meio do Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, e trouxe os primeiros mecanismos legais que tinham como objetivo a proteção e manutenção das florestas. Tal Lei definiu regras e sanções associadas ao manejo das florestas e vegetação nativa, protegendo recursos com papel fundamental para a subsistência urbana e rural e para as atividades econômicas industriais e agrícolas, proibindo práticas agrícolas e florestais sem autorização e prejudiciais à vegetação (Massoca; Brondízio, 2022).

O Código Florestal de 1934 foi substituído pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que aprimorou a Lei anterior, criando os conceitos de Área de Preservação Permanente - APP e Reserva Legal - RL, que especificaram como premissa o estabelecimento de normas para a quantidade e forma de proteção da vegetação nativa e regulação da exploração dos recursos naturais em áreas florestais em diferentes regiões do país, e esteve em vigência por 47 anos, apesar de sofrer diversas alterações por meio de medidas provisórias (Roriz; Fearnside, 2015).

As APPs possuem a função de preservação de ecossistemas sensíveis, como beiras de rios, topos de morros e encostas onde se devem ser mantidas a vegetação nativa, visando à proteção do solo e atuando como uma barreira natural contra processos erosivos e deslizamentos, além de manter a qualidade dos recursos hídricos, protegendo as margens dos cursos d'água e nascentes. A localização da APP é definida em função do relevo e hidrografia presente na propriedade, e seu tamanho é estabelecido pela largura do corpo d'água (Zakia; Pinto, 2014). Dessa forma, a preservação das APPs é de fundamental importância na gestão de bacias hidrográficas, pois contribuem para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, também contribuindo com a sustentabilidade da agricultura (Borges *et al.*, 2011).

A Reserva Legal é uma área a ser mantida com cobertura de vegetação nativa preservada em cada imóvel rural, determinada pela sua localização geográfica e bioma. Seu objetivo é auxiliar na conservação e recuperação dos processos ecológicos e da biodiversidade, permitindo o uso econômico sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, desde que não haja prejuízo biológico (Carvalhaes, 2015).

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, promulgou a intitulada oficialmente Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), popularmente conhecida como “Novo” Código Florestal, em substituição à Lei 4.771/1965, que abrange todo e qualquer ecossistema terrestre nativo, incluindo campos, caatingas e cerrados (Brancaion, *et al.*, 2016). A nova Lei trouxe uma revisão significativa da Lei anterior, introduzindo mudanças importantes em relação à proteção da vegetação nativa.

O novo Código Florestal de 2012 foi concebido sob polêmicas, devido à percepção de que a lei florestal anterior representava um obstáculo à produção agropecuária e prejudicava os pequenos produtores rurais. As alterações implementadas acarretaram uma redução da vegetação nativa a ser conservada, por conta das mudanças nos critérios de delimitação de APP em topos de morro e nas áreas ripárias e flexibilização das regras para a RL. Tais modificações também contribuíram para a redução do passivo ambiental, ao consolidar a situação de grande parte dos desmatamentos ilegais ocorridos em propriedades rurais com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008 (Tambosi *et al.*, 2015).

As APPs são abordadas no novo Código Florestal no Capítulo II “Das Áreas de Preservação Permanente” (artigos 4, 5 e 6). A Lei determinou como obrigatória a recomposição da vegetação situada em APP em que tenha ocorrido sua supressão. Somente para os casos em que houver a possibilidade de continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, as faixas de recomposição obrigatória em APPs serão aquelas definidas no artigo 61-A da referida Lei Federal 12.651/2012, condicionado à inscrição no SICAR e adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA).

As margens de proteção das APP são dadas pelas distâncias predefinidas ao longo de corpos d'água, sendo:

- 30 metros para rios de até 10 metros de largura;
- 50 metros para rios de 10 a 50 metros de largura;
- 100 metros para rios de 50 a 200 metros de largura;

- 200 metros para rios de 200 a 600 metros de largura;
- 500 metros para rios com mais de 600 metros de largura.

Também são definidas como APP as seguintes áreas:

- Raio de proteção ao redor de nascentes e olhos d'água perenes: 50 metros;
- Faixas de APP ao redor de lagos e lagoas naturais: entre 30 e 100 metros, dependendo da área do corpo d'água;
- Inclinações e topos de morros: Áreas com declive superior a 45° e topos de morros são mapeadas.

O novo Código manteve a metragem de APP estabelecida pela Lei antecessora. No entanto, ao invés de instituir a APP desde o seu nível mais alto, o cálculo agora é estabelecido a partir da borda da calha do leito regular dos corpos d'água. Além disso, foram desconsideradas as faixas marginais dos cursos efêmeros, abrangendo apenas os corpos hídricos perenes e intermitentes (Laudares *et al.*, 2014).

Outra alteração relevante no novo Código Florestal é a redefinição de nascente e olho d'água. O caráter de intermitência foi retirado do conceito de nascente, mantendo-se apenas para olho d'água. Assim, as Áreas de Preservação Permanente (APP) ficam restritas para as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, com um raio mínimo de 50 metros. Tal mudança pode reduzir a proteção das áreas de recarga, que são essenciais para a manutenção dos recursos hídricos e para a sustentabilidade ambiental (ABES-SP, 2012; CNMP, 2022).

As Reservas Legais são tratadas no novo Código Florestal no Capítulo II “Da Área de Reserva Legal” (artigos 12, 13, 14 e 15). A percentagem da propriedade que deve ser mantida, segundo o Código Florestal:

- 80% em florestas localizadas na Amazônia Legal;
- 35% no Cerrado dentro da Amazônia Legal;
- 20% nas demais regiões do país.

Com relação às RLs, o novo Código Florestal introduziu uma flexibilização significativa em comparação com a legislação anterior. A data de 22 de julho de 2008, que corresponde à publicação do Decreto nº 6.514, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, tornou-se um marco importante, pois proporcionou uma espécie de anistia para desmatamentos irregulares realizados

antes dessa data. Para os imóveis rurais com área de até quatro módulos fiscais que, até essa data, apresentavam percentuais de vegetação nativa abaixo do exigido pelo Art. 12 da Lei, a nova legislação permite a manutenção das RLs com a área de vegetação nativa existente até então, desde que se comprove a sua anterioridade. Contudo, a nova lei proíbe a conversão dessas áreas para uso alternativo do solo, restringindo a expansão de atividades agrícolas ou de outra natureza sobre as reservas legais já estabelecidas (ABES-SP, 2012; Laudares *et al.*, 2014).

Em relação à legislação anterior, os percentuais mínimos exigidos por região permaneceram inalterados. No entanto, a nova lei introduziu uma mudança significativa ao permitir o cômputo das APPs no cálculo dos percentuais da RL para todas as propriedades sem distinção de tamanho ou de localização. A condição é que a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação. Essa alteração tem como consequência uma redução na área total de proteção nas propriedades (ABES-SP, 2012).

Conforme discutem Laudares *et al.* (2014), este cômputo propicia o risco de o poder público não dispor de meios eficazes para controlar a contabilização das APPs computadas no cálculo das RLs, deixando a área de RL de cada imóvel variável e, portanto, difícil de fiscalizar.

Outra questão bastante controversa é o conceito de áreas rurais consolidadas. De acordo com a nova legislação, uma área rural é considerada consolidada se sua ocupação antrópica já existia antes de 22 de julho de 2008. Esse conceito inclui áreas com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris. No caso das atividades agrossilvipastoris, a lei também admite a prática de pousio, que é um regime de descanso do solo para recuperação. A definição de áreas rurais consolidadas tem implicações significativas para a regularização ambiental, pois essas áreas são tratadas de forma diferenciada em relação às exigências de recuperação e conservação de vegetação nativa.

O módulo fiscal é uma unidade de medida agrária usada no Brasil, instituída pela Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979 (Brasil, 1979). É expressa em hectares e é variável, sendo fixada para cada município conforme o tipo de exploração predominante, a renda obtida com a exploração predominante, outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada e conceito de propriedade familiar, que são diferentes em cada município. O valor de um módulo fiscal no Brasil varia de 5 a 110

hectares, e corresponde à área mínima necessária a uma propriedade rural para que sua exploração seja economicamente viável (Zakia; Pinto, 2014).

A Lei nº 12.651/2012 também apresentou os conceitos de pequena propriedade rural, utilidade pública e interesse social, além de introduzir os instrumentos do Cadastro Ambiental Rural – CAR e do Programa de Regularização Ambiental – PRA, que servem, respectivamente como ferramenta de diagnóstico e mecanismo de ação para promoção da recuperação e a conservação ambiental nas propriedades rurais, e serão melhor detalhados nos itens subsequentes.

3.7 CADASTRO AMBIENTAL RURAL – CAR

O Cadastro Ambiental Rural - CAR foi instituído pelo novo Código Florestal, em seu Art. 29 e tem por finalidade integrar as informações ambientais referentes à situação das APPs, das RLs, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país. Foi criado no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA e se constitui em uma base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais (Laudares *et al.*, 2014).

Apesar de o CAR ter sido instituído há mais de 10 anos, ainda persiste um déficit significativo no processo de validação realizado pelos órgãos ambientais. Esse problema representa um desafio crucial para o cumprimento da legislação ambiental e a proteção dos recursos naturais do território brasileiro. A insuficiência na validação compromete a precisão dos dados e a implementação adequada das políticas de conservação (CNMP, 2022).

O CAR é um sistema autodeclaratório, e com o intuito de simplificar o processo, não exige que o cadastro seja realizado por um técnico. O próprio produtor pode elaborar a planta do imóvel, incluindo a delimitação do perímetro, das áreas de conservação e demais informações, diretamente sobre imagens de satélite. Embora esse método facilite a adesão dos produtores, tornando o processo mais acessível, ela também dificulta a validação do sistema, pois a precisão dos dados e a verificação

das informações registradas podem não ser adequadamente garantidas (Laudares *et al.*, 2014).

A autodeclaração no CAR também tem levado a uma série de sobreposições e conflitos nos registros, refletindo a complexidade e os desafios da regularização fundiária no Brasil. Estudos indicam que o CAR tem sido utilizado em algumas regiões do país como ferramenta para práticas de grilagem de terras, facilitando a venda indevida de propriedades públicas, a ocupação ilegal de terras indígenas e de Unidades de Conservação (UCs), além de outras práticas ilícitas (CNMP, 2022).

Além disso, muitos registros no CAR contêm informações incompletas ou incorretas, resultantes da subdeclaração, o que pode comprometer a eficácia do CAR como ferramenta de monitoramento. A falta de uma verificação rigorosa e sistemática dos dados declarados limita a precisão do CAR e pode permitir que práticas ambientais ilegais continuem sem penalidades.

Outra questão é que a integração entre o CAR e outros sistemas de monitoramento e fiscalização ambiental ainda é limitada, o que pode dificultar a aplicação de políticas ambientais de forma coordenada e eficaz.

Essa situação compromete a principal função do CAR, que é promover a regularização ambiental. Assim, o CAR, que deveria servir como um mecanismo para a regularização fundiária e a conservação ambiental, está sendo usado como um instrumento para fraudes fundiárias e ambientais, prejudicando significativamente o manejo sustentável dos recursos naturais e a proteção das áreas.

Apesar dos problemas ainda enfrentados, o CAR é uma fonte de dados oficial e nacional, e os dados gerados são fundamentais para a formulação de políticas públicas de conservação e uso sustentável do solo. Superar essas barreiras é fundamental para que o CAR atinja seu pleno potencial, contribuindo de forma mais eficaz para a preservação ambiental.

3.8 PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL – PRA

Os Programas de Regularização Ambiental - PRA são programas destinados à regularização das APPs, RLs, e áreas de uso restrito, que poderão ser efetivadas mediante recuperação, recomposição, regeneração ou compensação. O PRA é um instrumento previsto na Lei nº 12.651/2012, que visa conduzir a adequação ambiental dos imóveis rurais e a inserção da sustentabilidade no setor agrícola, pecuário e

silvicultural brasileiro. A compensação aplica-se exclusivamente às áreas de RLs, portanto, não há compensação de APP (OCF, 2018; Zakia & Pinto, 2014).

Os PRAs compreenderão o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas por proprietários e posseiros rurais com o objetivo de adequar e promover a regularização do imóvel. Os instrumentos do PRA são: a) O CAR; b) O termo de compromisso; c) O Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA) e; d) Mecanismos de compensação da RL, quando for o caso (Zakia; Pinto, 2014).

3.9 SERVIÇOS AMBIENTAIS E ECOSSISTÊMICOS

Os serviços ambientais, frequentemente chamados também por serviços ecossistêmicos, são os benefícios que os ecossistemas naturais proporcionam aos seres humanos. Esses serviços são essenciais para a sobrevivência e bem-estar humano, assim como para o funcionamento saudável do planeta. Apesar de os termos "*serviços ambientais*" e "*serviços ecossistêmicos*" serem frequentemente usados como sinônimos, alguns autores, no entanto apontam algumas diferenças nas definições (Whately; Hercowitz, 2008):

Os serviços ambientais estariam relacionados às funções e processos que ocorrem no ambiente natural e que proporcionam benefícios diretos e indiretos aos seres humanos, podendo ser incluídas as ações humanas que melhoram e preservam a qualidade ambiental. Podem ser citados como exemplos de serviços ambientais as práticas de conservação e manejo sustentável, reflorestamento. Com relação aos serviços ecossistêmicos, referem-se aos benefícios fornecidos derivados exclusivamente de processos e funções naturais dos ecossistemas, que sustentam e beneficiam a vida humana e o bem-estar, podendo ser citado como exemplo, a polinização realizada por abelhas, que é um processo natural sem intervenção humana direta. De acordo com Whately e Hercowitz (2008), embora existam diferenças conceituais estes termos são normalmente utilizados para designar os mesmos processos.

Os serviços ambientais podem ser classificados em quatro categorias principais, semelhante às funções ecossistêmicas das quais resultam, que segundo abordagem de Romeiro e Maia (2011), consistem em:

- Serviços de Provisão: Incluem os recursos tangíveis que os ecossistemas fornecem, como água, alimentos, madeira, fibras, recursos genéticos e combustíveis;
- Serviços de Regulação: Referem-se aos benefícios obtidos pela regulação dos processos ecossistêmicos, como controle do clima, regulação do ciclo da água, polinização, controle biológico de pragas e doenças, e purificação do ar e da água;
- Serviços de Suporte: São os serviços que mantêm outras funções ecossistêmicas, como a formação do solo, a ciclagem de nutrientes e a produção primária, que são essenciais para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos;
- Serviços Culturais: Envolvem os benefícios não materiais que os ecossistemas proporcionam, como herança cultural, recreação, ecoturismo, inspiração estética, espiritualidade e religiosidade, e bem-estar mental e emocional.

A valorização dos serviços ambientais é crucial para a gestão sustentável dos recursos naturais. Ao quantificar os benefícios que os ecossistemas proporcionam, é possível incorporá-los nas decisões econômicas e políticas, promovendo a conservação e o uso sustentável desses recursos. Isso pode ser feito através de mecanismos como Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), onde os beneficiários dos serviços ecossistêmicos pagam aos provedores desses serviços, incentivando práticas de conservação.

Além disso, reconhecer e valorizar os serviços ambientais pode ajudar a aumentar a conscientização sobre a importância da biodiversidade e dos ecossistemas, contribuindo para a implementação de políticas e práticas que promovam a sustentabilidade e a resiliência ambiental.

3.10 SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) são abordagens inovadoras, e uma prática mundial emergente, que se respaldam no princípio da proteção dos processos naturais e promoção sustentável dos serviços ecossistêmicos para o enfrentamento dos desafios ambientais, sociais e econômicos de forma sustentável. As SbN promovem o aumento da resiliência ao estresse e às mudanças climáticas e

ambientais, ao mesmo tempo em que fornece benefícios ambientais, econômicos e sociais. As soluções visam preservar, restaurar e gerenciar ecossistemas naturais e modificados de maneira que contribuam para o bem-estar humano e a biodiversidade (Martín *et al.*, 2020; Nelson *et al.*, 2020).

As SbN são fundamentadas na ideia de que a natureza oferece soluções econômicas, resilientes e sustentáveis. Com isso, além de fornecer benefícios ecológicos, essas soluções também contribuem para a transição para uma economia mais verde, oferecendo vantagens sociais e econômicas, como a criação de empregos verdes, redução de custos de adaptação, diminuição dos riscos associados aos eventos extremos, e por consequência, promovendo a melhoria da saúde pública e o fortalecimento da resiliência das comunidades frente às mudanças climáticas e outros desafios ambientais (Martín *et al.*, 2020).

As SbN podem ser implementadas em uma variedade de diferentes escalas, desde locais para atender a uma variedade de objetivos, como manejo florestal em pequenas propriedades para promover a melhoria da qualidade da água a jusante, até paisagens inteiras podendo ser trabalhadas com infraestrutura convencional, como redução de danos por inundações e garantia de suprimentos hídricos (Nelson *et al.*, 2020; Fraga; Sayago, 2020).

As SbN são uma abordagem para enfrentar as mudanças climáticas, que se inspira nos processos naturais dos ecossistemas, com objetivo é gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade, por meio de intervenções que aproveitam os recursos gerados pelos sistemas naturais (Fraga; Sayago, 2020). As SbN incorporam uma ampla gama de medidas de conservação e sustentabilidade, incluindo ações como a proteção, restauração e gestão sustentável dos ecossistemas naturais ou modificados, como a conservação e restauração da vegetação em áreas prioritárias e as boas práticas de uso de solo.

Neste sentido, os programas de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA fornecem incentivos financeiros para recompensar a adoção de práticas que se alinham com as SbN, beneficiando provedores de serviços ecossistêmicos, como a conservação florestal, regulação do ciclo da água ou a proteção contra a erosão.

3.11 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

O Pagamento por Serviços Ambientais – PSA leva em consideração o princípio básico do reconhecimento do valor da prestação de uma gama de bens e serviços de interesse direto ou indireto da humanidade pelo meio ambiente (Geluda & Young, 2005). Isto porque, a proteção desses serviços encara custos de oportunidade e de manutenção, geralmente não repassados a todos os beneficiados. De acordo com Altmann (2010), o PSA objetiva compensar o custo de oportunidade por meio da valoração e remuneração àqueles que contribuem para a preservação dos ecossistemas, reconhecendo a importância dos serviços ambientais para a economia, e garantindo sua manutenção.

Sistemas como Pagamentos por Serviços Ambientais - PSA podem estimular proprietários rurais a proteger e conservar recursos naturais e promoverem serviços ambientais, dessa forma, constituem mecanismos inovadores para a gestão dos recursos hídricos (Silva *et al.*, 2007).

A Lei nº 12.651/2012 autoriza, em seu art. 41, a instituição em todo o território nacional, de pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição às atividades que contribuem para a conservação e melhoria dos ecossistemas e geração de serviços ambientais. Em 2021, foi sancionada a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais - PNPSA, por meio da Lei nº 14.119/2021 (Brasil, 2021). A PNPSA é bastante abrangente, e estabelece alinhamento entre diversos setores, especialmente entre agricultura e meio ambiente, representando um importante avanço para o tema e para o desenvolvimento sustentável (Coelho *et al.*, 2021).

Nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Bacias PCJ, algumas iniciativas de PSA já vem sendo executadas, impulsionadas com recursos financeiros oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos operacionalizada na sua área de abrangência.

3.11.1 Programa Produtor de Água

O Programa Produtor de Água, criado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, é uma iniciativa pioneira no Brasil que busca incentivar práticas de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos em áreas rurais. O

Programa foi concebido em 2001, e tem como objetivo principal a proteção e recuperação de mananciais, com foco na melhoria da quantidade e qualidade da água disponível (Whately; Hercowitz, 2008).

O programa é baseado no princípio do “provedor recebedor”, que defende que quem contribui para melhorar a qualidade de água através de práticas sustentáveis, deve receber por esse serviço prestado à bacia hidrográfica. Os projetos no âmbito do programa podem ser desenvolvidos por arranjos organizacionais compostos por estados, municípios, comitês de bacia, companhias de abastecimento e geração de energia, dentre outras instituições públicas ou privadas (ANA, 2012).

No contexto da conservação e recuperação de mananciais, o programa se concentra em áreas estratégicas para a produção de água, promovendo ações que visam reduzir a erosão do solo, aumentar a infiltração de água e melhorar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Uma das principais estratégias do programa é o incentivo financeiro aos produtores rurais, por meio do PSA, onde os produtores rurais são recompensados financeiramente por adotar práticas de manejo sustentável que beneficiam a bacia hidrográfica, como o reflorestamento e a conservação do solo (Gil *et al.*, 2020).

As ações do programa visam não apenas a melhoria da qualidade e disponibilidade de água, mas também a promoção de benefícios ambientais, como a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas, além de benefícios sociais, como a geração de renda para os produtores rurais e a sensibilização da comunidade sobre a importância da preservação dos recursos naturais.

Entre as principais ações do Programa, estão o reflorestamento de áreas degradadas, as práticas conservacionistas de solo e água no meio agrícola, visando à minimização da erosão e aumento da infiltração de água, programas de capacitação e educação ambiental para sensibilização de produtores rurais e comunidades locais, e monitoramento e avaliação da eficácia das práticas adotadas e os impactos sobre a quantidade e qualidade da água.

As ações do programa podem ser financiadas com uma série de fontes de recursos, e fundos de financiamento de instituições parceiras para o pagamento por serviços ambientais e na execução de ações necessárias ao seu provimento, dentre os quais, os recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos (ANA, 2012).

O Programa Produtor de Água da ANA é um exemplo inovador de como políticas públicas podem integrar a conservação ambiental com incentivos econômicos, promovendo a sustentabilidade dos recursos hídricos em áreas rurais. Através do PSA e de outras ações estratégicas, o programa tem conseguido mobilizar produtores rurais e comunidades para atuar de forma colaborativa na preservação e recuperação dos mananciais, assegurando a disponibilidade de água de qualidade para as gerações presentes e futuras.

Nas Bacias PCJ, foram criados instrumentos como o PDRF e a Política de Mananciais, integrando ferramentas do programa, que convergem para o objetivo de promover a sustentabilidade hídrica e o incentivo à proteção de remanescentes florestais e cumprimento dos objetivos da Lei nº 12.183/2012, integrando conceitos do Programa Produtor de Água e de Legislações Estaduais, conforme é abordado nos itens subsequentes.

3.12 RESOLUÇÃO SMA Nº 32 DE 03/04/2014

No Estado de São Paulo, a principal norma relacionada à recomposição de florestal é a Resolução SMA (Secretaria de Meio Ambiente) nº 32, de 3 de abril de 2014, a qual estabelece diretrizes e orientações para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica no Estado de São Paulo, além de critérios e parâmetros para avaliar seus resultados e atestar sua conclusão, bem como estabelece diretrizes para o PRA. Esta resolução tem como objetivo orientar e regulamentar as ações necessárias para a regularização ambiental das propriedades e posses rurais, em conformidade com a Lei nº 12.651/2012.

Em seu Art. 2º, Inciso I, esta resolução define restauração ecológica como a intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica. Uma das inovações da norma é estabelecer que a verificação de cumprimento dos compromissos de restauração deve se basear nos resultados atingidos, e não nas ações planejadas. A Resolução SMA 32/2014 normatiza projetos de restauração motivados por: a) Autorizações e licenças ambientais; b) Reparação de danos ambientais; c) Recomposição de RL e APP); e d) Financiamento público. Detalha os incentivos para os proprietários que aderirem voluntariamente ao PRA, incluindo a

possibilidade de suspensão de sanções e multas relacionadas a infrações ambientais, desde que as medidas corretivas sejam implementadas.

3.13 PLANO DIRETOR PARA RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL VISANDO À CONSERVAÇÃO DE ÁGUA NAS BACIAS PCJ

O Plano Diretor para Recomposição Florestal Visando à Conservação de Água nas Bacias PCJ - PDRF (IRRIGART, 2018) consiste em uma política que objetiva fomentar o planejamento territorial, com o atendimento às demandas e integrado ao Plano de Recursos Hídricos, com enfoque para a conservação de águas nas Bacias PCJ por meio de ações planejadas de recomposição de vegetação nativa.

A partir de critérios analisados, o PDRF definiu áreas prioritárias para recomposição da vegetação, de acordo com as características naturais de cada área, de forma que as funções das florestas pudessem melhor contribuir para a conservação da água. Cabe ressaltar que uma das premissas do PDRF é a identificação de áreas prioritárias para recomposição florestal, além dos limites de APP já contemplados em Legislação.

O PDRF trabalha a importância das microbacias e dos remanescentes florestais para a produção de água e conservação de mananciais de abastecimento. Além disso, é uma ferramenta que possui papel ativo no subsídio de ações de proteção de mananciais, no direcionamento de compensações que envolvam restauração florestal, na definição de estratégias para priorização de projetos para aplicação de recursos financeiros, e na orientação de gestores e tomadores de decisão.

O PDRF é uma política elaborada em 2005 e revisada em 2018, quando se tornou mais abrangente à conservação dos recursos hídricos sob uma óptica mais multidisciplinar, e não mais somente com enfoque à produção de água, como sua versão anterior. Tal mudança foi motivada pela necessidade de tornar os sistemas de abastecimento de água mais resilientes, frente à situação de recorrentes oscilações hidrológicas consequentes de eventos climáticos extremos.

Neste sentido, verificou-se que a segurança hídrica não deve ser abordada apenas sob a perspectiva de estruturação de sistemas de abastecimento e reservatórios, mas reconheceu-se também a importância das florestas para a

proteção de corpos d'água, recargas de aquíferos, garantia da qualidade da água, manutenção do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, a sustentabilidade do abastecimento.

A concepção do PDRF envolveu um diagnóstico quanto à situação das Bacias PCJ, que incluiu o levantamento de uso e ocupação do solo, no qual verificou-se que o uso de maior predominância é o de campo/pastagem, com 25,3% de ocupação, seguido da cultura de cana de açúcar (19%). A vegetação nativa ocupa 20,4% da área total das Bacias PCJ, porém encontra-se dispersa e fragmentada, segundo o Plano.

O PDRF estabelece diretrizes para o mapeamento de áreas de demanda florestal, a partir da organização das áreas de contribuição em grupos, de acordo com critérios de priorização. A hierarquização de áreas prioritárias se faz necessária para identificação da situação de degradação e das demandas em nível regional, neste caso o território das Bacias PCJ, tornando-se uma ferramenta para a tomada de decisão dos gestores, e alocação de recursos financeiros considerando a priorização de ações.

Para a construção da hierarquização das áreas prioritárias, uma das etapas consistiu no levantamento e quantificação de áreas com demanda florestal, de acordo com critérios pré-definidos. Os resultados indicaram uma área total de 9.525 km² de demanda florestal, o que representa 62% da área total das Bacias PCJ.

A partir da sobreposição das áreas de demanda florestal e do mapa de uso da terra foi realizada para o Plano de Bacias PCJ 2010-2020, foi constatado que 35% da área total de demanda florestal é ocupada por pastagens, 27% é ocupada por lavouras de cana de açúcar. Além disso, mais 26% da área soma usos de silvicultura, lavoura temporária e lavoura permanente, ou seja, tratam-se de áreas de agricultura já consolidada.

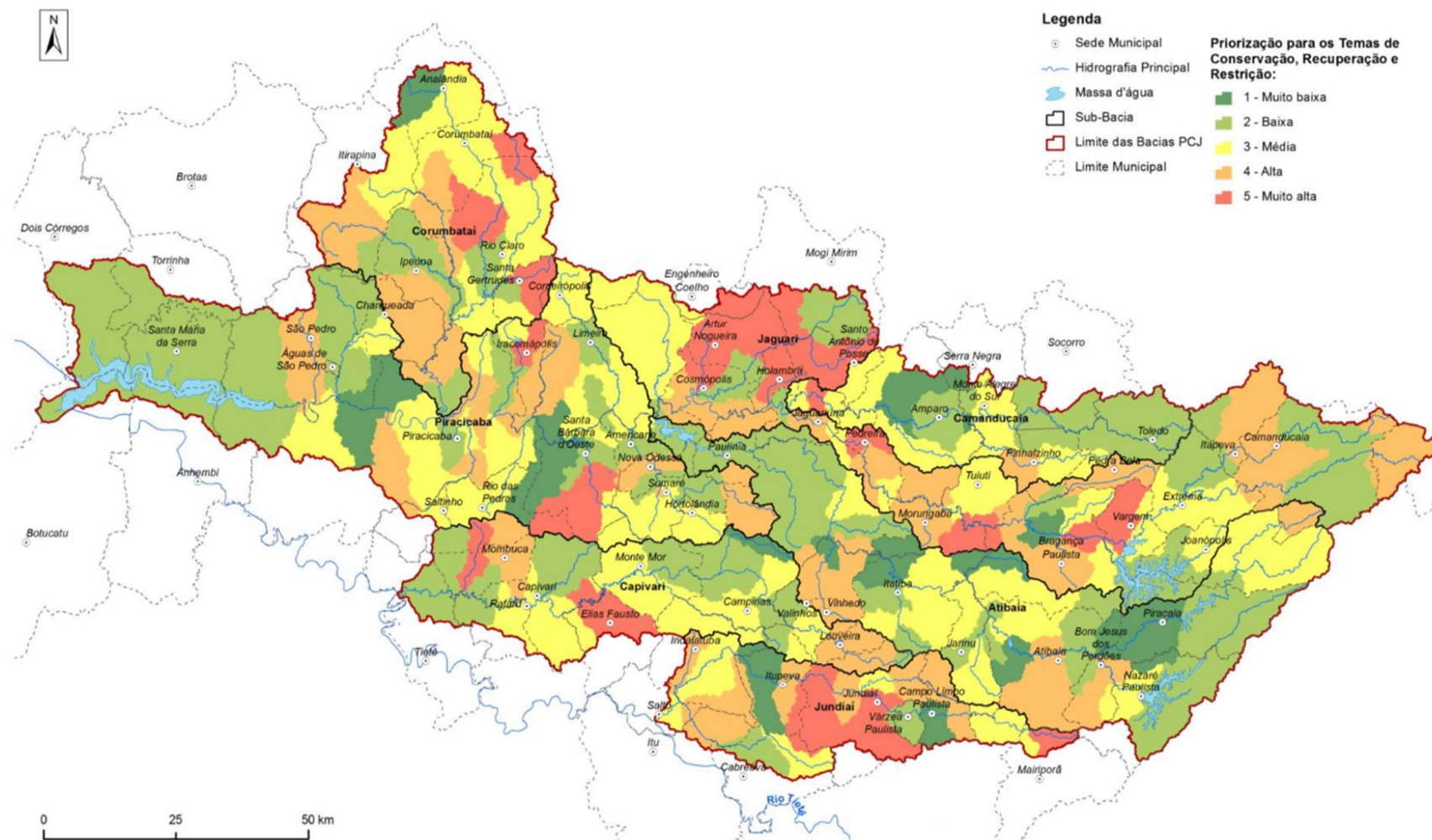
Os usos do solo nas APP também foram identificados, constatando que 35,91% das APPs já são compostas por vegetação, porém, 26,06% são compostas por pastagens e 8,54% estão em áreas urbanizadas. No total, identificou-se aproximadamente 64% das APPs desprovidas de vegetação nativa.

O PDRF também estabeleceu critérios técnicos para hierarquização das áreas de contribuição, com os quais são priorizadas áreas de acordo com os seguintes fatores: a) excedente hídrico natural (considera como variáveis a precipitação, a temperatura e o balanço hídrico); b) criticidade hídrica; e c) mananciais de

abastecimento público (mananciais municipais, mananciais municipais de interesse regional e mananciais regionais).

Com base no mapeamento de áreas, no diagnóstico realizado, e nos critérios de hierarquização, o PDRF desenvolveu uma simulação de hierarquização, definindo dentre as 225 Áreas de Contribuição - ACs, uma ordem de prioridade para a recomposição florestal. A Figura 2 representa a priorização para conservação, recuperação de nascentes, matas ciliares e áreas de recarga, bem como de restrições de uso, sendo a classe 5 = muito alta prioridade e a classe 1 = muito baixa prioridade.

Figura 2 - Mapa de priorização para conservação, recuperação e restrição



Fonte: Consórcio Profill-Rhama (2020).

3.14 POLÍTICA DE MANANCIAIS DAS BACIAS PCJ (DELIBERAÇÃO Nº 238/2015 DE 23/10/2015)

Motivados principalmente pelos eventos relacionados à escassez hídrica ocorridas no Estado de São Paulo, e que afetou significativamente a região das Bacias PCJ entre 2014 e 2015, os Comitês PCJ implementaram em 2015 a Política de Recuperação, Conservação e Proteção dos Mananciais no âmbito da área de atuação dos Comitês PCJ, ou simplesmente Política de Mananciais PCJ, por meio da Deliberação nº 238/2015 de 23/10/2015. A Política foi aperfeiçoada e melhorada ao longo dos anos, sendo que sua última revisão foi aprovada por meio da Deliberação dos Comitês PCJ nº 307/2018 de 14/12/2018.

A Política de Mananciais PCJ possui como principal objetivo, a promoção da conservação dos recursos hídricos e a garantia de sua regularidade e disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade de mananciais de abastecimento. Desta forma, a Política de Mananciais define critérios para a inclusão e priorização de programas e projetos que envolvam parcerias público-privadas, possibilitando assim a previsão e a utilização de recursos financeiros. Além disso, a Política de Mananciais PCJ visa apoiar programas, projetos e ações voltadas à implantação e à consolidação das políticas municipais de recursos hídricos nas Bacias PCJ, além de fornecer dados para composição de bancos e sistemas de informações dos Comitês PCJ.

A Política de Mananciais consiste em um instrumento legal e uma ferramenta de apoio para a conservação das águas, dos solos e da vegetação nativa, de modo a garantir o acesso aos recursos hídricos e orientar iniciativas para sua recuperação.

Com o objetivo de orientar as ações e investimentos, a Política de Mananciais criou quatro programas temáticos, sendo dois programas estruturantes (Programas I e II), e dois estratégicos (III e IV), conforme descritos a seguir:

I) Programa Recuperação, Conservação e Proteção Ambiental em Áreas de Interesse: contempla Projetos Executivos baseados nos Projetos Integrais de Propriedade - PIP e Serviços de recuperação, que incluem atividades que promovam o aumento ou a manutenção da disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequados, e priorizando os mananciais de interesse para abastecimento público, nas Bacias PCJ. No âmbito deste programa, foram criados o Banco de Áreas e o Banco de Projetos para Recuperação, Conservação e Proteção dos Mananciais, no quais

qualquer interessado que disponha de área que necessite conservação, recuperação ou proteção ambiental, ou para o cumprimento de obrigações (como por exemplo, Termo de ajustamento de Conduta), possa realizar o cadastro de tal área, desde que no território das Bacias PCJ, de acordo com os requisitos da Política, e conforme fluxo de execução de projetos dentro da ordem de prioridades.

II) Programa Pagamento por Serviços Ambientais (PSA): contempla ações com o objetivo de produzir serviços ambientais e sustentabilidade em sub-bacias, incluindo ações de execução, como obras e serviços propostos no PIP, voltadas à restauração ecológica e ao monitoramento da execução, com objetivo de pagamento aos proprietários, e recursos destinados ao pagamento de proprietários protetores-recebedores que geram serviços ambientais, priorizando os mananciais de interesse para abastecimento público, nas Bacias PCJ.

III) Programa de Apoio a Áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos: contempla ações de apoio e manejo de áreas sujeitas a restrição de uso. Também definiu a criação da Rede de Áreas Protegidas PCJ – RAP-PCJ, formada por representantes dos órgãos gestores e da sociedade civil atuantes nessas áreas, incluindo os membros participantes dos conselhos das Unidades de Conservação.

IV) Programa Proteção dos Biomas Mata Atlântica e Cerrado: contempla ações para apoiar a proteção da vegetação nativa dos referidos biomas, conforme previsto na Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/06) e na Política Estadual Paulista (Lei Estadual nº 13.550/09) de Proteção da vegetação nativa do Cerrado. Dentre as ações dos Comitês PCJ está o incentivo à elaboração dos Planos Municipais da Mata Atlântica e Cerrado - PMMA, de forma integrada com o PDRF, e o apoio à realização das ações previstas em Planos Diretores Florestais.

A implementação da Política de Mananciais PCJ e seus instrumentos envolve a colaboração entre diferentes níveis de governo, organizações não governamentais, setor privado e a sociedade civil. Os Comitês PCJ desempenham um papel fundamental na coordenação e articulação dessas ações.

A valorização e o reconhecimento dos produtores rurais como parte fundamental de todo o processo de recuperação, proteção e conservação dos mananciais e o incentivo para a participação de entidades representativas do setor rural também estão presentes nos objetivos da Política de Mananciais PCJ. A Política de Mananciais também promove a participação social, a mobilização de comunidades

e lideranças locais, integração com instituições de pesquisa e do terceiro setor por meio das Unidades Gestoras de Projeto – UGPs, que possuem papel crucial na implementação e na continuidade das políticas e programas municipais de recuperação e conservação dos recursos hídricos.

No âmbito da Política de Mananciais, os Comitês PCJ financiam, por meio dos recursos arrecadados com a cobrança de domínio Federal e Estadual, ações de proteção aos mananciais de abastecimento, que incluem: cercamento de APPs e RL para isolamento de fatores de degradação, restauração da vegetação nativa, plantio, ações voltadas ao saneamento rural, conservação do solo, prospecção e mobilização, PSA, dentre outras. O desafio é estimular os proprietários rurais a colocarem áreas, que por vezes encontram-se degradadas, à disposição para a execução de tais intervenções, e assim promover a proteção das áreas de recarga e dos mananciais.

Dentre os objetivos da Política de Mananciais PCJ, está a implantação de sistemas de informações e o fornecimento de dados sobre as áreas de interesse, para apoiar a gestão de recursos hídricos. Neste sentido, o Banco de Projetos PCJ é um banco de dados destinado ao cadastro de Projetos elaborados no âmbito da Política de Mananciais PCJ, disponíveis para a execução de intervenções previstas, visando à adequação ambiental. Os Projetos disponíveis neste banco são cadastrados pela Agência das Bacias PCJ e poderão ser financiados por instituições interessadas em investir em restauração e/ou outras intervenções ambientais.

O Banco de Áreas PCJ é o banco de dados voltado ao cadastro de áreas disponíveis em propriedades rurais, localizadas nas bacias PCJ para a restauração ecológica. O cadastramento no Banco de Áreas PCJ é voluntário e pode ser realizado a qualquer momento pelo usuário (proprietário, prefeitura ou instituições). A área disponibilizada, uma vez cadastrada no Banco de Áreas PCJ, compõe um conjunto de áreas aptas a serem adotadas por interessados como medida compensatória para cumprimento de obrigação ambiental ou como ação voluntária de responsabilidade social.

A Política de Mananciais PCJ pode ser considerada como uma ferramenta de planejamento e gestão, que está alinhada a outros dois instrumentos dos Comitês das Bacias PCJ, o Plano de Bacias PCJ 2020-2035 e o PDRF, podendo também ser integrado a outros instrumentos de gestão.

Neste sentido, a inclusão de incentivo à recomposição de vegetação, que tem por consequência a proteção de mananciais, aos mecanismos de cobrança

existentes, poderá constituir um mecanismo inovador de integração de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos, proporcionando benefícios para o manejo de bacias hidrográficas e para proprietários rurais, em regiões prioritárias.

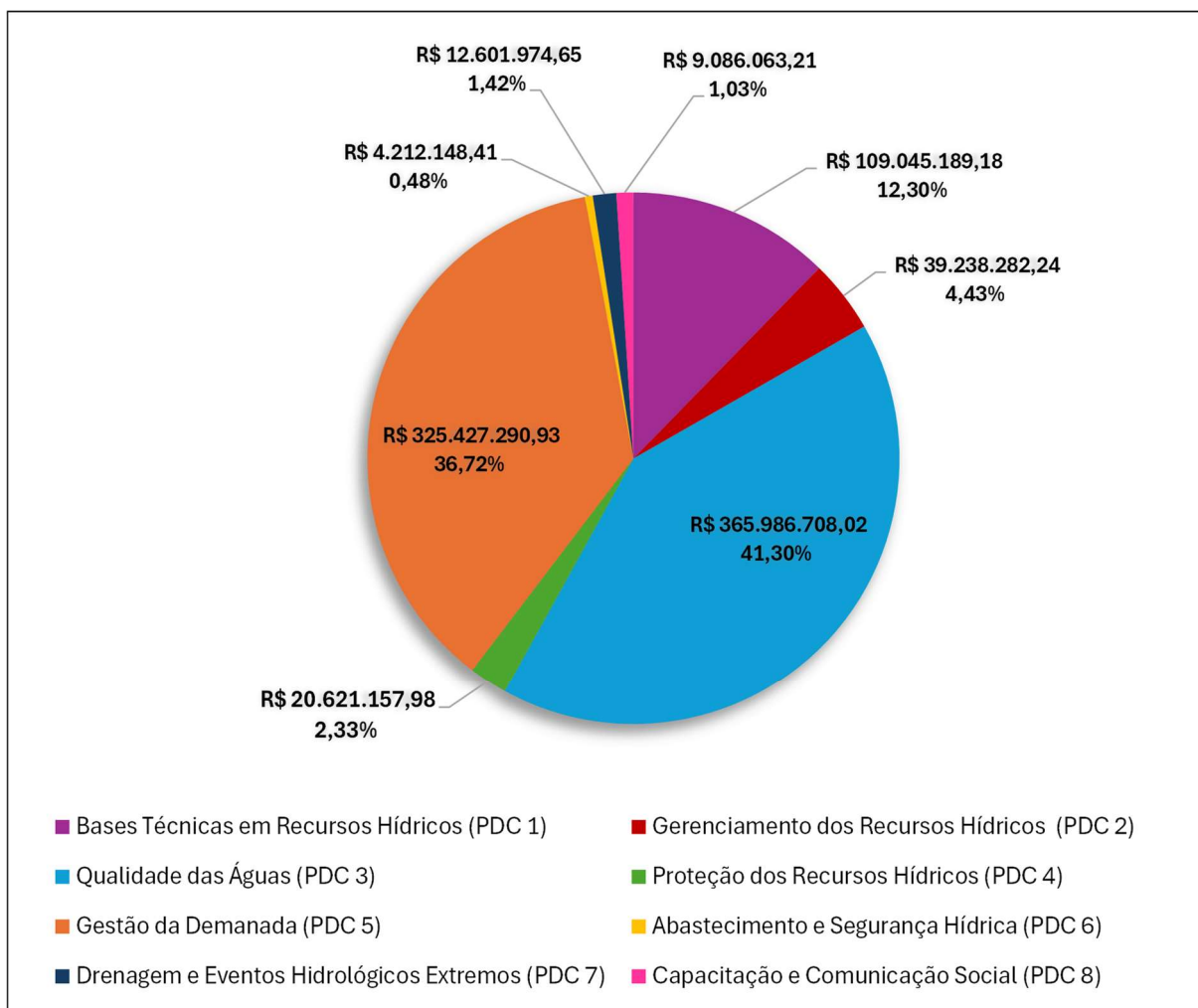
3.14.1 Investimentos em Proteção dos Mananciais das Bacias PCJ pelos Comitês PCJ

Embora a implementação da cobrança nas Bacias PCJ tenha ocorrido em 2006, os investimentos em projetos de infraestrutura natural foram impulsionados somente a partir da criação da Política de Recuperação, Conservação e Proteção de Mananciais PCJ, em 2015, pelos Comitês PCJ.

O Gráfico representado pela

Figura 3 contém os valores e percentuais acumulados de investimentos em Programas de Duração continuada – PDCs, previstos nos Planos de Recursos Hídricos das Bacias PCJ com recursos da Cobrança Estadual Paulista, Cobrança Federal e FEHIDRO, desde a instituição destas fontes de recurso.

Figura 3 - Investimentos nas Bacias PCJ, desde 1994, por PDC



Fonte: FABH PCJ (2023).

Por meio do gráfico, verifica-se que maior parte do montante de recursos financeiros investidos nas Bacias PCJ são em PDCs relacionados à qualidade das águas (PDC 3) e à gestão da demanda (PDC 5), que envolvem, em sua maioria, palmos e projetos voltados à melhoria do abastecimento de água, coleta, afastamento e tratamento de efluentes, controle de perdas hídricas, entre outras ações voltadas à infraestrutura cinza. Os projetos relacionados à proteção de mananciais, proteção de remanescentes florestais e vegetação ciliar, e ações de infraestrutura verde em geral estão enquadrados em ações de proteção dos recursos hídricos (PDC 4), em que se observa a representatividade de apenas 2,33% do montante de recursos.

Quando se analisa o montante aplicado em cada programa por fonte de recurso, verifica-se conforme apresentado na Tabela 11, que não são investidos recursos oriundos da Cobrança Estadual Paulista em ações previstas no PDC 4.

Tabela 11 - Recursos financeiros investidos nas Bacias PCJ, desde 1994, por PDC e fonte de recurso

Fonte de recursos	Programa	Número de empreendimentos	Valor pleiteado (R\$)	Valor de contrapartida (R\$)	Valor total (R\$)
CFURH 1994-2023	Bases Técnicas em Recursos Hídricos (PDC 1)	43	6.454.137,40	2.786.977,26	9.241.114,66
	Gerenciamento dos Recursos Hídricos (PDC 2)	4	368.578,32	251.783,55	620.361,87
	Qualidade das Águas (PDC 3)	112	26.298.993,74	29.748.546,05	56.047.539,79
	Proteção dos Recursos Hídricos (PDC 4)	37	6.172.111,84	2.360.299,71	8.532.411,55
	Gestão da Demanda (PDC 5)	53	37.317.227,40	12.561.891,49	49.879.118,89
	Abastecimento e Segurança Hídrica (PDC 6)	2	348.900,00	31.932,50	380.832,50
	Drenagem e Eventos Hidrológicos Extremos (PDC 7)	26	8.797.339,71	1.889.517,49	10.686.857,20
	Capacitação e Comunicação Social (PDC 8)	16	1.917.345,43	624.191,06	2.541.536,49
	Total CFURH	293	87.674.633,84	50.255.139,11	137.929.772,95
Cobrança PCJ Federal 2006-2023	Bases Técnicas em Recursos Hídricos (PDC 1)	79	68.051.954,81	940.473,57	68.992.428,38
	Gerenciamento dos Recursos Hídricos (PDC 2)	81	38.617.920,37	-	38.617.920,37
	Qualidade das Águas (PDC 3)	67	59.124.483,13	50.029.412,61	109.153.895,74
	Proteção dos Recursos Hídricos (PDC 4)	31	10.310.354,49	1.778.391,94	12.088.746,43
	Gestão da Demanda (PDC 5)	63	93.830.461,50	39.823.962,73	133.654.424,23
	Abastecimento e Segurança Hídrica (PDC 6)	8	3.119.196,84	712.119,07	3.831.315,91
	Drenagem e Eventos Hidrológicos Extremos (PDC 7)	6	1.688.287,12	226.830,33	1.915.117,45

Fonte de recursos	Programa	Número de empreendimentos	Valor pleiteado (R\$)	Valor de contrapartida (R\$)	Valor total (R\$)
	Capacitação e Comunicação Social (PDC 8)	54	6.244.526,72	-	6.244.526,72
	Total Cobrança Federal	389	280.987.184,98	93.511.190,25	374.498.375,23
Cobrança PCJ Paulista 2007-2023	Bases Técnicas em Recursos Hídricos (PDC 1)	89	26.844.359,32	3.967.286,82	30.811.646,14
	Qualidade das Águas (PDC 3)	114	150.973.328,75	49.811.943,74	200.785.272,49
	Gestão da Demanda (PDC 5)	72	112.073.591,17	29.820.156,64	141.893.747,81
	Capacitação e Comunicação Social (PDC 8)	1	300.000,00	-	300.000,00
	Total Cobrança Paulista	276	290.191.279,24	83.599.387,20	373.790.666,44
	Total Geral	958	658.853.098,06	227.365.716,56	886.218.814,62

Fonte: FABH PCJ (2023).

3.15 CUSTOS DA ADEQUAÇÃO AMBIENTAL

A adequação ambiental refere-se às ações necessárias para que propriedades rurais ou áreas urbanas cumpram com as exigências legais ambientais. Isso pode incluir o reflorestamento de áreas degradadas, recuperação de APPs e RLs, a implementação de práticas agroecológicas, bem como outras práticas de manejo sustentável. A restauração envolve a recuperação de ecossistemas degradados ou destruídos, visando restabelecer suas funções ecológicas, biodiversidade e serviços ambientais.

Os custos da restauração ativa podem variar até US\$ 7.519 por hectare para estabelecimento e até US\$ 4.709 por hectare e ano para manutenção, e variam de acordo com as diferentes técnicas de restauração, o bioma, as condições do solo e o tipo de vegetação original. As técnicas de regeneração natural possuem custos notadamente inferiores, e possuem papel estratégico considerando sua custo-efetividade no cumprimento de algumas metas de restauração, porém, este método ainda é considerado efêmero no bioma Mata Atlântica (Tymus *et al.*, 2018; Schimetka *et al.*, 2024). De forma geral, os custos da restauração e adequação ambiental é um fator que desestimula que o proprietário rural se dedique a promover restauração em suas propriedades.

Na Mata Atlântica, que é o bioma predominante nas Bacias PCJ, o conhecimento sobre custos e benefícios econômicos da restauração florestal ainda possuem lacunas e são pouco explorados. Isto porque, os custos de oportunidade são muitas vezes negligenciados ou não quantificados separadamente, o que também se aplica aos benefícios econômicos da restauração, que vêm com custos indiretos (Schimetka *et al.*, 2024). Além dos custos ambientais, os benefícios ambientais dos danos evitados são importantes na análise de projetos de melhoria ambiental, além de considerar que benefícios podem ser mensurados a longo prazo (O'Mahony, 2021).

Neste sentido os programas de PSA, que pagam por benefícios ecossistêmicos acumulados em outras escalas além da escala do agricultor local (por exemplo, qualidade da água, proteção contra enchentes e regulação climática) são fontes de renda cujo potencial poderia ser ampliado para aumentar a viabilidade econômica da restauração na Mata Atlântica. Além disso, no processo de restauração, há grande potencial fomento de uma economia baseada na biodiversidade. Desta forma, os

benefícios da restauração podem compensar grandes partes dos custos da adequação e restauração, ou até mesmo excedê-los (Schimetka *et al.*, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 FONTES DE DADOS

O levantamento e espacialização das outorgas de usos rurais existentes na Bacia do Rio Corumbataí foi realizado, contendo o volume de captação e de lançamento destes usos, considerando as finalidades rurais. A fonte de dados foi a plataforma de consultas às Outorgas de Direito de Uso de Recursos Hídricos emitidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Para o Estado de Minas Gerais, os dados foram obtidos da plataforma IDE-SISEMA.

Também foram utilizadas as bases de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR, para o levantamento de informações dos imóveis rurais existentes, tais como limites dos imóveis, delimitação das APPs e RL, área de vegetação nativa e área consolidada, dentre outras informações disponíveis. Também foram consultados os limites dos imóveis rurais cadastrados no Sistema de Gestão Fundiária - SIGEF.

Para a mensuração da área florestal, foi utilizada a base de dados do mapeamento do Inventário Florestal do Estado de São Paulo do ano de 2020, em escala de 1:10.000 metros, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Ambientais – IPA.

Outras bases de dados foram utilizadas como apoio para refinamento dos dados, tais como: delimitação dos limites das Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e sub-bacias (Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020); mapa de enquadramento de corpos d'água do Estado de São Paulo (CETESB, 2018); mapa de cobertura e uso da terra, em escala 1:250.000 (Coleção 8 do MapBiomass, 2022); delimitação da malha municipal do Estado de São Paulo (IBGE, 2022) e Biomas brasileiros (IBGE, 2019).

Os dados do CAR, em formato *shapefile* foram extraídos do SICAR para o Estado de São Paulo, com data-base de 03/06/2024. Os dados foram processados por meio do software ArcGIS (versão 10.8). Foram selecionados os dados que se intersectavam à camada de delimitação da sub-bacia do Rio Corumbataí, e verificadas sobreposições de polígonos de imóveis rurais que correspondiam ao cadastro duplicado de imóveis rurais no CAR, sendo que foi excluído o polígono cujo demonstrativo do CAR continha a data mais antiga.

4.2 ÁREA DE ESTUDO

4.2.1 Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí

As Bacias PCJ (Figura 4) estendem-se por uma área total de 15.377 km², sendo 92,45% corresponde à área localizada em território do Estado de São Paulo e 7,55% em território do Estado de Minas Gerais, e são compostas por sete sub-bacias: Rio Piracicaba e seus afluentes e formadores Rios Jaguari, Atibaia, Corumbataí e Camanducaia e as bacias dos Rios Capivari e Jundiaí. A região abrange total ou parcialmente 76 municípios (Consórcio Profill-Rhama; 2020; Comitês PCJ, 2021).

Figura 4 - Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá



Fonte: Elaboração própria.

A região das Bacias PCJ possui uma população estimada de 5.642.645 habitantes sendo 96,8% residente em área urbana e 3,2% em área rural. Calcula-se que cerca de 7% do Produto Interno Bruto - PIB nacional seja produzido na região, sendo considerada uma das regiões que apresentam mais alto desenvolvimento econômico e renda per capita do Brasil (Comitês PCJ, 2021). As projeções de crescimento populacional e aumento da urbanização e de aglomerados urbanos geram preocupação com relação ao aumento da pressão sobre os recursos hídricos, e reforçam a urgência de melhorias na qualidade e quantidade de água (Brasil, 2007). No caso da Região Metropolitana de Campinas – RMC, a mais urbanizada e de maior expressão econômica na região das Bacias PCJ, o crescimento populacional e o adensamento demográfico é derivado da industrialização, o que torna as bacias hidrográficas de seu entorno cada vez mais comprometidas quanto à capacidade de abastecimento, seja pela quantidade ou qualidade da água (Sugahara *et al.*, 2023).

Somado a este fato, as Bacias PCJ possuem grande importância econômica e estão vulneráveis às alterações hídricas ocasionadas pelas mudanças climáticas, potencialmente cenário de muitos conflitos pelo uso da água. Esta situação torna a gestão dos recursos hídricos consideravelmente complexa, fazendo-se necessário o alinhamento entre os órgãos operadores e atores interessados, bem como a convergência dos instrumentos de gestão para as demandas da bacia hidrográfica.

As pastagens e a agricultura são predominantes no território das Bacias PCJ, ocupando, respectivamente, aproximadamente 39% e 34% da área, sendo que há o predomínio histórico da cultura canavieira nas sub-bacias dos rios Piracicaba e Capivari, enquanto que nas demais sub-bacias observa-se ocupação majoritária de pastagens (Morgado, 2008). De acordo com Léo (2014), as captações demandadas representam um comprometimento de aproximadamente 90%, se comparado à disponibilidade da Bacia.

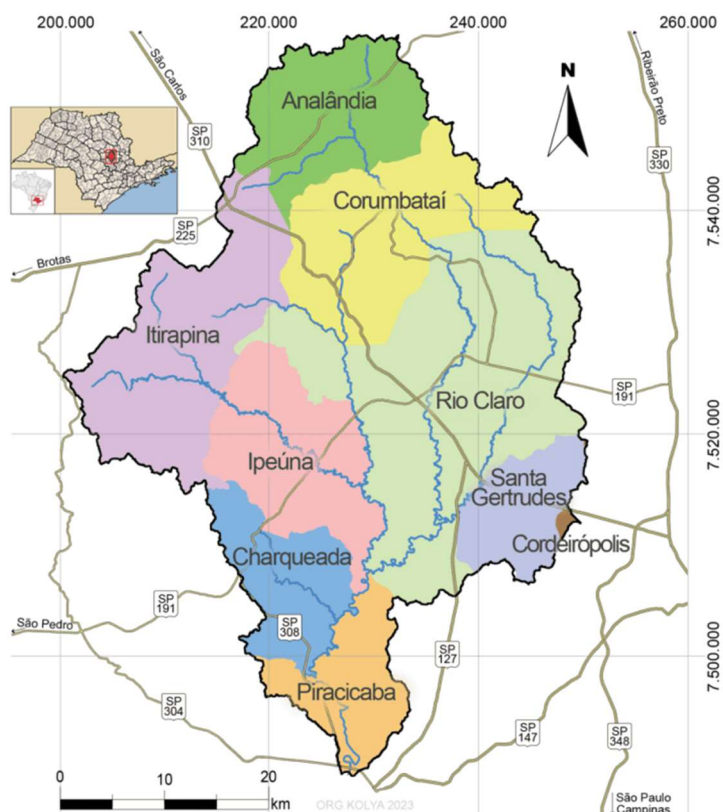
De acordo com o Relatório de Situação (2021), o índice de coleta de esgoto na Bacia PCJ é de 93,5%, no entanto, 82,6% do esgoto coletado é efetivamente tratado, sendo que o percentual da eficiência do sistema de esgotamento é de 73,6%.

4.2.2 Sub-bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí

A área a ser considerada para a simulação dos cenários propostos é a sub-bacia do Rio Corumbataí. A sub-bacia do Rio Corumbataí (Figura 5) é integrante das

Bacias Hidrográficas PCJ, e possui área total 1.719,46 km² e cerca de 300 km de perímetro, situada na região central do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 22° 05' e 22° 40' S, 47° 30' e 47° 55' W. O Rio Corumbataí percorre 120 km desde a sua nascente, na Serra do Cuscuzeiro, até desaguar na margem direita do Rio Piracicaba, no município de Piracicaba (Kolya, 2019; FABH-PCJ, 2020).

Figura 5 - Localização e municípios pertencentes à Sub bacia do Rio Corumbataí



Fonte: Kolya (2019).

A sub Bacia do Rio Corumbataí abrange nove municípios (Analândia, Charqueada, Cordeirópolis, Corumbataí, Ipeúna, Itirapina, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes) (FABH-PCJ, 2020). Com exceção de Itirapina, os municípios inseridos na sub Bacia do Rio Corumbataí também estão contidos na Aglomeração Urbana de Piracicaba - AUP, organização formada por 23 municípios e concentra uma população de cerca de 1,5 milhão de pessoas e 3% do PIB do Estado de São Paulo (Kolya, 2019).

A região está situada em uma região de grande importância econômica, agrícola e industrial, bem como representa uma área de interesse ambiental, principalmente por sua abundância em recursos naturais, que incluem a vegetação

nativa e minerais não-metálicos que servem ao uso agrícola e industrial (FABH-PCJ-2020).

Além disso, a sub-bacia do Rio Corumbataí possui relevante importância hídrica, por ser o principal manancial de abastecimento de água para cerca de 710.000 habitantes nos municípios de Piracicaba e Rio Claro, sendo responsável pelo abastecimento de água de 90% da área urbana de Piracicaba (Mori *et al.*, 2016; Kolya, 2019; FABH-PCJ, 2020).

A Sub Bacia do Rio Corumbataí possui 92% do seu território composto por áreas rurais e 8% por áreas urbanas, considerando dados censitários de 2010. Entretanto, cerca de 96% da população é residente em áreas urbanas e 4% em área rural. A população total é de cerca de 265.000 habitantes, considerando valores populacionais agregados da malha de setores censitários (menor unidade de desagregação de dados do Censo Demográfico) apenas referentes aos limites da Bacia do Rio Corumbataí (FABH-PCJ, 2020).

Parte da região de cabeceira da Sub Bacia do Rio Corumbataí é abrangida pela Área de Proteção Ambiental - APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapá (Perímetro Corumbataí), criada em 1983 (Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983) e pela APA Piracicaba/Juqueri-Mirim (Área I), criada em 1991 (Lei nº 7.438, de 16 de julho de 1991).

A disponibilidade hídrica superficial da Bacia do Rio Corumbataí, considerando a $Q_{7,10}$ é de 4,97 m³/s e a vazão $Q_{95\%}$ é 9,49 m³/s. Em relação às reservas exploráveis subterrâneas, a vazão é de 2,49 m³/s. A demanda total da Bacia do Rio Corumbataí é de 2,13m³/s, sendo o abastecimento público (consumo doméstico) o principal uso, representando cerca de 43,94% da demanda total. A irrigação é o segundo maior uso, em termos de participação das demandas, com cerca de 31,82% e vazão consumida de 0,68m³/s, sendo que a área irrigada é de 27,07 km² que representa cerca de 1,6% da área total da bacia. A demanda de água para a criação animal é a menor entre as demandas consuntivas da Bacia do Rio Corumbataí, e totaliza uma vazão consumida de 0,045m³/s, distribuídas de forma desigual pela bacia (FABH-PCJ, 2020b). O setor industrial é responsável por 22,11%, concentrado principalmente na foz do Rio Corumbataí (FABH-PCJ, 2020b).

A demanda total consuntiva na Bacia é de 3,33 m³/s. O balanço hídrico, que representa o balanço entre a disponibilidade hídrica, as demandas consuntivas, as vazões de retorno, bem como as transposições e as reversões nas Bacias e a vazão

regularizada por reservatórios é de 2,83 m³/s. Este valor é considerado de média criticidade, pelos critérios de avaliação elencados pelo Plano de Bacias (Consórcio Profill-Rhama, 2020). Apesar da vazão ainda se encontrar dentro dos parâmetros considerados aceitáveis, a demanda é crescente (Kolya, 2019).

4.3 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS E MODELOS MATEMÁTICOS PARA A DEFINIÇÃO DE COEFICIENTES E RESPECTIVOS PESOS

Nas metodologias de cobrança em vigência, em geral, é comum a utilização de coeficientes ponderadores que incidem sobre o cálculo da cobrança. Geralmente, a implementação destes coeficientes se propõe a reduzir (quando o coeficiente é menor que 1) ou aumentar (quando o coeficiente é maior que 1) o valor em decorrência de algum objetivo específico. No entanto, não há informações sobre os critérios para atribuição dos valores para os coeficientes aplicados às variáveis utilizadas no cálculo, e o porquê esses valores são atribuídos, apenas observa-se que os valores atribuídos são discretos (não contínuos) dentro de certo intervalo entre um coeficiente mínimo e um coeficiente máximo.

Diante disso, este trabalho propõe a criação de coeficientes que sejam aplicados ao preço a ser pago pelo uso da água dos usos com finalidade rurais. O intuito é atrelar o peso destes coeficientes ao quanto a propriedade encontra-se adequada ambientalmente e o quanto contribui para a conservação de remanescentes florestais na sub-bacia de estudo. Esta adequação/conservação, por sua vez, é um tanto subjetiva e pode ser medida sobre vários aspectos. Aqui, a proposta é que seja medida em função dos *parâmetros de conservação e adequação*.

O termo parâmetro refere-se a uma variável ou um valor que define uma característica específica de um sistema ou processo, sendo utilizado como um critério ou uma referência essencial para a análise, compreensão ou avaliação de uma situação, permitindo que se obtenha uma perspectiva clara sobre a circunstância em questão. Os parâmetros propostos neste trabalho foram determinados a partir de características que se deseja melhorar nas propriedades rurais estudadas, ou seja, o nível de adequação ambiental e conservação dos remanescentes florestais. Dessa forma, de acordo com os dados analisados, as características que foram consideradas para a definição dos parâmetros, neste trabalho são:

- 1) APP a recompor: representa o quanto a propriedade deve se adequar no quesito de APP, considerando a ocupação das APPs por vegetação nativa e por áreas consolidadas, sendo que os demais fragmentos seriam passíveis de recomposição vegetal. Portanto, com a proposta de cobrança, pretende-se induzir a sua diminuição, ou compensar propriedades que estejam com alto valor neste parâmetro. Assim, quanto menor o valor do parâmetro, maior a compensação ou desconto na cobrança;
- 2) APP e RL a recompor: considera o quanto a propriedade precisa se adequar para atender à legislação com relação às APPs e RL de acordo com a ocupação das APPs e das RLs por vegetação nativa e por áreas consolidadas, e que os demais fragmentos seriam passíveis de recomposição vegetal. Neste parâmetro, levou-se em consideração as definições da legislação quanto às características da propriedade que possui obrigatoriedade em manter RL. Portanto, com a proposta de cobrança, pretende-se induzir a diminuição, ou compensar propriedades que estejam com alto valor neste parâmetro, ou seja, quanto menor o valor do parâmetro, maior a compensação ou desconto na cobrança;
- 3) APP ocupada por vegetação nativa: considera-se somente a ocupação das APPs por vegetação nativa, independentemente de eventual ocupação também por áreas consolidadas. Na proposta, pretende-se incentivar a ocupação das APPs com vegetação nativa, e compensar aquelas propriedades que já detenham uma alta ocupação por vegetação nas APPs;
- 4) Quantidade de remanescentes nas propriedades: considera-se o percentual da propriedade ocupada por remanescentes florestais, em relação ao tamanho da propriedade. Objetiva-se compensar aquelas propriedades que possuem maior quantidade de remanescentes conservados, ou incentivar o reflorestamento, neste caso não só das APPs e RL, mas na propriedade como um todo. Neste parâmetro, propriedades pequenas, e que não tenham obrigação legal e recompor APP ou RL, mas que conservem os remanescentes florestais voluntariamente em suas propriedades, seriam recompensados.

Para se determinar o peso para os coeficientes propostos para cada parâmetro, foram utilizados modelos matemáticos por meio de funções. A determinação de coeficientes a partir de modelos matemáticos é um processo comum em várias áreas, como a análise estatística, a modelagem econométrica e a engenharia. Os coeficientes ajudam a ajustar a importância relativa das variáveis em um modelo, otimizando sua precisão e relevância (Chen, 2019).

Funções são relações que associam cada elemento de um conjunto a um único elemento de outro conjunto. Uma função é *crescente* quando à medida que se aumenta o valor de x , o resultado de y também aumenta. Uma função *decrecente* é aquela que o resultado de y diminui à medida que se aumenta os valores de x . Toda função possui uma lei de formação, que se trata da regra matemática que define como cada valor da variável x é transformado para obter o valor da variável y . As formas mais básicas e amplamente utilizadas para se conectar dois pontos (mínimo e máximo) são através de funções polinomiais de 1º ou 2º grau.

Uma função de 1º grau, também chamada de função afim ou regressão linear simples possuem lei de formação definida como $y = ax + b$. Neste tipo de função, dois pontos quaisquer em um plano cartesiano são conectados por meio de uma reta.

Outra forma de conectar dois pontos quaisquer é através de um trecho de parábola descrita por uma função do 2º grau, também chamada função quadrática ou função polinomial de 2º grau, dada por $y = ax^2 + bx + c$. O gráfico das funções do 2º grau é uma curva que recebe o nome de parábola. As parábolas podem ter a concavidade voltada para cima ou para baixo, a depender da direção na qual a curva da parábola se abre no plano cartesiano, que está diretamente relacionada aos coeficientes na equação.

Neste trabalho, esses dois pontos quaisquer são, na verdade, os pontos mínimo e máximo que definem os valores extremos para o coeficiente ponderador. O eixo x representa o valor do parâmetro, que varia de 0 a 1, enquanto o eixo y indica o coeficiente ponderador, o qual definiremos por K , que é determinado em função do parâmetro.

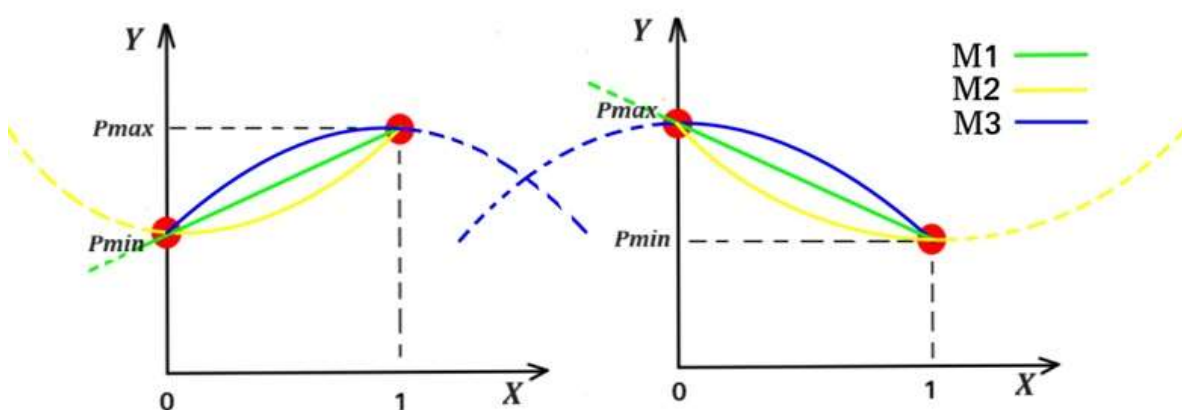
Os parâmetros propostos sempre variam de 0 a 1, visto que representam um percentual. Cada parâmetro possui seu respectivo coeficiente ponderador K , cujo peso é função do quanto a propriedade preserva, mais precisamente do percentual que a respectiva propriedade possui em cada um dos *parâmetros de adequação* ou *conservação*.

O primeiro modelo proposto por este estudo, Modelo 1 (M1), propõe-se a escrever coeficiente ponderador K em função do seu respectivo parâmetro por meio de uma função do 1º grau.

O Modelo 2 (M2) é aquele que se propõe a obter os valores para os coeficientes em função do seu respectivo parâmetro através de uma função do 2º grau com concavidade para cima. O Modelo 3 (M3) é aquele que escreve esta mesma relação através de uma função do 2º grau com concavidade para baixo.

A Figura 6 apresenta como os pontos mínimo e máximo, em vermelho, se conectam através de um segmento de reta (M1) e trechos de parábola (M2 e M3) em ambas as configurações crescente (à esquerda) e decrescente (à direita).

Figura 6 - Modelos matemáticos M1, M2 e M3, representados por curvas contínuas que conectam os pontos extremos em cada uma das configurações crescente e decrescente



Fonte: Elaboração própria.

Como descrito, a proposta nesse trabalho é que existam três maneiras distintas de vincular K aos seus respectivos parâmetros X , aqui descritas pelos modelos matemáticos M1, M2 e M3.

No M1, K é escrito em função dos seus respectivos parâmetros X através de uma função afim (em verde), mais especificamente, um segmento de reta crescente na *configuração crescente* e um segmento de reta decrescente na *configuração decrescente*.

No M2, em ambas as *configurações crescente e decrescente*, o **K** é escrito, respectivamente, por uma função do 2º grau com concavidade para cima (em amarelo), mais precisamente, por trechos de parábolas entre os pontos mínimo e máximo.

No M3, também em ambas as *configurações crescente e decrescente*, **K** é descrito através de uma função do 2º grau com concavidade para baixo (em azul), mais precisamente, por trechos de parábolas entre os pontos mínimo e máximo.

4.4 ELABORAÇÃO DE CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DE COBRANÇA

Por meio de simulações de cálculo, foram analisados os cenários de cobrança pelo uso de recursos hídricos para os usuários rurais, considerando os mecanismos e preços que atualmente estão vigentes apenas para usuários de outros setores nas Bacias PCJ e os parâmetros e coeficientes propostos por este estudo.

Para tal, cada um dos quatro parâmetros criados foi cruzado com os três modelos matemáticos de coeficientes ponderadores. Com isso, doze cenários distintos de cálculo de cobrança foram gerados. Também foi gerado um cenário de referência, utilizando coeficientes atualmente existentes na metodologia atual de cobrança, assumindo que estes mesmos coeficientes fossem aplicados aos usos rurais.

Para todas as simulações, foi utilizada a equação geral de cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio Estadual Paulista: $Valor_{Total} = (V_{cap} PUF_{cap} + V_{cons} PUF_{cons} + CO_{DBO} PUF_{DBO})$, bem como valores atuais de PUB e de coeficientes ponderadores, anteriormente citados no item 0, que serão aplicados ao cálculo dos usos rurais. Para o cenário de referência foram considerados estritamente os termos do estabelecida pelo Decreto nº 50.667/200 e pela Deliberação dos Comitês PCJ nº 48/2006 quanto aos coeficientes e respectivos valores, ou seja, o valor total considerado para o cálculo da cobrança é igual a $PUF_{cap} \times (V_{cap} \times (0,0127 \times X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13})) + PUF_{cons} \times (V_{cons} \times (0,0255 \times X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13})) + PUF_{DBO} \times (CO_{DBO} \times (0,1274 \times Y_1 \times Y_3 \times Y_4))$.

Para os cenários propostos, foi considerada a inclusão do novo coeficiente, aqui chamado “*coeficiente de adequação e conservação*” (**Kac**) para o cálculo de PUF_{cap} , portanto, o cálculo da cobrança considerado é igual a $PUF_{cap} \times (V_{cap} \times (0,0127$

$$\times X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13} \times \textcolor{red}{Kac})) + PUF_{cons} \times (V_{cons} \times (0,0255 \times X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_5 \times X_6 \times X_7 \times X_{13})) + PUF_{DBO} \times (CO_{DBO} \times (0,1274 \times Y_1 \times Y_3 \times Y_4)).$$

A partir destes cenários, foram discutidas a aplicação dos parâmetros e coeficientes propostos em uma metodologia de cobrança que venha a ser implementada nas Bacias PCJ para o setor rural, com relação ao comportamento do proprietário rural que se deseja incentivar em cada cenário, avaliando impactos e complexidade de operacionalização.

5 RESULTADOS

5.1 SINTETIZAÇÃO DE DADOS

Após a obtenção, análise e cruzamento das informações coletadas, os resultados apresentam um diagnóstico detalhado da sub-bacia do Rio Corumbataí, comparando-o com os dados das Bacias PCJ. Esses resultados serão descritos nos itens subsequentes.

5.1.1 Propriedades rurais

As propriedades rurais existentes foram levantadas através dos dados dos limites dos imóveis rurais disponíveis no SICAR. Tal plataforma disponibiliza os dados por Estado, portanto, foram obtidos os dados referentes aos Estados de São Paulo e de Minas Gerais, que são abrangidos pelas Bacias PCJ. As delimitações das Bacias PCJ e da sub-bacia do Rio Corumbataí foram utilizadas para selecionar, por meio do software ArcGIS, os limites de imóveis rurais dentro do território das Bacias PCJ. Nesta seleção de imóveis rurais, não foram tratadas as eventuais sobreposições de polígonos.

A sub-bacia do Rio Corumbataí concentra 4.035 imóveis rurais existentes nas Bacias PCJ, o que representa cerca de 8% do total de imóveis rurais localizados no território das Bacias PCJ. A maior parte dos imóveis rurais da sub-bacia do Rio Corumbataí, cerca de 85% possuem tamanho de até 4 Módulos Fiscais. A Tabela 12 apresenta o resumo das informações.

Tabela 12 - Quantidade e tamanho dos imóveis rurais nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí

Imóveis	Bacias PCJ	Sub-bacia do Rio Corumbataí
Até 04 Módulos Fiscais	46.136	3.418
Acima de 04 Módulos Fiscais	4.075	617
Total	50.211	4.035

Fonte: SICAR (2024).

5.1.2 Usos de recursos Hídricos

Os dados de usos de recursos hídricos da UGRHI 05 (Bacias PCJ) foram extraídos da plataforma do DAEE, na data-base de 03/06/2024, em formato de planilha .csv, convertida para o formato .xls para a filtragem de informações. Da mesma forma, para a porção mineira das Bacias PCJ, foram extraídos dados de outorgas estaduais da plataforma IDE-SISEMA, com data-base de 03/06/2024, em formato .kml, posteriormente convertido em planilha .xls.

A extração de dados da plataforma do DAEE para a UGRHI-05 obteve 16.195 linhas de informações de recursos hídricos. Destas, foram desconsiderados suptipos de requerimentos que não são passíveis de cobrança, tais quais barramentos, extrações de minérios, reversões, canalizações e travessias. Também não foram considerados os cadastros de usos, declarações de viabilidade e desistências de usos, mantendo-se apenas os tipos de requerimentos que configuram usos de recursos hídricos. Para a porção mineira, foram obtidas 138 linhas de informações. Neste caso, foram desconsiderados dados de construção de barramento ou açude, construção de dique ou desvio de curso d'água, dragagem, bem como retificação, canalização e obras de drenagem, restando os dados de captação em corpo d'água e exploração de água subterrânea. A planilha com informações filtradas foi importada para o software ArcGIS, para recorte dos pontos dentro dos perímetros das Bacias PCJ e da sub-bacia do Rio Corumbataí.

Com relação aos usos consuntivos na sub-bacia do Rio Corumbataí, com outorga de direito de uso, cadastro de uso e dispensa de outorga, de acordo com os dados levantados, verifica-se, que as captações superficiais representam o volume mais significativo. A finalidade de uso urbano representa o maior volume de captação superficial e de lançamento de efluentes. Dentre as captações subterrâneas, a finalidade industrial possui maior volume.

As finalidades rurais (aquicultura, irrigação e rural), somam 1,66% das captações superficiais, 22,39% das captações subterrâneas e 0,33% dos lançamentos na sub-bacia do Rio Corumbataí. Os volumes por finalidade e tipo de uso estão representados na Tabela 13.

Tabela 13. Tipos, finalidades e volume total dos usos consuntivos na sub-bacia do Rio Corumbataí

Finalidade	Captação Superficial (m³)	Captação Superficial (%)	Captação subterrânea (m³)	Captação subterrânea (%)	Lançamento de Efluentes (m³)	Lançamento de Efluentes (%)
Aquicultura	195.676,80	0,17%	687.917,60	3,04%	6.480,00	0,02%
Comércio e Serviços	56.160,00	0,05%	614.734,32	2,72%	81.216,00	0,24%
Doméstico	72.750,60	0,06%	374.283,01	1,65%	-	0,00%
Industrial	12.260.307,60	10,62%	12.184.445,80	53,86%	3.969.731,52	11,53%
Irrigação	1.576.582,02	1,37%	4.340.190,00	19,19%	-	0,00%
Mineração	2.722.665,60	2,36%	184.608,00	0,82%	-	0,00%
Outros	188.928,00	0,16%	35.311,20	0,16%	8.640,00	0,03%
Recreação e Paisagismo	56.054,40	0,05%	170.139,00	0,75%	7.257,60	0,02%
Rural	138.541,85	0,12%	37.746,00	0,17%	107.916,00	0,31%
Urbano	98.126.640,00	85,04%	3.992.645,80	17,65%	30.247.516,80	87,86%
Total	115.394.306,87	100%	22.622.020,73	100%	34.428.757,92	100%

Fonte: DAEE (2024).

Na Tabela 14, são apresentados com os quantitativos sobre os usos de recursos hídricos com outorga de direito de uso, cadastro de usos e dispensas de outorga, nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.

Tabela 14. Quantitativos de outorgas e dispensas de outorga nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí

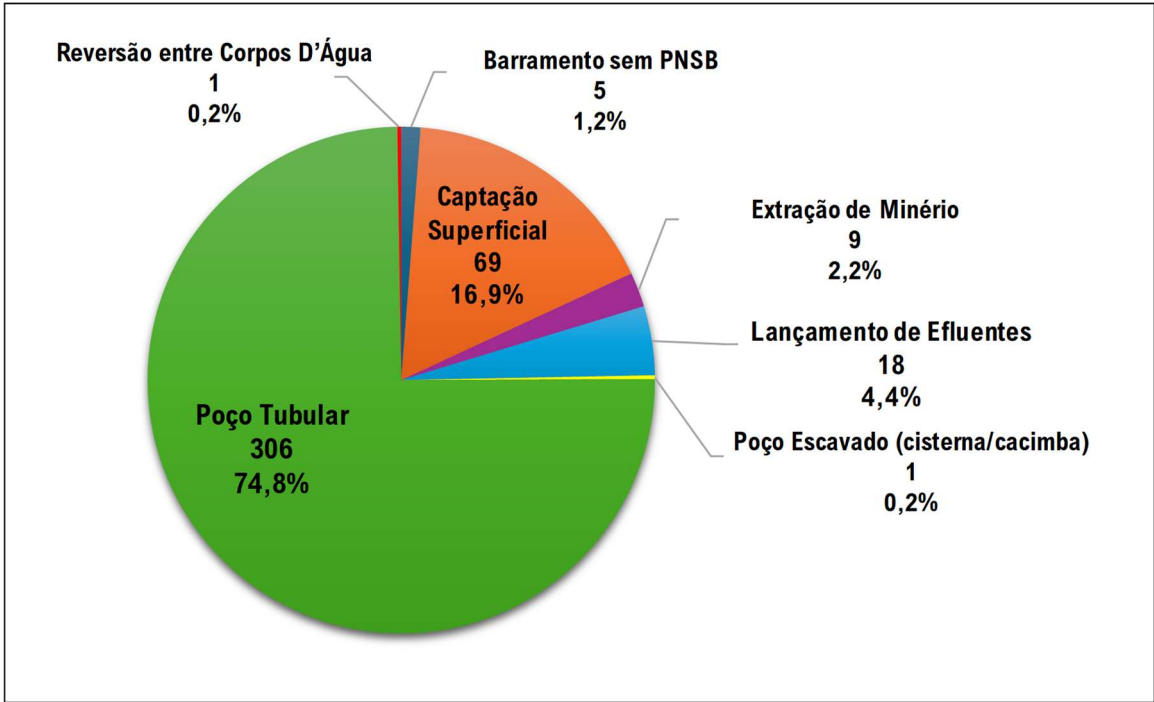
Tipo requerimento	Bacias PCJ	Sub-bacia do Rio Corumbataí
Outorgas	6.626	409
Dispensas de outorga	8.321	384
Cadastro de usos	1026	6
Total usos	15.973	799

Fonte: DAEE (2024); IDE-SISEMA (2024).

Para este estudo, foram selecionados apenas os dados de outorgas pelo uso dos recursos hídricos na sub-bacia do Rio Corumbataí, para captação subterrânea (poços tubulares e cacimbas), captação superficial e lançamento superficial com finalidade de uso rural (irrigação, aquicultura). Dispensas de outorga e cadastros de usos não foram considerados, uma vez que possuem volume considerado insignificante e não são passíveis de cobrança.

Das outorgas existentes na sub-bacia do Rio Corumbataí, aproximadamente 75% representam captações subterrâneas em poços tubulares. A composição de usos de recursos hídricos outorgados na sub-bacia do Rio Corumbataí é apresentada no gráfico da **Figura 7**.

Figura 7 - Quantidade e tipos de usos outorgados na sub-bacia do Rio Corumbataí



Fonte: DAEE (2024).

Quanto às finalidades dos usos da sub-bacia do Rio Corumbataí, na Tabela 15 verifica-se que a finalidade industrial possui maior número de captação, enquanto a finalidade de uso urbano apresenta maior número de lançamentos. O setor rural, que engloba as finalidades Aquicultura, Irrigação e Rural, soma 64 usos entre captações e lançamentos.

Tabela 15 - Tipos de uso e finalidades na sub-bacia do Rio Corumbataí

Finalidade	Captação Superficial	Captação Subterrânea	Lançamento de Efluentes	Total
Aquicultura	4	24	0	28,00
Comércio e Serviços	1	28	1	30,00
Doméstico	0	2	0	2,00
Industrial	25	173	7	205,00
Irrigação	16	17	0	33,00
Mineração	7	7	0	14,00
Outros	4	2	0	6,00
Recreação e Paisagismo	0	1	0	1,00
Rural	1	1	1	3,00
Urbano	10	52	9	71,00
Total	68	307	18	393

Fonte: DAEE (2024).

5.1.3 Propriedades selecionadas para o estudo

Os dados de outorga dos usos de recursos hídricos rurais obtidos foram plotados no *software* ArcGIS e intersectados com os limites das propriedades rurais, obtidas por meio do CAR. Desta forma, relacionou-se os usos de recursos hídricos rurais com as propriedades. Os imóveis com status de análise do CAR com a situação “cancelada”, foram desconsiderados, mantendo-se cadastros ativos e pendentes de análise.

Por meio da intersecção das camadas do limite da sub-bacia do Rio Corumbataí, dos imóveis rurais localizados na sub-bacia do Rio Corumbataí e dos pontos que representavam as outorgas, foram verificadas que 56 outorgas de uso rural se localizavam dentro do polígono de 36 propriedades. Outros 08 pontos ficaram localizados dentro do limite da sub-bacia do Rio Corumbataí, porém fora do polígono de alguma propriedade. Estes pontos foram relacionados à respectivas propriedades, considerando a proximidade, e consulta à publicação do extrato da respectiva outorga no site do Diário Oficial do Estado de São Paulo – DOE. Também foi verificado se algum desses pontos localizavam-se dentro de algum polígono obtido pelo SIGEF, e um uso foi verificado dentro de uma propriedade.

Por fim, foi obtido o número de 64 outorgas com finalidades rurais, distribuídas em 42 propriedades rurais localizadas na sub-bacia do Rio Corumbataí. Estas 42 propriedades foram consideradas para a análise da situação da adequação ambiental, bem como para realização dos cálculos dos cenários de cobrança propostos neste trabalho.

As 42 propriedades estão localizadas em sete municípios da sub-bacia do Rio Corumbataí, conforme detalhado na tabela 16. Não foram constatadas propriedades com usos de recursos hídricos nos municípios de Cordeirópolis e Santa Gertrudes. O município de Rio Claro concentra o maior número de propriedades e também a maior área total. A tabela 16 também contém o valor de 1 (um) Módulo Fiscal, que varia entre os municípios, utilizado para determinar o porte do imóvel rural.

Tabela 16. Distribuição do número de propriedades e área das propriedades entre os municípios da sub-bacia do Rio Corumbataí, e valores de 1 Módulo Fiscal em cada município

Município	Quantidade propriedades	Área total das propriedades (ha)	Valor de 1 Módulo Fiscal (ha)
Analândia	3	849,56	18
Charqueada	4	195,06	10
Corumbataí	7	246,04	18
Ipeúna	2	1.451,34	16
Itirapina	6	2.639,51	14
Piracicaba	4	653,74	10
Rio Claro	16	5.896,48	14
Total	42	11.931,72	-

Fonte: SICAR (2024); Embrapa (2014).

Conforme indicado na Tabela 17, a maioria das propriedades analisadas neste estudo possui até 4 Módulos Fiscais, caracterizando-as como pequenas propriedades. No entanto, grandes propriedades, com mais de 4 Módulos Fiscais, ocupam mais de 95% da área total.

Tabela 17 - Porte das propriedades rurais selecionadas para o estudo

Porte da propriedade	Número de imóveis	Área total (ha)
Maior que 4MF	14	11.404,44
Menor que 4MF	28	527,28
Total	42	11.931,72

Fonte: SICAR (2024).

Na tabela 18, é representada a listagem de propriedades selecionadas, seu tamanho e área e em Módulos Fiscais, município e o número de outorgas existentes. Na Tabela 19, são apresentados os tipos, finalidades e volume total dos usos outorgados nas propriedades selecionadas.

Tabela 18 - Informações das propriedades selecionadas

Propriedade	Município	Área (ha)	Módulos Fiscais	Número de outorgas
P1	Analândia	6,64	0,37	1
P2	Analândia	579,61	32,20	5
P3	Analândia	263,30	14,63	1
P4	Charqueada	16,67	1,67	1
P5	Charqueada	153,77	15,38	2
P6	Charqueada	5,22	0,52	1
P7	Charqueada	19,39	1,94	1
P8	Corumbataí	83,46	4,64	3
P9	Corumbataí	6,02	0,33	1
P10	Corumbataí	2,67	0,15	1
P11	Corumbataí	26,26	1,46	1
P12	Corumbataí	47,92	2,66	1
P13	Corumbataí	53,17	2,95	2
P14	Corumbataí	26,54	1,47	1
P15	Ipeúna	1.393,28	87,08	1
P16	Ipeúna	58,06	3,63	1
P17	Ipeúna	52,52	3,75	1
P18	Itirapina	32,66	2,33	1
P19	Itirapina	183,12	13,08	1
P20	Itirapina	1.490,68	106,48	14
P21	Itirapina	784,59	56,04	1
P22	Itirapina	95,95	6,85	1
P23	Piracicaba	19,25	1,92	1
P24	Piracicaba	549,69	54,97	1
P25	Piracicaba	14,59	1,46	1
P26	Piracicaba	70,21	7,02	1
P27	Rio Claro	7,83	0,56	1
P28	Rio Claro	5.264,76	376,05	1
P29	Rio Claro	64,34	4,60	1
P30	Rio Claro	24,99	1,78	1
P31	Rio Claro	6,78	0,48	1
P32	Rio Claro	9,02	0,64	1
P33	Rio Claro	9,48	0,68	1
P34	Rio Claro	24,28	1,73	1
P35	Rio Claro	4,44	0,32	1
P36	Rio Claro	427,69	30,55	1
P37	Rio Claro	7,41	0,53	2
P38	Rio Claro	7,91	0,57	1

Propriedade	Município	Área (ha)	Módulos Fiscais	Número de outorgas
P39	Rio Claro	10,75	0,77	1
P40	Rio Claro	2,40	0,17	1
P41	Rio Claro	22,03	1,57	1
P42	Rio Claro	2,38	0,17	1
Total		11.931,72	846,17	64

Fonte: DAEE (2024); SICAR (2024).

Tabela 19 . Tipos, finalidades e volume total dos usos outorgados nas 42 propriedades selecionadas.

Finalidade	Captação Superficial (m³)	Captação Superficial (%)	Captação Subterrânea (m³)	Captação Subterrânea (%)	Lançamento (m³)	Lançamento (%)
Aquicultura	107.059,20	6,52%	554.630,40	11,35%	-	0%
Irrigação	1.488.450,82	90,64%	4.307.760,00	88,18%	-	0%
Rural	46.656,00	2,84%	22.680,00	0,46%	44.496,00	100%
Total	1.642.166,02	100%	4.885.070,40	100%	44.496,00	100%

Fonte: DAEE (2024).

Os volumes de captação, consumo e lançamento de cada uma das 42propriedades selecionadas são apresentados na Tabela 20. Nas Bacias PCJ, o volume de consumo é dado pelo volume total de captação do usuário subtraído o volume de lançamento. Para apenas uma propriedade, foi verificada uma outorga para lançamento. Para as demais propriedades, foi considerado que o consumo é igual ao volume de captação, em razão de não se ter acesso a eventuais informações de volumes complementares, com lançamento em rede pública, por exemplo.

Tabela 20 - Volumes outorgados, por tipo de uso, nas propriedades rurais selecionadas.

Propriedade	Volume Captação Superficial (m³)	Volume Captação subterrânea (m³)	Volume Lançamento (m³)	Volume Consumo (m³)
P1	68.526,00	-	-	68.526,00
P2	-	1.440.000,00	-	1.440.000,00
P3	-	5.040,00	-	5.040,00
P4	25.920,00	-	-	25.920,00
P5	-	5.580,00	-	5.580,00
P6	-	5.760,00	-	5.760,00
P7	28.800,00	-	-	28.800,00
P8	224.640,00	-	-	224.640,00

Propriedade	Volume Captação Superficial (m³)	Volume Captação subterrânea (m³)	Volume Lançamento (m³)	Volume Consumo (m³)
P9	-	18.360,00	-	18.360,00
P10	-	648,00	-	648,00
P11	-	10.584,00	-	10.584,00
P12	36.000,00	-	-	36.000,00
P13	-	36.000,00	-	36.000,00
P14	-	24.300,00	-	24.300,00
P15	25.920,00	-	-	25.920,00
P16	-	36.720,00	-	36.720,00
P17	-	6.480,00	-	6.480,00
P18	15.360,00	-	-	15.360,00
P19	-	25.200,00	-	25.200,00
P20	487.200,00	2.848.320,00	-	3.335.520,00
P21	-	230.400,00	-	230.400,00
P22	209.300,00	-	-	209.300,00
P23	-	10.800,00	-	10.800,00
P24	186.480,00	-	-	186.480,00
P25	-	21.600,00	-	21.600,00
P26	-	21.600,00	-	21.600,00
P27	-	22.680,00	-	22.680,00
P28	60.019,20	-	-	60.019,20
P29	-	5.760,00	-	5.760,00
P30	-	9.158,40	-	9.158,40
P31	-	10.800,00	-	10.800,00
P32	36.720,00	-	-	36.720,00
P33	-	18.000,00	-	18.000,00
P34	-	25.200,00	-	25.200,00
P35	43.200,00	-	-	43.200,00
P36	3.424,82	-	-	3.424,82
P37	46.656,00	-	44.496,00	2.160,00
P38	-	5.040,00	-	5.040,00
P39	-	15.840,00	-	15.840,00
P40	-	14.400,00	-	14.400,00
P41	144.000,00	-	-	144.000,00
P42	-	10.800,00	-	10.800,00
Total	1.642.166,02	4.885.070,40	44.496,00	6.482.740,42

Fonte: DAEE (2024).

5.1.4 Remanescentes florestais

Com base em levantamento de dados secundários, foi realizado um diagnóstico da composição e quantidade de fragmentos nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.

As Bacias PCJ são majoritariamente compostas pelo Bioma Mata Atlântica, conforme demonstrado na Tabela 21 com remanescentes de Cerrado em sua porção oeste. Na sub-bacia do Rio Corumbataí, também há predominância do Bioma Mata Atlântica, e o Bioma Cerrado ocupa 29,31% do território.

Tabela 21. Biomas existentes nas Bacias PCJ e na sub-bacia do Rio Corumbataí.

Bioma	Bacias PCJ		Sub-bacia do Rio Corumbataí	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cerrado	138.008,00	8,99	50.333,80	29,31
Mata Atlântica	1.397.488,00	91,01	121.391,00	70,69
Total	1.535.496,00	100	171.724,80	100

Fonte: IBGE (2019).

Os remanescentes florestais foram obtidos a partir do Inventário Florestal do IPA, com data base de 2020 e escala 1:10.000 metros, no caso do Estado de São Paulo, e do Inventário Florestal do IEF com escala 1:60.000 metros e data base 2008, para o Estado de Minas Gerais. Conforme foi possível observar na tabela 22, nas Bacias PCJ, há predomínio de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa, representando 46,72% da vegetação total, e cerca de 10% do território total da bacia. Em todo o território das Bacias PCJ, os remanescentes florestais representam 21,38% da área.

Tabela 22 - Remanescentes florestais nas Bacias PCJ

Fitofisionomias remanescentes	Área (ha)	Área (%)	Área das Bacias PCJ (%)
Campo	4.424,25	1,35	0,29
Eucalipto	538,29	0,16	0,04
Floresta Estacional Semidecidual	109.795,97	33,44	7,15
Floresta Estacional Semidecidual Montana	6.497,83	1,98	0,42
Floresta Ombrófila Densa	153.401,79	46,72	9,99
Floresta Ombrófila Mista	811,50	0,25	0,05
Floresta Ombrófila Alto Montana	13.023,00	3,97	0,85
Floresta Ombrófila Montana	7.566,49	2,30	0,49
Formação Pioneira com Influência Fluvial	23.419,55	7,13	1,53
Pinus	7.256,75	2,21	0,47
Refúgio Ecológico	35,68	0,01	0,00
Savana Florestada	1.542,68	0,47	0,10
Total	328.313,80	100	21,38

Fonte: IPA (2020); IEF, (2008).

Na sub-bacia do Rio Corumbataí, predomina a fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual, com 86,54% dos remanescentes. Este tipo de vegetação é condicionado pela dupla estacionalidade climática, em que há uma estação seca bem definida e verões chuvosos, o que determina sua semidecuidade (queda parcial) da folhagem da cobertura florestal (SFB, 2020). Considerando a sub-bacia do Rio Corumbataí, os remanescentes florestais ocupam uma área de 21,10% de seu território total. Considerando o território das Bacias PCJ, os remanescentes florestais existentes na sub-bacia do Rio Corumbataí ocupam apenas 2,36% da área total, conforme pode ser verificado na

Tabela 23 - Remanescentes florestais na Sub-bacia do Rio Corumbataí

Fitofisionomias remanescentes	Área (ha)	Área (%)	Área da Bacia Rio Corumbataí (%)	Área das Bacias PCJ (%)
Floresta Estacional Semidecidual	31.357,66	86,54	18,26	2,04
Formação Pioneira com Influência Fluvial	3.344,32	9,23	1,95	0,22
Savana Florestada	1.526,96	4,21	0,89	0,10
Total	36.232,93	100	21,10	2,36

Fonte: IPA (2020).

Nas propriedades selecionadas para o estudo, também verificou-se o percentual de ocupação das propriedades por remanescentes de vegetação nativa. A fitofisionomia predominante nestas propriedades é Floresta Estacional Semidecidual, em aproximadamente 93% da área total das propriedades. Os remanescentes existentes nas 42 propriedades representam cerca de 1,5% da vegetação de toda sub-bacia do Rio Corumbataí, conforme representado na Tabela 24.

Tabela 24. Remanescentes florestais nas propriedades selecionadas

Fitofisionomias remanescentes	Área (ha)	Área (%)	Área da Bacia Rio Corumbataí (%)
Floresta Estacional Semidecidual	2.411,36	92,99	1,40
Formação Pioneira com Influência Fluvial	151,05	5,83	0,09
Savana Florestada	30,66	1,18	0,02
Total Geral	2.593,07	100,00	1,51

Fonte: IPA (2020).

Por fim, na tabela 25, são apresentadas as áreas de remanescentes florestais inseridos em cada propriedade selecionada para o estudo, bem como a porcentagem de ocupação dos remanescentes em relação à área da propriedade.

Tabela 25. Distribuição da área e porcentagem dos fragmentos de remanescentes florestais, por propriedade

Propriedade	Área da propriedade (ha)	Área florestal (ha)	Área florestal (%)
P1	6,64	0,30	4,45
P2	579,61	203,04	35,03
P3	263,30	46,74	17,75
P4	16,67	2,15	12,92
P5	153,77	80,77	52,53
P6	5,22	-	0,00
P7	19,39	0,83	4,28
P8	83,46	14,72	17,64
P9	6,02	0,01	0,09
P10	2,67	0,01	0,42
P11	26,26	2,40	9,16
P12	47,92	5,58	11,64
P13	53,17	6,00	11,28
P14	26,54	3,57	13,44
P15	1.393,28	560,42	40,22
P16	58,06	23,48	40,44
P17	52,52	12,55	23,90
P18	32,66	23,78	72,82
P19	183,12	76,36	41,70
P20	1.490,68	293,57	19,69
P21	784,59	27,02	3,44
P22	95,95	14,99	15,63
P23	19,25	1,45	7,53
P24	549,69	53,06	9,65
P25	14,59	6,49	44,48
P26	70,21	8,39	11,95
P27	7,83	4,59	58,66
P28	5.264,76	1.035,68	19,67
P29	64,34	11,30	17,56
P30	24,99	0,94	3,74
P31	6,78	-	0,00
P32	9,02	1,26	13,96
P33	9,48	1,87	19,73
P34	24,28	0,28	1,14
P35	4,44	0,50	11,35
P36	427,69	50,16	11,73

Propriedade	Área da propriedade (ha)	Área florestal (ha)	Área florestal (%)
P37	7,41	2,34	31,53
P38	7,91	6,09	76,97
P39	10,75	5,16	47,99
P40	2,40	0,33	13,78
P41	22,03	4,64	21,06
P42	2,38	0,25	10,70
Total	11.931,72	2.593,07	20,99 (média por propriedade)

Fonte: SICAR, 2024, IPA, 2020.

5.1.5 Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL)

Os quantitativos de APP e RL foram obtidos do Cadastro Ambiental Rural (CAR) das propriedades selecionadas no estudo. A base cartográfica do CAR contém as delimitações das faixas de proteção aos longos dos corpos d'água, de acordo com a localização e largura dos rios, das nascentes e olhos d'água e de lagos e lagoas naturais, bem como de acordo com o tamanho de margens estabelecido pela Lei nº 12.635/2012.

A partir dos polígonos de APP, utilizou-se a ferramenta “*Dissolve*” para gerar um único polígono de APP de cada propriedade selecionada para o estudo, para eliminar as sobreposições dos diversos tipos de APP, e obter os valores preciso de delimitação da área da APP total. Nesta etapa, foi aplicada também para as camadas área de vegetação nativa, área consolidada e RL.

Para as 42 propriedades, obteve-se as informações das APPs, bem como de sua composição, vegetação nativa ou área consolidada. Algumas propriedades possuíam informação de APP a recompor, porém como esta informação não estava presente em todas as propriedades, calculou-se a APP a recompor, considerando que as áreas totais delimitadas de APP, menos o quantitativo de vegetação nativa, menos o quantitativo de área consolidada seria a APP a ser recomposta na respectiva propriedade.

Por meio da ferramenta “*Intersect*”, foi realizada a intersecção dos polígonos das APPs totais de cada propriedade com os polígonos de vegetação nativa e de área consolidada, para se obter a ocupação das APPs. A diferença entre as áreas de vegetação nativa e reserva legal dentro dos polígonos de APP é considerada como a

área de recomposição necessária para adequação ambiental da propriedade. Na Tabela 26 são apresentados os resultados obtidos para área total da APP, ocupação da APP por vegetação nativa e por área consolidada, e de APP a recompor, após este processo. Considerou-se dados de APPs, vegetação nativa, APP a recompor e área consolidada obtidas no CAR, e limites de imóveis obtidos no CAR e no SIGEF. As propriedades que não possuem informações de APP constantes no CAR, podem não ter APP na propriedade, ou as informações sobre corpos hídricos e/ou nascentes da propriedade podem não ter sido declaradas nos respectivos CAR. Assim, tais propriedades foram consideradas “sem APP”.

Tabela 26 - Valores das áreas totais de APP, composição e APP a recompor

Propriedade	Área APP Total (ha)	Vegetação nativa nas APPs (ha)	Porcentagem de vegetação nativa nas APPs	Área consolidada nas APPs (ha)	APP a recompor (ha)	APP a recompor (%)
P1	1,7276	1,6650	96,38%	0,0504	0,0122	0,71
P2	65,0459	60,4922	93,00%	4,5520	0,0017	0,00
P3	6,4337	6,4250	99,87%	-	0,0087	0,13
P4	1,5501	0,7700	49,68%	0,7346	0,0455	2,93
P5	17,0681	7,8664	46,09%	9,1450	0,0567	0,33
P6	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P7	3,9283	1,6717	42,56%	2,2566	0,0000	0,00
P8	20,4084	7,2139	35,35%	12,7759	0,4186	2,05
P9	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P10	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P11	4,6389	2,4592	53,01%	-	2,1796	46,99
P12	1,9368	1,7087	88,22%	0,0701	0,1581	8,16
P13	3,9727	-	0,00%	-	3,9727	100,00
P14	2,8313	-	0,00%	2,8281	0,0032	0,11
P15	60,3818	47,3236	78,37%	-	13,0582	21,63
P16	3,7470	3,2592	86,98%	-	0,4877	13,02
P17	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P18	17,5336	16,6009	94,68%	0,8906	0,0421	0,24
P19	8,3045	0,0013	0,02%	-	8,3032	99,98
P20	76,7745	65,1766	84,89%	10,7582	0,8397	1,09
P21	3,9987	3,9987	100,00%	-	-	0,00
P22	14,6503	4,4066	30,08%	10,0583	0,1854	1,27

Propriedade	Área APP Total (ha)	Vegetação nativa nas APPs (ha)	Porcentagem de vegetação nativa nas APPs	Área consolidada nas APPs (ha)	APP a recompor (ha)	APP a recompor (%)
P23	2,2287	1,2900	57,88%	-	0,9387	42,12
P24	18,4555	15,6275	84,68%	2,5247	0,3033	1,64
P25	5,3278	3,3958	63,74%	1,9319	0,0000	0,00
P26	8,4707	1,7121	20,21%	6,4678	0,2908	3,43
P27	0,1224	0,1224	100,00%	-	-	0,00
P28	196,0330	190,0420	96,94%	5,9584	0,0326	0,02
P29	2,1736	1,2115	55,74%	0,8456	0,1165	5,36
P30	1,8850	1,2277	65,13%	0,6572	-	0,00
P31	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P32	-	-	0,00%	-	-	sem APP
P33	1,7935	-	0,00%	-	1,7935	100,00
P34	0,7236	0,4692	64,84%	0,2475	0,0070	0,96
P35	0,3887	-	0,00%	0,1142	0,2744	70,61
P36	40,3145	35,3359	87,65%	0,1638	4,8148	11,94
P37	1,7801	-	0,00%	-	1,7801	100,00
P38	1,1092	1,1092	100,00%	-	0,0000	0,00
P39	0,4448	0,4441	99,85%	-	0,0007	0,15
P40	0,3943	-	0,00%	-	0,3943	100,00
P41	2,4755	2,3340	94,28%	0,0026	0,1389	5,61
P42	-	-	0,00%	-	-	sem APP
Totais	599,05	485,36		73,03	40,66	21,16 (média por propriedade)

Fonte: SICAR (2024).

A área de RL obrigatória definida para cada propriedade com tamanho superior a 4 Módulos Fiscais, foi calculada considerando 20% da área total do imóvel, conforme prevê a legislação, bem como verificou-se o tipo de RL cadastrada (averbada ou proposta). De acordo com o Art. nº 67 da Lei nº 12.61/2012, de até 4 Módulos Fiscais e que possuam áreas ocupadas por remanescente de vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008, tal remanescente será considerado como RL, mesmo que a área seja inferior a 20% do imóvel, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo. Neste caso, considerou-se os polígonos de RL proposta das propriedades com tamanho até 4 Módulos Fiscais.

Para análise da ocupação da RL, realizou-se a intersecção de polígonos de RL averbada e proposta com os polígonos de vegetação nativa e de área consolidada. Destaca-se que, conforme disposto no Art. nº 15 da Lei 12.651/2012, admite-se o cômputo das APPs no cálculo do percentual da RL, desde que a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação. Com isso, realizou-se a sobreposição das áreas de RL sobre as áreas de vegetação nativa dentro das APPs utilizando a ferramenta recorte para quantificar as APPs que também são computadas como áreas de RL, a fim de evitar cálculo duplicado de áreas. Foram consideradas apenas as APPs ocupadas com vegetação nativa localizada fora da área de RL averbada ou proposta para cômputo nas RLs das propriedades deste estudo.

Como RL total as propriedades, considerou-se 20% da área das propriedades com mais de 4 Módulos Fiscais, e para as propriedades com até 4 Módulos Fiscais foi considerada a área de RL proposta. Da RL total, verificou-se a área ocupada por vegetação nativa e por área consolidada, bem como foi considerada a APP ocupada por vegetação nativa como área a ser considerada na RL. Nesta última, considerou-se apenas os polígonos das APPs não sobrepostas na área das RLs. As áreas de RL não ocupadas foram consideradas com RL a recompor. As áreas a serem recompostas por vegetação em cada propriedade são as RLs e as APPs, portanto, foram calculados os percentuais de RL APP a recompor sobre as áreas de RL e APP total das propriedades. Propriedades que não possuem a RL a recompor podem ainda ter apenas a APP a recompor, com isso a área total a recompor por propriedade são as RLs + APPs a recompor sobre as áreas totais passíveis de recomposição. Na Tabela 27 são apresentados os dados finais de vegetação nativa a recompor, por propriedade, considerando APP e RL.

Tabela 27 - Informações sobre RL existente, a recompor e vegetação nativa a recompor nas APPs e RL nas propriedades selecionadas

Propriedade	Área (ha)	MF	RL obrigatória 20% (ha)	RL averbada (ha)	RL proposta (ha)	RL considerada (ha)	Área cons. em RL (ha)	Veg. Nativa em RL (ha)	Veg. Nativa de APP fora de RL	RL da propriedade	APP a recompor (ha)	APP a recompor fora da RL (ha)	RL a recompor	Vegetação nativa total a recompor em APP e RL (ha)	VN total a recompor em APP e RL (%)
P1	6,64	0,37	sem obrigatoriedade	-	0,98	0,98	0,10	0,8664	0,9106	1,8772	0,0122	0,0000	-	0,012249	0,45
P2	579,61	32,20	115,9228	-	119,71	115,92	9,86	109,8700	23,6829	143,4084	0,0017	0,0017	-	0,001730	0,00
P3	263,30	14,63	52,6600	-	53,01	52,66	-	53,0116	-	53,0116	0,0087	0,0087	-	0,008670	0,01
P4	16,67	1,67	sem obrigatoriedade	-	3,15	3,15	1,88	1,2277	0,0115	3,1197	0,0455	-	0,03	0,045494	0,97
P5	153,77	15,38	30,7542	-	41,17	30,75	-	41,1406	2,7758	43,9164	0,0567	0,0499	-	0,056680	0,12
P6	5,22	0,52	sem obrigatoriedade	-	0,06	0,06	-	0,0583	-	0,0583	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P7	19,39	1,94	sem obrigatoriedade	-	1,93	1,93	-	1,9271	-	1,9271	-	-	0,00	0,000000	0,00
P8	83,46	4,64	16,6914	-	-	16,69	-	-	7,2139	7,2139	0,41862970	0,4186	9,0589	8,640291	23,29
P9	6,02	0,33	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P10	2,67	0,15	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P11	26,26	1,46	sem obrigatoriedade	-	2,89	2,89	-	2,8876	-	2,8876	2,1796	2,1796	-	2,179630	28,96
P12	47,92	2,66	sem obrigatoriedade	-	6,35	6,35	-	6,3535	-	6,3535	0,1581	0,1581	-	0,158055	1,91
P13	53,17	2,95	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	3,9727	3,9727	-	3,972690	100,00
P14	26,54	1,47	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	0,0032	0,0032	-	0,003240	0,11
P15	1.393,28	87,08	278,6560	-	578,50	278,66	-	446,1770	0,0004	446,1774	13,0582	7,0529	-	13,058201	3,85
P16	58,06	3,63	sem obrigatoriedade	-	35,54	35,54	-	35,5344	0,2972	35,8316	0,4877	0,4877	-	0,487730	1,24
P17	52,52	3,75	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P18	32,66	2,33	sem obrigatoriedade	-	7,18	7,18	-	7,1842	9,5102	16,6944	0,0421	0,0421	-	0,042138	0,17
P19	183,12	13,08	36,6236	40,20	0,00	36,62	-	1,9592	0,0013	1,9605	8,30321220	8,3032	26,3598	18,056627	40,19

Propriedade	Área (ha)	MF	RL obrigatória 20% (ha)	RL averbada (ha)	RL proposta (ha)	RL considerada (ha)	Área cons. em RL (ha)	Veg. Nativa em RL (ha)	Veg. Nativa de APP fora de RL	RL da propriedade	APP a recompor (ha)	APP a recompor fora da RL (ha)	RL a recompor	Vegetação nativa total a recompor em APP e RL (ha)	VN total a recompor em APP e RL (%)
P20	1.490,68	106,48	298,1360	294,53	-	298,14	-	236,8660	59,9639	296,8299	0,8397	0,7950	0,51	0,839701	0,22
P21	784,59	56,04	156,9170	-	27,23	156,92	-	27,2318	-	27,2318	-	-	129,6852	129,685204	80,59
P22	95,95	6,85	19,1894	-	12,51	19,19	-	12,5057	-	12,5057	0,1854	0,1854	6,4983	6,312939	18,66
P23	19,25	1,92	sem obrigatoriedade	-	1,95	1,95	-	1,3300	0,0146	1,3445	0,9387	0,5051	0,10	0,938700	22,44
P24	549,69	54,97	109,9386	-	42,35	109,94	13,42	28,5696	0,0312	42,0171	0,3033	0,0006	67,9209	67,920266	52,90
P25	14,59	1,46	sem obrigatoriedade	-	5,52	5,52	-	5,5217	-	5,5217	0,0000	0,0000	0,00	0,001329	0,01
P26	70,21	7,02	14,0416	-	5,47	14,04	-	5,4707	-	5,4707	0,2908	0,2908	8,2801	7,989271	35,49
P27	7,83	0,56	sem obrigatoriedade	-	3,16	3,16	-	3,1425	-	3,1425	-	-	0,01	0,012579	0,38
P28	5.264,76	376,05	1.052,9520	258,57	867,98	1.052,95	-	1.126,3000	1,5780	1.127,8781	0,0326	0,0147	-	0,032647	0,00
P29	64,34	4,60	12,8675	-	-	12,87	-	-	1,2115	1,2115	0,1165	0,1165	11,5396	11,423068	75,95
P30	24,99	1,78	sem obrigatoriedade	-	2,33	2,33	-	2,3325	-	2,3325	0,0000	0,0000	0,00	0,000004	0,00
P31	6,78	0,48	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P32	9,02	0,64	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP
P33	9,48	0,68	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	1,7935	1,7935	-	1,793460	100,00
P34	24,28	1,73	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	0,4692	0,4692	0,0070	0,0070	-	0,006961	0,96
P35	4,44	0,32	sem obrigatoriedade	-	0,30	0,30	-	-	-	-	0,2744	0,0026	0,30	0,294802	42,81
P36	427,69	30,55	85,5378	-	64,04	85,54	-	61,6652	-	61,6652	4,8148	2,5687	21,30	18,735167	14,89
P37	7,41	0,53	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	1,7801	1,7801	-	1,780100	100,00
P38	7,91	0,57	sem obrigatoriedade	-	4,45	4,45	-	4,4152	-	4,4152	0,0000	0,0000	0,03	0,030139	0,54
P39	10,75	0,77	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	0,4441	0,4441	0,0007	0,0007	-	0,000684	0,15
P40	2,40	0,17	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	0,3943	0,3943	-	0,394323	100,00

Propriedade	Área (ha)	MF	RL obrigatória 20% (ha)	RL averbada (ha)	RL proposta (ha)	RL considerada (ha)	Área cons. em RL (ha)	Veg. Nativa em RL (ha)	Veg. Nativa de APP fora de RL	RL da propriedade	APP a recompor (ha)	APP a recompor fora da RL (ha)	RL a recompor	Vegetação nativa total a recompor em APP e RL (ha)	VN total a recompor em APP e RL (%)
P41	22,03	1,57	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	2,3340	2,3340	0,1389	0,1389	-	0,138895	5,61
P42	2,38	0,17	sem obrigatoriedade	-	-	-	-	-	-	-	sem APP	sem APP	-	sem APP	sem APP

Fonte: SICAR (2024).

5.2 PARÂMETROS PROPOSTOS

Os parâmetros propostos, com base nas análises dos dados apresentados, referem-se aos aspectos que se deseja melhorar nas propriedades rurais, ou seja, o nível de adequação ambiental e conservação dos remanescentes florestais, por meio do aumento da vegetação nativa nas APPs e nas RLs, aumento dos fragmentos florestais, e diminuição dos valores de APP e RL a recompor.

O primeiro parâmetro trata-se das APPs das propriedades rurais pertencentes à área de estudo. Considerou-se que quanto maior a porcentagem de APP a recompor sobre a APP total delimitada, maior seria o valor do coeficiente, ou seja, maior valor a ser pago, e quanto menor a APP a recompor, menor seria o peso do coeficiente, já que quanto mais APP a recompor, menos regularizada se encontra a propriedade, neste quesito. Este parâmetro é determinado pela APP a recompor sobre a área total da APP.

O segundo parâmetro refere-se às APPs e RLs a serem recompostas nas propriedades. Para este parâmetro, considerou-se que quanto maior a porcentagem de APP e de RL a recompor na propriedade, maior o peso do coeficiente, ou seja, maior o valor a ser pago, e quanto menor a APP e RL a recompor, menor o peso do coeficiente. Tal parâmetro é determinado pela APP e RL a recompor sobre a área de APP e RL totais da propriedade.

Considera-se que os parâmetros 1 e 2 podem ser chamados de parâmetros de adequação, já que se referem ao quanto de APP e RL a propriedade necessita recompor para atender os padrões estabelecidos em legislação.

O terceiro parâmetro também refere-se às APPs, porém neste caso, à quantidade de vegetação nativa presente dentro da delimitação da APP. Ainda que o proprietário rural não tenha a obrigatoriedade de recompor uma área que comprovadamente seja consolidada, neste estudo há o objetivo de se aumentar a presença de vegetação ciliar, que é essencial para proporcionar proteção aos corpos hídricos. Com isso, este parâmetro tem por objetivo valorizar a vegetação nativa presente nas APPs, portanto, quanto maior o percentual de vegetação existente em relação à APP total delimitada, menor o coeficiente a ser calculado, e proporcionalmente, quanto menor a vegetação, maior o peso do coeficiente, o que significa uma maior cobrança neste quesito. Tal parâmetro é obtido pela área de vegetação nativa total presente na APP, sobre a área total delimitada da APP.

Este trabalho limitou-se a propor os parâmetros adotando-se as APPs hídricas, ou seja, as faixas marginais de corpos d'água, lagos e lagoas naturais, áreas entorno de reservatórios artificiais decorrentes de represamento e barramento de cursos d'água naturais, e as áreas entorno das nascentes e olhos d'água perenes. Não foram consideradas, para a determinação dos parâmetros, outras APPs previstas na Lei nº 12.651/2012, como as áreas de encostas com declividade superior a 45°, os topos de morro, montes e montanhas, áreas de veredas, entre outras, e as que não se aplicam à região objeto deste estudo, como os manguezais e restingas.

O quarto e último parâmetro proposto, refere-se ao quantitativo de remanescentes conservados na propriedade. A depender do tamanho da propriedade, bem como da existência de corpos hídricos, pode haver propriedades que não necessariamente tenham obrigatoriedade em recompor vegetação, segundo os tempos da Lei nº 12.651/2012. No entanto, podem existir propriedades que conservem os remanescentes existentes de forma voluntária, o que também traz benefícios ambientais. Dessa forma, pensando em valorizar a floresta em pé existente nas propriedades, este coeficiente considera a área total de remanescentes florestais existentes na propriedade, sobre a área total da propriedade.

Os parâmetros 3 e 4 podem ser chamados de parâmetros de conservação, pois não indicam, necessariamente, que a propriedade está ambientalmente inadequada à legislação. No entanto, o objetivo é incentivar a conservação através do aumento da vegetação nas APPs ou na área total das propriedades, compensando a preservação voluntária, além de penalizar eventuais supressões de remanescentes vegetais existentes.

O quadro 9 a seguir sintetiza as informações sobre os parâmetros propostos, sua descrição e descrição do cálculo realizado para obtenção.

Quadro 9 - Parâmetros propostos, descrição e cálculo

Parâmetro	Descrição do parâmetro	Descrição de cálculo	Sigla
1	APP a recompor	APP Total - Área Consolidada na APP - Vegetação Nativa na APP / APP Total	APPR
2	APP e RL a recompor	RL Total - Área consolidada na RL - Vegetação Nativa na RL + APP ocupada por área consolidada (fora da área de RL) + APP ocupada por vegetação nativa (fora da área de RL) / RL Total + APP total	APPRL
3	Vegetação Nativa nas APPs	Vegetação Nativa na APP / APP Total	VN
4	Remanescentes florestais nas propriedades	Área ocupada por remanescentes na propriedade / Área da propriedade	RF

Fonte: Elaborado pela autora.

Efetuada uma análise da situação dos parâmetros nas propriedades selecionadas neste estudo, verificou-se, por meio da Tabela 28 um agrupamento de propriedades, por cada tipo de parâmetro avaliado. A primeira coluna representa a faixa de recomposição ou de ocupação nas propriedades elencadas neste estudo.

Tabela 28 - Situação das propriedades quanto aos parâmetros analisados

Porcentagem recomposição/ ocupação	Quantidade propriedades			
	APP a recompor	APP e RL a recompor	Vegetação Nativa nas APPs	Remanescente florestal nas propriedades
0% - 10%	31	27	14	12
10% - 20%	2	2	0	17
20% - 30%	1	3	1	2
30% - 40%	0	1	2	2
40% - 50%	2	2	3	5
50% - 60%	0	1	3	2
60% - 70%	0	0	3	0
70% - 80%	1	1	1	2
80% - 90%	0	1	5	0
90% - 100%	5	4	10	0

Fonte: SICAR (2024).

Com relação às APPs e RLs a recompor, a maioria das propriedades possuem de 0% a 10% de áreas a recompor, o que é considerado uma faixa que representa pouco a recompor. Analisando-se a quantidade de vegetação nativa nas APPs, verifica-se que 15 propriedades apresentam mais de 80% de vegetação nas APPs,

porém, há 14 propriedades que possuem uma faixa muito baixa de vegetação nas APPs, entre 0% e 10%. Com relação à área florestal remanescente nas 42 propriedades, verifica-se variação no nível de presença de remanescentes nas propriedades. O valor médio é de 20,99% de ocupação de remanescentes florestais por propriedade. Ao analisar os dados agrupados, verifica-se que a maioria das 42 propriedades possuem 10% a 20% de sua área ocupada por remanescentes. 12 propriedades possuem até 10% da sua área ocupada por remanescentes. Foram observadas 4 propriedades com ocupação por remanescentes florestais em mais de 50% da área da propriedade.

5.3 COEFICIENTES E MODELOS PROPOSTOS

Os coeficientes ponderadores determinarão o desconto ou acréscimo do valor a ser pago, de acordo com o comportamento que se deseja incentivar por parte do usuário, e resultados acerca dos parâmetros que se deseja alcançar. Para tal, se lançou mão de modelos matemáticos para se obter os valores (pesos) para os coeficientes relacionados a cada parâmetro. As funções polinomiais são formas simples e aplicáveis para se atrelar o valor do parâmetro ao peso do coeficiente em cada modelo proposto, de forma contínua e por meio de equações de 1º e 2º grau.

Adotou-se para os parâmetros 1, 2 e 3 o valor mínimo de 0,5 e valor máximo de 1,2 para os respectivos coeficientes, a serem determinados pelos modelos M1, M2 e M3. Tais parâmetros estão relacionados à adequação ambiental das propriedades, de acordo com a Lei nº 12.651/2012, portanto, a propriedade será compensada quanto maior o nível de adequação, e terá acréscimo em sua cobrança, se não for atingido um mínimo de adequação. Para o parâmetro 4, será adotado valor mínimo de 0,5 e máximo de 1,0 para o coeficiente, já que neste parâmetro se busca compensar a propriedade pela conservação voluntária de fragmentos remanescentes florestais na área total, portanto, a propriedade terá menor coeficiente quanto mais conservar, no entanto, não terá benefício se não conservar nada, nem acréscimo em sua cobrança.

Os parâmetros 1 e 2 (APPR e APPRL) definem a quantidade de APP ou de APP e RL a se recompor. Dessa forma, quanto maior o valor a se recompor, maior o peso do coeficiente, o que resultará em um valor maior de cobrança. Por outro lado, quanto menos a propriedade tem a recompor, significa que está mais próxima da adequação, por isso, o peso do coeficiente é menor quanto menor a porcentagem a

recompor, resultando em um valor menor de cobrança. Portanto, para estes dois parâmetros se aplica a configuração crescente em cada modelo de cálculo, pois à medida que o APPR ou o APPRL crescem, os valores dos respectivos coeficientes também aumentam.

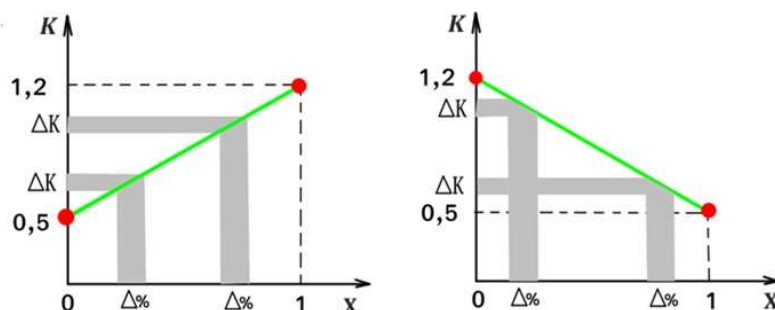
Já os parâmetros 3 e 4 (VN e RF) definem a quantidade de vegetação presente nas APPs e a quantidade de fragmentos remanescentes conservados nas propriedades. Dessa forma, quanto maior o percentual destes parâmetros, o que indica maior conservação, menor o valor do coeficiente, resultando num menor valor a ser cobrado. Em contrapartida, quanto menos a propriedade conservar em termos de vegetação nas APPs e fragmentos na área da propriedade, maior o peso do coeficiente, resultando em maiores valores de cobrança. Logo, diz-se que os parâmetros 3 e 4 representam a configuração decrescente nos modelos, pois à medida que VN e RF crescem, os valores dos respectivos coeficientes diminuem.

Os valores dos coeficientes foram obtidos para cada parâmetro, por meio dos modelos matemáticos M1, M2 e M2, em função do valor do parâmetro. Com isso, foram realizadas três simulações de cálculo, aqui chamadas de cenários, para cada parâmetro, totalizando 12 cenários.

O coeficiente representado nos gráficos trataremos agora, simplesmente, como **K**. Além de os coeficientes serem obtidos por equações simples, os modelos M1, M2 e M3 impactam de diferentes formas sobre o valor cobrado pelo uso dos recursos hídricos, e podem ser aplicados de acordo com o comportamento que se deseja incentivar.

O modelo M1, por exemplo, descrito matematicamente por uma função do 1º grau, produz valores intermediários de **K** quando comparado a M2 e M3. Além disso, a variação de **K** em relação a qualquer um dos parâmetros é sempre constante. Assim, uma mesma variação no percentual de qualquer parâmetro resulta numa mesma variação de **K**, independentemente do quanto a propriedade está ou não adequada ambientalmente. Conforme se verifica na Figura 8, as regiões acinzentadas indicam que, em ambas as configurações, uma mesma variação no percentual do parâmetro resulta em variações idênticas do valor de **K**.

Figura 8 - Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M1, descrito matematicamente por uma função afim



Fonte: Elaborada pela autora.

A interpretação que se faz deste Modelo M1 é que, além do valor do coeficiente em si, não há privilégio às propriedades que estão pouco ou muito adequadas em relação *aos parâmetros de adequação ou conservação*. Mesmo que a propriedade evolua no valor do parâmetro, para mais ou para menos, em qualquer região entre 0 e 1, terá sempre o mesmo aumento ou diminuição no valor do respectivo coeficiente.

Matematicamente, as funções que descrevem M1 em função dos seus respectivos parâmetros são:

i. Parâmetros 1 e 2, *configuração crescente*:

$$K_{APPR} = 0,7 \times (\%APPR) + 0,5$$

$$K_{APPRL} = 0,7 \times (\%APPRL) + 0,5$$

ii. Parâmetros 3 e 4, *configuração decrescente*:

$$K_{VN} = -0,7 \times (\%VN) + 1,2$$

$$K_{RF} = -0,5 \times (\%RF) + 1,0$$

Neste caso, a variação do coeficiente em relação ao percentual do parâmetro, como já discutido, é constante e vale 0,7 para a configuração crescente, e -0,7 para configuração decrescente.

Na configuração crescente, as propriedades cujo valor do parâmetro é de até 71,4% têm um K menor que 1, o que significa que terão um desconto na cobrança proporcional à menor necessidade de recomposição. Esse desconto pode chegar a 50% se a propriedade não tiver nada (0%) a recompor, para os parâmetros 1 e 2, o

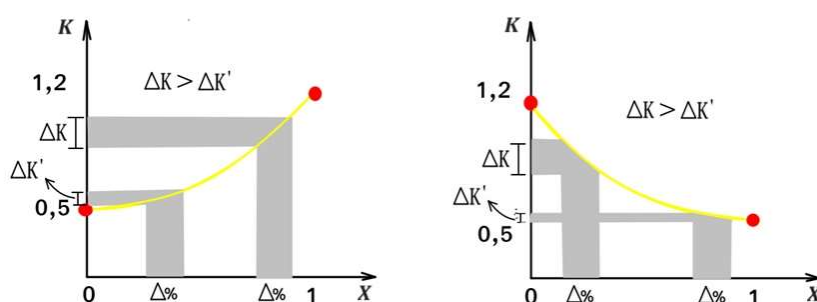
que significa que estão mais adequadas ambientalmente, em relação à legislação. Por outro lado, propriedades com mais de 71,4% a recompor e estão mais distantes do atendimento à legislação terão um K maior que 1, resultando em um acréscimo no valor a ser cobrado, que pode ser até 20% superior ao valor do coeficiente, comparado à metodologia atual.

Na configuração decrescente, de forma análoga, as propriedades com valor superior a 28,6% para o parâmetro 3 possuem K inferior a 1 e recebem um desconto sobre o valor cobrado pelo uso da água. Esse desconto pode alcançar 50% do valor total do coeficiente se a propriedade tiver 100% de conservação. No entanto, para o parâmetro 3, caso o percentual seja inferior a 28,6%, haverá um acréscimo sobre o coeficiente, que pode chegar a 20%.

No caso do parâmetro 4, o valor de K possui um máximo de 1, com o objetivo de compensar as propriedades que conservam mais, mas sem estabelecer um mínimo a ser alcançado, evitando assim um acréscimo no valor do coeficiente.

A Figura 9 representa, graficamente, o modelo M2: à esquerda, corresponde à configuração crescente e à direita corresponde à configuração decrescente. Em ambos os casos, os pontos extremos conectam-se por um trecho de parábola com concavidade voltada para cima. Em ambas as configurações, as regiões acinzentadas mostram que uma mesma variação no percentual do parâmetro não resulta em uma mesma variação do coeficiente K .

Figura 9 - Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M2, descrito matematicamente por uma função quadrática com concavidade voltada para cima.



Fonte: Elaborado pela autora.

O Modelo M2, em ambas as configurações crescente e decrescente, é o que representa valores mais baixos de **K** quando comparado aos demais modelos. Por ser representado por uma parábola com concavidade voltada para cima, o valor do coeficiente atinge seu mínimo no seu ponto mais baixo.

Matematicamente, as funções que descrevem M2 em relação aos parâmetros são:

i. Parâmetros 1 e 2, *configuração crescente*:

$$K_{APPR} = 0,7 \times (\%APPR)^2 + 0,5$$

$$K_{APPRL} = 0,7 \times (\%APPRL)^2 + 0,5$$

ii. Parâmetros 3 e 4, *configuração decrescente*:

$$K_{VN} = 0,7 \times (\%VN)^2 - 1,4 \times (\%VN) + 1,2$$

$$K_{RF} = 0,5 \times (\%RF)^2 - 1,0 \times (\%RF) + 1,0$$

Neste caso, a variação dos coeficientes em relação à variação do percentual dos seus respectivos parâmetros de conservação não é constante, sendo que próximo ao ponto mínimo de ambas as configurações esse valor é, praticamente, nulo.

Quando aplicado aos parâmetros 1 e 2 (configuração crescente), este modelo tende a beneficiar propriedades que mais precisam recompor, ou seja, aquelas com APPR ou APPRL próximas a 100%. A medida que começam a se adequar e reduzir esse percentual, o valor do coeficiente varia significativamente. Em contrapartida, o modelo não beneficia tanto as propriedades que precisam recompor menos para se adequar totalmente, já que, quando o parâmetro está próximo de zero, o coeficiente varia pouco. Este modelo, de certa forma, impõe penalidades às propriedades que têm mais de 85,4% de APP ou APP e RL a recompor e, por quaisquer circunstâncias, aumentam ainda mais a cota a recompor nos parâmetros APPR e APPRL, pois, a partir desse percentual, o valor de **K** se torna maior que 1.

Para uma mesma variação no percentual dos parâmetros 3 e 4, as propriedades que conservam pouco, isto é, que possuem baixos percentuais para estes parâmetros, registram maiores variações nos valores do coeficiente quando comparado às propriedades que conservam cada vez mais próximo a 100%. Em

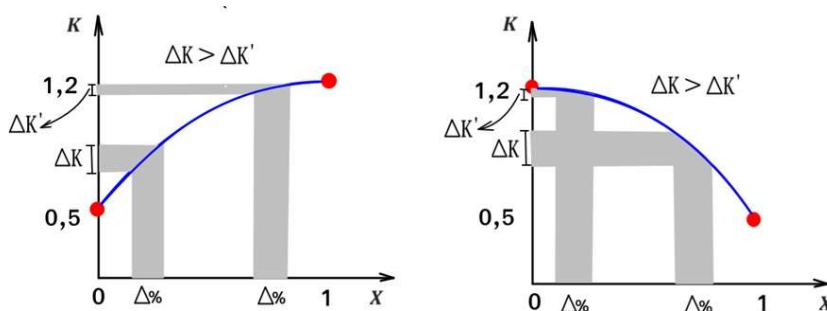
outras palavras, as variações nos valores de K são cada vez maiores à medida que as propriedades conservam menos.

No parâmetro 3, propriedades que possuem 15,5% de VN têm desconto sobre o valor cobrado pelo uso da água, o que pode chegar a 50% do valor total se a propriedade possuir 100% de vegetação nativa e remanescentes florestais conservados. No entanto, caso este percentual seja inferior a 15,5%, o K é maior do que 1, resultando em aumento da cobrança.

O M2 incentiva as propriedades que ainda conservam pouco a conservarem mais. Isso ocorre porque, quando um dos parâmetros 3 ou 4 está próximo a zero (0), um ligeiro aumento em seus percentuais pode resultar em um significativo decréscimo no valor do coeficiente K , o que, conseqüentemente, implica diretamente na redução do valor da cobrança.

A Figura 10 representa graficamente o Modelo M3, em que o gráfico à esquerda corresponde à configuração crescente, e à direita corresponde à configuração decrescente. Em ambos os casos, os pontos extremos conectam-se por um trecho de parábola com concavidade voltada para baixo. Novamente, as regiões acinzentadas mostram que a variação do coeficiente K não é constante. Uma mesma variação no percentual de qualquer parâmetro, em ambas as configurações crescente e decrescente, não resulta em uma mesma variação de K .

Figura 10. Comportamento do valor do coeficiente K em relação ao seu respectivo parâmetro X nas configurações crescente e decrescente segundo o modelo M3, descrito matematicamente por uma função quadrática com concavidade voltada para baixo



Fonte: Elaborado pela autora.

No Modelo M3, os valores de **K** são sempre maiores em comparação aos fornecidos por M1 ou M2. Por se tratar de uma parábola com concavidade para baixo, o maior valor do coeficiente ocorre no seu ponto máximo.

Matematicamente, as funções que descrevem M3 em função aos parâmetros são:

i. Parâmetros 1 e 2, *configuração crescente*:

$$K_{APPR} = -0,7 \times (\%APPR)^2 + 1,4 \times (\%APPR) + 0,5$$

$$K_{APPRL} = -0,7 \times (\%APPRL)^2 + 1,4 \times (\%APPRL) + 0,5$$

ii. Parâmetros 3 e 4, *configuração decrescente*:

$$K_{VN} = -0,7 \times (\%VN)^2 + 1,2$$

$$K_{RF} = -0,5 \times (\%RF)^2 + 1,0$$

A variação de **K** em relação ao percentual dos seus respectivos parâmetros de adequação ou conservação não é constante em M3. Próximo ao ponto máximo de ambas as configurações esse valor é, praticamente, nulo. Nas regiões mais distantes do ponto máximo da parábola, o valor de **K** tende a variar mais para uma mesma variação no percentual do parâmetro tanto na configuração crescente quanto na decrescente.

E relação aos parâmetros 1 e 2, na configuração crescente, verifica-se que o M3 tende a beneficiar propriedades que estão mais próximas percentual de zero a recompor, incentivando-as a recompor suas APP e RL totalmente, ou seja, a se adequarem totalmente ou o máximo possível à legislação. Ao contrário do modelo M2, no Modelo M3, para uma mesma variação no percentual dos parâmetros 1 e 2, propriedades que têm próximo a zero a recompor, ou seja, que estão quase totalmente adequadas, registram maiores variações nos valores de **K**. Isso pode incentivá-las a zerarem seus percentuais de recomposição. Por outro lado, propriedades que têm um percentual muito alto, próximo a 100% a recompor, não experimentam uma diminuição tão significativa no coeficiente quando iniciam a recomposição, como acontece no Modelo M2.

Para uma mesma variação no percentual dos parâmetros 3 e 4, em que a configuração da equação é decrescente, propriedades que conservam próximo a

100% registram maiores variações na diminuição de seus valores de coeficientes, quando comparado às propriedades que partem de zero de conservação, incentivando-as a conservar cada vez mais. Isso porque uma ligeira melhoria em quaisquer dos parâmetros de conservação resulta em maior abatimento no valor coeficiente para quem já conserva do que para quem ainda não tem alguma conservação, o que, conseqüentemente, implica diretamente na redução do valor pago pelo uso da água.

Da mesma maneira, o M3 é um modelo que impõe acréscimo às propriedades que conservam próximo ao desejado, mas por algum motivo reduzem o tanto que já possuem conservado. A consequência, como discutido anteriormente, é o aumento no valor cobrado pelo uso da água.

Neste cenário, para os parâmetros 1 e 2, propriedades que possuem menos de 53,5% a recompor, possuem **K** menor que 1, que significa menor valor cobrado, podendo ser 50% menor se a propriedade não tiver nada a recompor. Já aquelas que possuem mais de 54,5%, verifica-se maior valor de **K** e conseqüente aumento no valor atualmente cobrado.

Já na configuração decrescente, as propriedades que possuem mais que 46,5% de VN existente, têm desconto sobre o valor cobrado pelo uso da água, o que pode chegar a 50% do valor total se a propriedade possuir 100% de vegetação nativa e remanescentes florestais conservados. No entanto, caso este percentual seja inferior a 46,5%, no parâmetro 3, o K é maior do que 1, resultando em aumento da cobrança. Para o parâmetro 4, a propriedade poderá ter K igual a 1 caso não possua remanescentes conservados, mantendo o valor da cobrança inalterado em relação ao cenário de referência.

5.4 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

A partir do cruzamento entre os quatro parâmetros e os três modelos matemáticos de cálculo dos coeficientes apresentados, foram simulados 12 cenários de cobrança.

Para fins de comparação, foi simulado um cenário inicial, denominado cenário referência. Este cenário considera os valores que seriam cobrados das 42 propriedades, caso estas tivessem cobrança para os seus usos de recursos hídricos com finalidade rural, sob a mesma metodologia de cálculo atualmente aplicada aos

demais usuários que já possuem cobrança nas Bacias PCJ. A simulação levou em conta os coeficientes atualmente em vigor, com os mesmos preços e metodologia aplicada, sem diferenciação por serem usos rurais. Os resultados para este cenário são apresentados na Tabela 29. Para o uso de lançamento superficial existente em uma das propriedades, não foi simulada a cobrança, pois não há informações disponíveis sobre a eventual carga orgânica lançada, que é o parâmetro considerado para esse tipo de uso.

Tabela 29 - Valores cobrados no Cenário de Referência

Propriedade	Captação Superficial (R\$)	Captação Subterrânea (R\$)	Consumo (R\$)	Total (R\$)
P1	783,25	-	1.747,41	2.530,67
P2	-	21.031,20	36.720,00	57.751,20
P3	-	73,61	128,52	202,13
P4	296,27	-	660,96	957,23
P5	-	81,50	142,29	223,79
P6	-	84,12	146,88	231,00
P7	329,18	-	734,40	1.063,58
P8	2.567,64	-	5.728,32	8.295,96
P9	-	268,15	468,18	736,33
P10	-	9,46	16,52	25,99
P11	-	154,58	269,89	424,47
P12	411,48	-	918,00	1.329,48
P13	-	525,78	918,00	1.443,78
P14	-	354,90	619,65	974,55
P15	296,27	-	660,96	957,23
P16	-	536,30	936,36	1.472,66
P17	-	94,64	165,24	259,88
P18	175,56	-	391,68	567,24
P19	-	368,05	642,60	1.010,65
P20	5.568,70	41.599,71	85.055,76	132.224,17
P21	-	3.364,99	5.875,20	9.240,19
P22	2.392,30	-	5.337,15	7.729,45
P23	-	157,73	275,40	433,13
P24	2.131,47	-	4.755,24	6.886,71
P25	-	315,47	550,80	866,27
P26	-	315,47	550,80	866,27
P27	-	331,24	578,34	909,58
P28	686,02	-	1.530,49	2.216,51
P29	-	84,12	146,88	231,00
P30	-	133,76	233,54	367,30
P31	-	157,73	275,40	433,13
P32	419,71	-	936,36	1.356,07
P33	-	262,89	459,00	721,89

Propriedade	Captação Superficial (R\$)	Captação Subterrânea (R\$)	Consumo (R\$)	Total (R\$)
P34	-	368,05	642,60	1.010,65
P35	493,78	-	1.101,60	1.595,38
P36	39,15	-	87,33	126,48
P37	533,28	-	55,08	588,36
P38	-	73,61	128,52	202,13
P39	-	231,34	403,92	635,26
P40	-	210,31	367,20	577,51
P41	1.645,92	-	3.672,00	5.317,92
P42	-	157,73	275,40	433,13
Totais	18.769,96	71.346,45	165.309,88	255.426,29

Fonte: Elaborada pela autora.

Verifica-se que a maior parcela de cobrança é referente ao consumo, até porque trata-se do tipo de uso mais elevado. O valor total cobrado destas propriedades representa R\$ 255.426,29.

Com base nos volumes de uso dos recursos hídricos obtidos, foi realizado o cálculo da cobrança, considerando o coeficiente **Kac** calculado nos três modelos matemáticos para os quatro parâmetros propostos. Dessa forma, foram gerados 12 cenários de simulação, que foram comparados aos valores do cenário de referência. As simulações permitiram analisar o impacto de cada modelo e de cada parâmetro na cobrança calculada, proporcionando uma visão clara dos efeitos de diferentes abordagens. Nos itens a seguir, serão apresentadas as tabelas resumidas com as simulações dos cenários, sendo que as tabelas completas de cada simulação, bem como do cenário de referência são apresentados nos apêndices deste trabalho.

Cabe ressaltar que, em cada modelo, o coeficiente **Kac** geralmente oferece um abatimento na cobrança da propriedade que atinge um determinado valor do parâmetro em que **Kac** é igual a 1. A partir desse ponto, a alteração do parâmetro gera um coeficiente **Kac** maior que 1 começa a gerar um acréscimo no valor a ser pago.

Na Tabela 30 são apresentados os valores simulados nos três modelos para o parâmetro APPR. Embora cada modelo produza um valor diferente para o coeficiente **Kac**, a tendência geral é similar: propriedades que adotam melhores práticas de conservação e se adequam às exigências legais pagam menos, enquanto aquelas ainda pouco adequadas tendem a enfrentar uma cobrança maior. Essas propriedades podem ser recompensadas com a redução do coeficiente se melhorarem suas

práticas ou sofrer um acréscimo no coeficiente caso haja regressão no seu estado atual de adequação.

Para este parâmetro, nos três Modelos, a maioria das propriedades tiveram **Kac** menor do que 1, o que significa que na simulação obtiveram desconto na cobrança. O valor para o coeficiente pode atingir 0,5 se a propriedade estiver totalmente adequada, ou seja, não tenha nada a recompor, e quando possuem o valor máximo do parâmetro, ou seja, 100% de APP a recompor, tiveram o peso máximo do coeficiente. Em termos financeiros, foi verificado que o valor máximo de desconto concedido foi de 18,21%, em relação ao cenário de referência. O valor máximo de acréscimo verificado foi de 18,13% a mais do que o valor cobrado no cenário de referência.

Tabela 30. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro APPR com os Modelos M1, M2 e M3.

Propriedade	APP a recompor (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P30	0,00	0,500000	300,42	-18,21	0,500000	300,42	-18,21	0,500000	300,42	-18,21
P7	0,00	0,500000	898,99	-15,48	0,500000	898,99	-15,48	0,500000	898,99	-15,48
P21	0,00	0,500000	7.557,70	-18,21	0,500000	7.557,70	-18,21	0,500000	7.557,70	-18,21
P27	0,00	0,500000	743,96	-18,21	0,500000	743,96	-18,21	0,500000	743,96	-18,21
P25	0,00	0,500000	708,53	-18,21	0,500000	708,53	-18,21	0,500000	708,53	-18,21
P38	0,00	0,500006	165,33	-18,21	0,500000	165,32	-18,21	0,500013	165,33	-18,21
P2	0,00	0,500019	47.235,99	-18,21	0,500000	47.235,60	-18,21	0,500037	47.236,38	-18,21
P28	0,02	0,500117	1.873,58	-15,47	0,500000	1.873,50	-15,48	0,500233	1.873,66	-15,47
P14	0,11	0,500801	797,39	-18,18	0,500001	797,10	-18,21	0,501601	797,67	-18,15
P3	0,13	0,500943	165,39	-18,17	0,500001	165,32	-18,21	0,501885	165,46	-18,14
P39	0,15	0,501077	519,84	-18,17	0,500002	519,59	-18,21	0,502151	520,09	-18,13
P18	0,24	0,501682	479,76	-15,42	0,500004	479,46	-15,48	0,503361	480,05	-15,37
P5	0,33	0,502325	183,23	-18,12	0,500008	183,04	-18,21	0,504641	183,42	-18,04
P1	0,71	0,504963	2.142,93	-15,32	0,500035	2.139,07	-15,47	0,509891	2.146,79	-15,17
P34	0,96	0,506734	829,10	-17,96	0,500065	826,65	-18,21	0,513403	831,56	-17,72
P20	1,09	0,507656	109.001,09	-17,56	0,500084	108.643,91	-17,83	0,515228	109.358,26	-17,29
P22	1,27	0,508858	6.554,49	-15,20	0,500112	6.533,57	-15,47	0,517604	6.575,41	-14,93
P24	1,64	0,511504	5.845,49	-15,12	0,500189	5.821,38	-15,47	0,522818	5.869,61	-14,77
P8	2,05	0,514359	7.049,01	-15,03	0,500295	7.012,89	-15,47	0,528423	7.085,12	-14,60
P4	2,93	0,520544	815,18	-14,84	0,500603	809,27	-15,46	0,540486	821,09	-14,22
P26	3,43	0,524031	716,12	-17,33	0,500825	708,79	-18,18	0,547237	723,44	-16,49
P29	5,36	0,537518	192,10	-16,84	0,502011	189,11	-18,14	0,573024	195,09	-15,55
P41	5,61	0,539275	4.559,60	-14,26	0,502204	4.498,59	-15,41	0,576347	4.620,62	-13,11

Propriedade	APP a recompor (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P12	8,16	0,557124	1.147,25	-13,71	0,504662	1.125,66	-15,33	0,609586	1.168,83	-12,08
P36	11,94	0,583601	110,18	-12,89	0,509985	107,30	-15,17	0,657218	113,06	-10,61
P16	13,02	0,591116	1.253,37	-14,89	0,511860	1.210,87	-17,78	0,670372	1.295,88	-12,00
P15	21,63	0,651382	853,94	-10,79	0,532738	818,79	-14,46	0,770027	889,09	-7,12
P23	42,12	0,794834	400,77	-7,47	0,624181	373,85	-13,69	0,965486	427,69	-1,26
P11	46,99	0,828904	398,02	-6,23	0,654539	371,07	-12,58	1,003268	424,98	0,12
P35	70,61	0,994252	1.592,54	-0,18	0,848978	1.520,81	-4,67	1,139525	1.664,27	4,32
P19	99,98	1,199890	1.084,21	7,28	1,199780	1.084,17	7,28	1,200000	1.084,26	7,28
P13	100,00	1,200000	1.548,94	7,28	1,200000	1.548,94	7,28	1,200000	1.548,94	7,28
P33	100,00	1,200000	774,47	7,28	1,200000	774,47	7,28	1,200000	774,47	7,28
P37	100,00	1,200000	695,01	18,13	1,200000	695,01	18,13	1,200000	695,01	18,13
P40	100,00	1,200000	619,57	7,28	1,200000	619,57	7,28	1,200000	619,57	7,28
P6	sem APP	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00
P9	sem APP	1,000000	736,33	0,00	1,000000	736,33	0,00	1,000000	736,33	0,00
P10	sem APP	1,000000	25,99	0,00	1,000000	25,99	0,00	1,000000	25,99	0,00
P17	sem APP	1,000000	259,88	0,00	1,000000	259,88	0,00	1,000000	259,88	0,00
P31	sem APP	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00
P32	sem APP	1,000000	1.356,07	0,00	1,000000	1.356,07	0,00	1,000000	1.356,07	0,00
P42	sem APP	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00
21,16 (média)		0,706750 (média)	213.289,02 (total)	-9,68 (média)	0,683170 (média)	212.537,82 (total)	-10,48 (média)	0,730330 (média)	214.040,22 (total)	-8,89 (média)

Fonte: Elaborada pela autora.

No cenário em que M1 foi aplicado ao parâmetro APPR, no qual a variação do **Kac** é constante, observou-se que 30 propriedades apresentaram um coeficiente menor que 1, resultando em um abatimento no valor a ser pago em relação ao cenário de referência. Conforme determinado pelo modelo, o coeficiente **Kac** varia de forma constante em função do parâmetro, de modo que qualquer aumento ou diminuição nos valores dos parâmetros afeta o valor a ser pago de forma proporcional.

A média geral observada do valor do **Kac** no cenário M1 é de 0,706750. Para as propriedades que tiveram redução do **Kac**, seu valor é de 0,556121, resultando em uma diminuição média de 13,54% no valor financeiro a ser pago. Propriedades que necessitam recompor 100% da APP apresentaram o valor médio do coeficiente de 1,199978, o que representa, em média, um aumento de 9,45% no valor financeiro a ser pago. De forma geral, o cenário M1 resulta em uma redução de 16,5% no montante arrecadado dessas propriedades, em comparação ao cenário de referência.

No cenário M2, observou-se que 30 das 42 propriedades apresentaram um valor de **Kac** inferior a 1, resultando em uma redução nos valores cobrados. O valor médio de **Kac** registrado nesse cenário é de 0,683170. Quando consideramos apenas as propriedades que tiveram redução, o valor médio de **Kac** é de 0,523113, o que gerou uma redução média de 16,24% nos valores de cobrança em comparação ao cenário de referência. Para as propriedades que tiveram um aumento, o valor médio de **Kac** foi de 1,199956, e o valor financeiro também foi 9,45% superior ao observado no cenário de referência.

Neste cenário, a arrecadação total apresentou uma queda ligeiramente menor em relação ao cenário anterior, sendo aproximadamente 16,79% menor do que no cenário referência. Este resultado representa a menor arrecadação entre os três modelos analisados.

No cenário M3, 28 propriedades apresentaram uma redução em seus valores de cobrança, evidenciada por um **Kac** inferior a 1. Neste cenário, o valor médio de **Kac** foi o maior entre os cenários analisados, atingindo 0,730330, e a redução média no valor de cobrança em cada propriedade foi de 8,89%. Dentre as propriedades que tiveram redução, o **Kac** médio foi de 0,554681, resultando em uma diminuição de 15,18% nos valores de cobrança.

Por outro lado, sete propriedades apresentaram um **Kac** superior a 1, com um valor médio de 1,163256. Essas propriedades experimentaram um aumento médio de 7,39% no valor financeiro. Neste cenário, a queda no montante arrecadado em

comparação ao cenário de referência foi de 16,2%, verificando-se a maior arrecadação entre os três cenários analisados.

Para ilustrar o efeito dos três modelos no parâmetro APPR, consideremos a propriedade P35, que possui 70,61% de área a recompor. No modelo M1, essa propriedade obteve um **Kac** de 0,99425, resultando em uma redução de 0,18% no valor cobrado em comparação ao cenário referencial. No modelo M2, a redução foi ainda mais significativa, com um **Kac** de 0,84897, o que levou a uma diminuição de 4,67% no valor de cobrança. Já no modelo M3, a propriedade teve um aumento no **Kac**, calculado em 1,13952, resultando em um acréscimo de 4,32% no valor total a ser pago. Portanto, o cenário mais favorável para essa propriedade, em termos de pagamento, é o modelo M2, onde o valor do **Kac** foi o menor observado. Além disso, o modelo M2 oferece maior variação negativa, ou seja, uma redução mais acentuada do coeficiente caso a propriedade diminua sua área a recompor, comparado aos outros cenários. Verifica-se, portanto, o potencial que este modelo possui em favorecer mais aquelas propriedades que possuem maiores percentuais de APP a recompor.

Considerando uma propriedade que possui um baixo percentual de APP a recompor, como é o caso da propriedade P29, que possui 5,36% a recompor, comparando o valor em si do coeficiente, M2 também representa o menor valor de **Kac** dentre os três cenários. No entanto, se essa propriedade reduzir ainda mais ou zerar o percentual a recompor, a redução do coeficiente em M2 não será significativa. Neste caso, o Modelo M3 proporcionará uma maior variação na redução do Kac, incentivando mais efetivamente a diminuição do percentual de APP a recompor. Além disso, o M3 resultará em um maior acréscimo de cobrança se houver um aumento no percentual a recompor, tornando-o um modelo mais eficaz para desencorajar a degradação das APPs.

Como a maioria das propriedades estudadas já possui um baixo percentual de APP a recompor, a adoção do modelo M3 na cobrança pode incentivar essas propriedades a reduzir ainda mais seus percentuais de recomposição, uma vez que a redução no valor será mais significativa nesse cenário. Além disso, o modelo M3 também pode desestimular essas mesmas propriedades a aumentarem o percentual de APP a recompor, devido ao acréscimo de cobrança que ocorreria caso isso acontecesse.

Para o parâmetro APPRL, apresentamos as simulações com os três modelos, na Tabela 31. Assim como observado no parâmetro anterior, o objetivo aqui é aplicar redução do valor do coeficiente quanto mais a propriedade estiver adequada ambientalmente com relação à legislação, neste caso considerando o percentual de APP e de RL a recompor. Ou seja, quanto menos área a recompor em APP e RL, mais próximo do valor mínimo de 0,5 o coeficiente ficará, enquanto que o valor máximo de 1,2 será aplicado quando houver 100% de área a recompor.

Para este parâmetro, também foram obtidos **Kac** inferior a 1 para a maioria de propriedades, e consequente redução da cobrança. Neste caso, o maior desconto financeiro observado foi de 18,21% e o maior acréscimo foi de 18,13%, em comparação ao cenário de referência.

Tabela 31. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro APPRL com os Modelos M1, M2 e M3.

Propriedade	APP e RL a recompor (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P7	0,00	0,500000	898,99	-15,48	0,500000	898,99	-15,48	0,500000	898,99	-15,48
P30	0,00	0,500000	300,42	-18,21	0,500000	300,42	-18,21	0,500001	300,42	-18,21
P2	0,00	0,500007	47.235,74	-18,21	0,500000	47.235,60	-18,21	0,500013	47.235,88	-18,21
P28	0,00	0,500018	1.873,51	-15,47	0,500000	1.873,50	-15,48	0,500037	1.873,52	-15,47
P25	0,01	0,500086	708,56	-18,21	0,500000	708,53	-18,21	0,500172	708,59	-18,20
P3	0,01	0,500103	165,33	-18,20	0,500000	165,32	-18,21	0,500205	165,34	-18,20
P14	0,11	0,500801	797,39	-18,18	0,500001	797,10	-18,21	0,501601	797,67	-18,15
P5	0,12	0,500830	183,11	-18,18	0,500001	183,04	-18,21	0,501658	183,17	-18,15
P39	0,15	0,501077	519,84	-18,17	0,500002	519,59	-18,21	0,502151	520,09	-18,13
P18	0,17	0,501193	479,67	-15,44	0,500002	479,46	-15,48	0,502385	479,88	-15,40
P20	0,22	0,501568	108.713,92	-17,78	0,500004	108.640,13	-17,84	0,503132	108.787,70	-17,72
P27	0,38	0,502687	744,85	-18,11	0,500010	743,96	-18,21	0,505363	745,74	-18,01
P1	0,45	0,503168	2.141,52	-15,38	0,500014	2.139,05	-15,47	0,506322	2.143,99	-15,28
P38	0,54	0,503799	165,60	-18,07	0,500021	165,33	-18,21	0,507578	165,88	-17,93
P34	0,96	0,506734	829,10	-17,96	0,500065	826,65	-18,21	0,513403	831,56	-17,72
P4	0,97	0,506776	811,10	-15,27	0,500066	809,11	-15,47	0,513487	813,09	-15,06
P16	1,24	0,508689	1.209,17	-17,89	0,500108	1.204,57	-18,20	0,517271	1.213,77	-17,58
P12	1,91	0,513346	1.129,23	-15,06	0,500254	1.123,84	-15,47	0,526437	1.134,62	-14,66
P15	3,85	0,526961	817,08	-14,64	0,501038	809,40	-15,44	0,552883	824,76	-13,84
P41	5,61	0,539275	4.559,60	-14,26	0,502204	4.498,59	-15,41	0,576347	4.620,62	-13,11
P36	16,93	0,618494	111,54	-11,81	0,520058	107,69	-14,85	0,716929	115,40	-8,76
P22	19,20	0,634423	6.854,88	-11,31	0,525814	6.595,05	-14,68	0,743032	7.114,70	-7,95
P23	22,44	0,657086	379,04	-12,49	0,535252	359,83	-16,92	0,778921	398,26	-8,05

Propriedade	APP e RL a recompor (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P8	24,42	0,670924	7.451,01	-10,19	0,541736	7.119,30	-14,18	0,800112	7.782,72	-6,19
P11	28,96	0,702716	378,52	-10,83	0,558706	356,26	-16,07	0,846727	400,78	-5,58
P26	36,78	0,757462	789,75	-8,83	0,594695	738,41	-14,76	0,920228	841,10	-2,91
P35	43,18	0,802280	1.497,75	-6,12	0,630533	1.412,94	-11,44	0,974027	1.582,55	-0,80
P24	52,90	0,870302	6.610,26	-4,01	0,695891	6.238,51	-9,41	1,044713	6.982,01	1,38
P19	58,67	0,910698	977,78	-3,25	0,740961	915,31	-9,43	1,080435	1.040,25	2,93
P29	76,72	1,037041	234,12	1,35	0,912019	223,60	-3,20	1,162063	244,64	5,90
P21	80,59	1,064144	9.456,04	2,34	0,954655	9.087,61	-1,65	1,173633	9.824,47	6,32
P13	100,00	1,200000	1.548,94	7,28	1,200000	1.548,94	7,28	1,200000	1.548,94	7,28
P33	100,00	1,200000	774,47	7,28	1,200000	774,47	7,28	1,200000	774,47	7,28
P37	100,00	1,200000	695,01	18,13	1,200000	695,01	18,13	1,200000	695,01	18,13
P40	100,00	1,200000	619,57	7,28	1,200000	619,57	7,28	1,200000	619,57	7,28
P6	sem APP	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00
P9	sem APP	1,000000	736,33	0,00	1,000000	736,33	0,00	1,000000	736,33	0,00
P10	sem APP	1,000000	25,99	0,00	1,000000	25,99	0,00	1,000000	25,99	0,00
P17	sem APP	1,000000	259,88	0,00	1,000000	259,88	0,00	1,000000	259,88	0,00
P31	sem APP	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00
P32	sem APP	1,000000	1.356,07	0,00	1,000000	1.356,07	0,00	1,000000	1.356,07	0,00
P42	sem APP	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00
-	25,07 (média)	0,729588 (média)	216.137,96 (total)	-8,89 (média)	0,690812 (média)	214.390,22 (total)	-10,20 (média)	0,768364 (total)	217.885,69 (total)	-7,58 (média)

Fonte: Elaborada pela autora.

De forma geral, para o parâmetro APPRL, observou-se um comportamento dos modelos que é similar ao parâmetro anterior (APPR), com cada modelo demonstrando coerência em relação aos objetivos para os quais foi desenvolvido. A tendência geral foi a de que as propriedades mais adequadas às exigências de recomposição apresentaram menores valores de coeficiente, enquanto aquelas com maior necessidade de recomposição experimentaram variações que refletem as características específicas de cada abordagem.

Considerando M1 para o parâmetro APPRL, observou-se média geral do valor do **Kac** de 0,729588. Nesse cenário, 29 propriedades apresentaram um **Kac** inferior a 1, com uma média de 0,577293, o que resultou em uma redução média de 14,38% no valor financeiro a ser cobrado. Por outro lado, as propriedades que estão menos adequadas tiveram um valor médio de **Kac** de 1,150198, gerando um aumento médio de 7,28% na cobrança. De forma geral, o modelo M1 resultou em um potencial de arrecadação 15,38% inferior ao do cenário referencial.

Com o M2, o **Kac** médio das propriedades envolvidas é de 0,690812. Observou-se que em 31 propriedades a cobrança foi reduzida, ou seja, o **Kac** foi inferior a 1, com uma média de 0,555294, sendo que a redução do valor financeiro nessas propriedades foi de 15,11%. Em contraste, quatro propriedades tiveram um aumento na cobrança, atingindo o valor máximo de **Kac** de 1,2, resultando em um valor financeiro 9,99% inferior ao observado no cenário de referência.

Neste cenário, a arrecadação total apresentou foi reduzida em 16,07% em relação ao cenário de referência, representando a menor arrecadação dentre os três modelos, conforme esperado modelo M2, que tende a apresentar menores valores de **Kac** e, portanto, menores valores de cobrança.

No cenário M3, o valor médio de **Kac** foi o mais alto entre os três modelos, alcançando 0,768364. Observou-se que 27 propriedades apresentaram um **Kac** inferior a 1. Para essas propriedades, o **Kac** médio foi de 0,592979, resultando em uma diminuição de 13,88% nos valores finais de cobrança. Outras oito propriedades tiveram um **Kac** superior a 1, com um valor médio de 1,157606. De forma geral, a arrecadação total foi 14,70% inferior em comparação ao cenário de referência.

Este cenário indica que, embora a maioria das propriedades tenha visto uma redução na cobrança, o aumento no **Kac** médio geral sugere um maior equilíbrio entre reduções e aumentos do coeficiente, com um impacto moderado na arrecadação total, em comparação aos demais modelos. Isso reflete a capacidade do modelo M3 de

promover uma maior equidade nos abatimentos aplicados a cada propriedade, ao mesmo tempo em que mantém uma redução significativa na arrecadação geral.

Essa distribuição dos resultados dos três modelos aplicados ao parâmetro APPRL evidencia um comportamento semelhante ao observado no parâmetro APPR. Embora o modelo M2 aparente, superficialmente, oferecer maior benefício aos usuários ao proporcionar, em média, um menor valor de **Kac**, este modelo não necessariamente atinge o objetivo de estimular que as propriedades com menores percentuais de recomposição zerem suas áreas a recompor. Isso ocorre porque a variação decrescente no valor de **Kac** seria ínfima para essas propriedades.

Neste sentido, o modelo M2 seria mais eficaz se a maioria das propriedades tivesse um percentual a recompor acima de 84,6%. No entanto, no contexto das propriedades estudadas, onde a maioria apresenta baixos percentuais a recompor, o modelo M3 é provavelmente o mais eficaz para incentivar as propriedades a reduzirem ainda mais seus percentuais de recomposição. Isso porque a variação na redução do valor de **Kac** será mais significativa, proporcionando um incentivo financeiro mais relevante para a promoção da adequação. Dessa forma, o modelo M3 demonstra maior potencial para promover a equidade e estimular esforços adicionais de recomposição entre as propriedades com menores percentuais a recompor.

A seguir, na Tabela 32, serão apresentadas as simulações dos três modelos propostos aplicados ao parâmetro VN, que se refere à presença de vegetação nativa nas APPs. O propósito deste parâmetro é ajustar o valor do coeficiente **Kac** com base na quantidade de vegetação nativa presente nas APPs das propriedades, proporcionando uma redução no coeficiente para áreas com maior cobertura de vegetação nativa e incentivando sua conservação.

Em resumo, o modelo prevê que quanto maior a área de APP ocupada por vegetação nativa, menor será o valor de **Kac**, aproximando-se do valor mínimo de 0,5, resultando em um maior abatimento no valor de cobrança. Por outro lado, propriedades com menor cobertura de vegetação nas APPs terão um **Kac** mais elevado, tendendo ao valor máximo de 1,2. Essa abordagem visa reconhecer e recompensar, por meio do abatimento na respectiva cobrança, as propriedades que conservam uma maior extensão de vegetação nativa em suas APPs, ao mesmo tempo em que busca estimular a recuperação e o aumento da vegetação.

Com relação a este parâmetro, verifica-se que 20 propriedades possuem menos que 50% de vegetação em suas APPs, sendo que destas, 13 propriedades

não possuem nenhuma vegetação nativa. 22 propriedades possuem mais do que 50%, e destas, três propriedades possuem suas apps ocupadas por 100% de vegetação nativa. Na análise deste parâmetro, o valor máximo de desconto do valor cobrado em relação ao cenário referencial é de 10,93%, e o acréscimo máximo foi de 18,13%.

Analizamos anteriormente os cenários para o parâmetro 1 (APPR), onde a grande maioria das propriedades apresentou, de forma geral, baixos valores a recompor, indicando que estas estavam, em grande parte, adequadas conforme a legislação vigente. No entanto, ao examinar isoladamente a ocupação por vegetação nativa nas APPs, observamos que a maior parte das propriedades possui menos de 50% de suas APPs cobertas por vegetação nativa.

Esta análise confirma que a adequação dessas propriedades está mais relacionada à presença de áreas consolidadas nas APPs do que à real cobertura por vegetação nativa. Embora estas APPs estejam em conformidade com os requisitos legais, a predominância de áreas consolidadas, com menor quantidade de vegetação nativa, pode não garantir o pleno atendimento à manutenção dos serviços ecossistêmicos que a vegetação natural pode oferecer. Serviços como a regulação do fluxo de água, controle da erosão do solo e a promoção da biodiversidade podem ser significativamente reduzidos quando a vegetação nativa é escassa.

Portanto, o parâmetro VN foi projetado para reconhecer e incentivar não apenas a conformidade com a legislação vigente, mas também a verdadeira contribuição para a conservação ambiental. Propriedades que, além de atenderem às exigências legais, se dedicam à preservação e recuperação da vegetação ciliar, são recompensadas com abatimentos mais significativos. Essa abordagem visa incentivar a melhoria dos corpos hídricos e promover uma verdadeira restauração ecológica, valorizando aquelas propriedades que compreendem e atuam em prol dos benefícios proporcionados pela vegetação nativa.

Assim, o modelo não apenas recompensa a conformidade, mas também promove práticas de manejo que realmente contribuem para a sustentabilidade e a melhoria dos ecossistemas, alinhando a conservação ambiental com as necessidades e objetivos de longo prazo para a preservação dos serviços ecossistêmicos.

Tabela 32. Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro VN com os Modelos M1, M2 e M3.

Propriedade	Vegetação Nativa nas APPs (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P37	0,00%	1,200000	695,01	18,13%	1,200000	695,01	18,13%	1,200000	695,01	18,13%
P14	0,00%	1,200000	1.045,53	7,28%	1,200000	1.045,53	7,28%	1,200000	1.045,53	7,28%
P40	0,00%	1,200000	619,57	7,28%	1,200000	619,57	7,28%	1,200000	619,57	7,28%
P6	0,00%	1,200000	247,83	7,28%	1,200000	247,83	7,28%	1,200000	247,83	7,28%
P17	0,00%	1,200000	278,81	7,28%	1,200000	278,81	7,28%	1,200000	278,81	7,28%
P31	0,00%	1,200000	464,68	7,28%	1,200000	464,68	7,28%	1,200000	464,68	7,28%
P42	0,00%	1,200000	464,68	7,28%	1,200000	464,68	7,28%	1,200000	464,68	7,28%
P13	0,00%	1,200000	1.548,94	7,28%	1,200000	1.548,94	7,28%	1,200000	1.548,94	7,28%
P33	0,00%	1,200000	774,47	7,28%	1,200000	774,47	7,28%	1,200000	774,47	7,28%
P9	0,00%	1,200000	789,96	7,28%	1,200000	789,96	7,28%	1,200000	789,96	7,28%
P10	0,00%	1,200000	27,88	7,28%	1,200000	27,88	7,28%	1,200000	27,88	7,28%
P35	0,00%	1,200000	1.694,13	6,19%	1,200000	1.694,13	6,19%	1,200000	1.694,13	6,19%
P32	0,00%	1,200000	1.440,01	6,19%	1,200000	1.440,01	6,19%	1,200000	1.440,01	6,19%
P19	0,02%	1,199890	1.084,21	7,28%	1,199780	1.084,17	7,28%	1,200000	1.084,26	7,28%
P26	20,21%	1,058515	884,73	2,13%	0,945627	849,12	-1,98%	1,171403	920,34	6,24%
P22	30,08%	0,989450	7.704,21	-0,33%	0,842230	7.352,02	-4,88%	1,136669	8.056,40	4,23%
P8	35,35%	0,952567	8.174,16	-1,47%	0,792596	7.763,42	-6,42%	1,112539	8.584,91	3,48%
P7	42,56%	0,902108	1.031,36	-3,03%	0,730987	975,03	-8,33%	1,073229	1.087,69	2,27%
P5	46,09%	0,877381	213,79	-4,47%	0,703452	199,62	-10,80%	1,051310	227,97	1,87%
P4	49,68%	0,852262	913,46	-4,57%	0,677269	861,61	-9,99%	1,027254	965,30	0,84%
P11	53,01%	0,828904	398,02	-6,23%	0,654539	371,07	-12,58%	1,003268	424,98	0,12%
P29	55,74%	0,809842	215,01	-6,92%	0,637146	200,48	-13,21%	0,982538	229,54	-0,64%
P23	57,88%	0,794834	400,77	-7,47%	0,624181	373,85	-13,69%	0,965486	427,69	-1,26%

Propriedade	Vegetação Nativa nas APPs (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P25	63,74%	0,753832	788,61	-8,96%	0,592044	737,57	-14,86%	0,915620	839,65	-3,07%
P34	64,84%	0,746116	917,21	-9,25%	0,586533	858,47	-15,06%	0,905699	975,94	-3,43%
P30	65,13%	0,744066	333,06	-9,32%	0,585097	311,80	-15,11%	0,903034	354,33	-3,53%
P15	78,37%	0,651382	853,94	-10,79%	0,532738	818,79	-14,46%	0,770027	889,09	-7,12%
P24	84,68%	0,607263	6.049,60	-12,16%	0,516436	5.856,01	-14,97%	0,698090	6.243,20	-9,34%
P20	84,89%	0,605745	113.627,80	-14,06%	0,515974	109.393,45	-17,27%	0,695516	117.862,14	-10,86%
P16	86,98%	0,591116	1.253,37	-14,89%	0,511860	1.210,87	-17,78%	0,670372	1.295,88	-12,00%
P36	87,65%	0,586446	110,29	-12,80%	0,510676	107,32	-15,14%	0,662216	113,26	-10,45%
P12	88,22%	0,582461	1.157,67	-12,92%	0,509714	1.127,74	-15,17%	0,655207	1.187,60	-10,67%
P2	93,00%	0,549005	48.266,24	-16,42%	0,503431	47.307,75	-18,08%	0,594580	49.224,73	-14,76%
P41	94,28%	0,540023	4.560,84	-14,24%	0,502288	4.498,73	-15,40%	0,577758	4.622,94	-13,07%
P18	94,68%	0,537236	486,00	-14,32%	0,501981	479,81	-15,41%	0,572492	492,19	-13,23%
P1	96,38%	0,525373	2.158,91	-14,69%	0,500920	2.139,76	-15,45%	0,549827	2.178,07	-13,93%
P28	96,94%	0,521393	1.888,18	-14,81%	0,500654	1.873,95	-15,45%	0,542132	1.902,40	-14,17%
P39	99,85%	0,501077	519,84	-18,17%	0,500002	519,59	-18,21%	0,502151	520,09	-18,13%
P3	99,87%	0,500943	165,39	-18,17%	0,500001	165,32	-18,21%	0,501885	165,46	-18,14%
P38	100,00%	0,500006	165,33	-18,21%	0,500000	165,32	-18,21%	0,500013	165,33	-18,21%
P27	100,00%	0,500000	743,96	-18,21%	0,500000	743,96	-18,21%	0,500000	743,96	-18,21%
P21	100,00%	0,500000	7.557,70	-18,21%	0,500000	7.557,70	-18,21%	0,500000	7.557,70	-18,21%
-	49,29 (média)	0,854982 (média)	222.715,16 (total)	-4,58 (média)	0,792337 (média)	215.995,80 (total)	-6,71 (média)	0,917627 (média)	229.434,52 (total)	-2,45 (média)

Fonte: Elaborada pela autora.

No cenário em que o parâmetro VN é aplicado ao M1, no qual a variação do **Kac** é constante, a média geral do valor de **Kac** no cenário M1 é de 0,854982. Observou-se que 15 propriedades apresentaram uma composição de vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) considerada baixa, resultando em coeficientes **Kac** superiores a 1. Isso levou a um aumento no valor a ser pago dessas propriedades, em comparação ao cenário de referência. No modelo M1, o coeficiente **Kac** varia de forma constante em função da quantidade de vegetação nativa, o que significa que qualquer alteração no percentual de vegetação afeta proporcionalmente o valor do coeficiente.

No cenário M1, para as propriedades que experimentaram um aumento no valor de **Kac**, o coeficiente médio foi de 1,190560. Esse aumento resultou em uma elevação média de 7,52% no valor financeiro a ser pago. Em contraste, propriedades com maior cobertura de vegetação nativa APPs obtiveram valores de **Kac** inferiores a 1. Para essas propriedades, o **Kac** médio foi de 0,668549, levando a uma redução média de 11,30% no valor financeiro a ser pago. De forma geral, o modelo M1 promove uma redução de 4,58% no montante total arrecadado em comparação ao cenário de referência.

Em M2, observou-se que 14 das 42 propriedades apresentaram um valor de **Kac** maior que 1, resultando em um acréscimo nos valores cobrados. O valor médio de **Kac** registrado nesse cenário é de 0,792337. Quando consideramos apenas as propriedades que tiveram acréscimo, o valor médio de **Kac** é de 1,199984, o que gerou um aumento médio de 7,9% nos valores de cobrança em comparação ao cenário de referência. Para as propriedades com maiores taxas de ocupação por vegetação, o valor médio de **Kac** foi de 0,588513, e o valor financeiro foi 14,02% menor ao observado no cenário de referência.

Neste cenário, a arrecadação total mostrou uma maior queda em relação ao cenário de referência, com uma redução de 6,71%. Em razão da configuração do modelo, este resultado representa a menor arrecadação entre os três cenários analisados.

No cenário M3, observou-se que 21 propriedades apresentaram um aumento em seus valores de cobrança, refletido por um coeficiente **Kac** superior a 1. O valor médio de **Kac** neste cenário foi de 1,160746, resultando em um aumento médio de 6,18% no valor a ser pago. Em contraposição, as propriedades que experimentaram

uma redução no valor de **Kac** registraram uma média de 0,674507, o que proporcionou uma diminuição média de 11,07% nos valores de cobrança.

De forma geral, o modelo M3 resultou na maior arrecadação total entre os cenários analisados para o parâmetro VN, dentro do esperado dada a configuração deste modelo. A arrecadação total apresentou uma redução de 2,45% em comparação ao cenário de referência.

No Modelo M3, a redução no valor do **Kac** é mais acentuada conforme a cobertura de vegetação se aproxima do valor máximo. Aumentar a taxa de vegetação nativa, neste caso, levará a uma redução significativa no **Kac**, proporcionando um abatimento expressivo no valor financeiro. O Modelo M3 é projetado para incentivar ainda mais a conservação, oferecendo maiores benefícios para propriedades que ampliam sua vegetação nativa.

Novamente, para uma melhor representação prática do efeito dos três modelos para o parâmetro VN, foi utilizado como exemplo, a propriedade P26, a qual possui 20,21% da APP ocupada por vegetação nativa.

Em M1, esta propriedade obtém **Kac** de 1,058515, o que proporcionou aumento no seu valor cobrado em 2,13%, em relação ao cenário referencial. Para M2, no entanto, a propriedade obteve redução, com **Kac** chegando a 0,945627 e redução do valor de cobrança em 1,98%. Em M3, a propriedade recebeu aumento **Kac**, que foi calculado em 1,171403, e seu valor total de cobrança subiu 6,24%. O cenário mais favorável para esta propriedade, em termos de valor de pagamento, é o cenário em que possui menor valor de **Kac**, ou seja, no modelo M2.

Em M1, qualquer alteração no percentual de vegetação nativa nas APPs resultará em uma variação proporcional no valor de **Kac**. Assim, tanto um aumento quanto uma redução na vegetação afetarão o **Kac** de maneira direta e proporcional.

No modelo M2, além do menor valor a pagar com a vegetação atual, a propriedade também obterá maior redução de valor de **Kac**, se aumentar o percentual de vegetação em suas APPs. Por outro lado, a diminuição da quantidade de vegetação fará com que o valor de **Kac** aumente consideravelmente. Este modelo provavelmente será capaz de incentivar a propriedade a promover ações para aumento da vegetação nativa na sua APP, bem como desencorajá-la a reduzir a vegetação.

Já no cenário obtido por M3, o impacto das mudanças na taxa de vegetação é menos pronunciado. Se a propriedade aumentar sua vegetação nas APPs, a redução

do **Kac** será mínima, visto que a variação é a menor nessa faixa. Da mesma forma, a diminuição da vegetação nas APPs resultará em um aumento também pouco significativo do valor de **Kac**. Portanto, para esta propriedade, o Modelo 3 pode não ser o mais eficaz em estimular a conservação e a restauração das APPs, dado que as alterações no valor de **Kac** não são suficientemente incentivadoras.

Em outro extremo, a propriedade P22, que atualmente possui 88,22% de vegetação nativa em suas APPs, é particularmente beneficiada pelo Modelo M3. Este modelo oferece um incentivo considerável para propriedades que se aproximam da cobertura total de vegetação nativa, pois a variação do **Kac** é mais significativa nessa faixa.

Portanto, a escolha do modelo mais adequado para incentivar a conservação nas áreas de Preservação Permanente (APPs) deve considerar o estágio atual da cobertura de vegetação nas propriedades. A análise revelou uma divisão clara entre as propriedades: 20 delas têm menos de 50% de cobertura de vegetação nativa nas APPs, enquanto outras 22 possuem mais de 50% de vegetação nativa.

Para propriedades com baixa cobertura de vegetação, o Modelo 2 (M2) é mais apropriado, pois oferece maior incentivo para o aumento da vegetação nativa e promove uma redução significativa no valor de **Kac** com o aumento da cobertura. Isso pode motivar os proprietários a expandirem a vegetação em suas APPs, contribuindo para a conservação ambiental. Por outro lado, o Modelo 3 (M3) é mais eficaz para propriedades que já têm alta cobertura de vegetação, especialmente aquelas que estão próximas de atingir a cobertura total de 100%. Esse modelo proporciona incentivos mais significativos para a conservação adicional, dado que a variação no valor de **Kac** é mais expressiva nesta faixa de cobertura.

A decisão sobre qual modelo adotar deve, portanto, levar em conta o impacto desejado em termos de conservação e a cobertura de vegetação existente. É essencial avaliar qual modelo irá maximizar os benefícios ambientais e atender ao objetivo de conservação de forma mais eficiente, considerando o perfil de cobertura das propriedades envolvidas.

Por fim, analisaremos o parâmetro RF, que se refere à proporção de remanescentes florestais em relação à área total das propriedades. Na Tabela 33, serão apresentadas as simulações utilizando os três modelos propostos aplicados a este parâmetro. O objetivo é ajustar o valor do coeficiente **Kac**, recompensando as propriedades que conservam maiores áreas de remanescentes florestais.

Diferente dos demais parâmetros, a proposta para o parâmetro RF é que os coeficientes variem de 0,5 a 1,0, pois não há o intuito de "penalizar" propriedades com menor percentual de ocupação por remanescentes florestais. Em vez disso, a abordagem visa incentivar a conservação na medida do possível em cada propriedade, promovendo uma lógica de recompensa. Com isso, os coeficientes obtidos para este parâmetro nunca serão maiores que 1.

Essa configuração permite que até mesmo propriedades que não têm obrigação legal de recompor áreas de vegetação, por não se enquadrarem nas regras atuais de APP e RL, possam ser recompensadas pela conservação voluntária de qualquer percentual de floresta. O modelo, portanto, busca fomentar a preservação dos remanescentes florestais, independentemente do cumprimento das obrigações legais, incentivando uma conservação proativa e a manutenção de áreas florestais.

Das propriedades estudadas, 40 foram identificadas como possuindo algum percentual de remanescente florestal em suas áreas. A média de remanescentes florestais foi de 20,99% por propriedade, com percentuais variando de 0,09% a 76,97% em relação à área total de cada uma. Com base nos coeficientes calculados, o desconto mínimo aplicado no valor cobrado, em comparação ao cenário de referência, foi de 0,02%, enquanto o desconto máximo chegou a 17,24%.

Tabela 33 - Cenários de cobrança obtidos para o parâmetro RF com os Modelos M1, M2 e M3

Propriedade	Remanescente s Florestais nas propriedades (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P6	0,00	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00	1,000000	231,00	0,00
P31	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00	1,000000	433,13	0,00
P9	0,09	0,999536	736,20	-0,02	0,999072	736,08	-0,03	1,000000	736,33	0,00
P10	0,42	0,997889	25,97	-0,08	0,995786	25,95	-0,15	0,999991	25,99	0,00
P34	1,14	0,994298	1.008,55	-0,21	0,988661	1.006,47	-0,41	0,999935	1.010,62	0,00
P21	3,44	0,982779	9.182,24	-0,63	0,966152	9.126,29	-1,23	0,999407	9.238,20	-0,02
P30	3,74	0,981288	364,79	-0,68	0,963275	362,39	-1,34	0,999300	367,20	-0,03
P7	4,28	0,978617	1.056,54	-0,66	0,958148	1.049,81	-1,30	0,999085	1.063,28	-0,03
P1	4,45	0,977748	2.513,24	-0,69	0,956487	2.496,58	-1,35	0,999010	2.529,89	-0,03
P23	7,53	0,962339	427,19	-1,37	0,927515	421,70	-2,64	0,997163	432,69	-0,10
P11	9,16	0,954222	417,39	-1,67	0,912635	410,97	-3,18	0,995809	423,82	-0,15
P24	9,65	0,951733	6.783,83	-1,49	0,908126	6.690,88	-2,84	0,995341	6.876,78	-0,14
P42	10,70	0,946488	424,69	-1,95	0,898703	417,16	-3,69	0,994273	432,23	-0,21
P13	11,28	0,943587	1.414,12	-2,05	0,893539	1.387,81	-3,88	0,993635	1.440,43	-0,23
P35	11,35	0,943232	1.567,35	-1,76	0,892909	1.542,50	-3,31	0,993555	1.592,19	-0,20
P12	11,64	0,941784	1.305,53	-1,80	0,890346	1.284,36	-3,39	0,993222	1.326,69	-0,21
P36	11,73	0,941356	124,18	-1,82	0,889591	122,16	-3,42	0,993122	126,21	-0,21
P26	11,95	0,940261	847,42	-2,18	0,887659	830,83	-4,09	0,992862	864,02	-0,26
P4	12,92	0,935424	938,09	-2,00	0,879188	921,43	-3,74	0,991660	954,75	-0,26
P14	13,44	0,932813	950,71	-2,45	0,874653	930,07	-4,56	0,990972	971,35	-0,33
P40	13,78	0,931090	563,02	-2,51	0,871678	550,52	-4,67	0,990503	575,51	-0,35
P32	13,96	0,930210	1.326,78	-2,16	0,870161	1.301,58	-4,02	0,990259	1.351,98	-0,30
P22	15,63	0,921873	7.542,55	-2,42	0,855953	7.384,85	-4,46	0,987792	7.700,24	-0,38

Propriedade	Remanescente s Florestais nas propriedades (%)	M1			M2			M3		
		Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)	Kac	Valor cobrança (R\$)	Variação cenário referência (%)
P29	17,56	0,912197	223,62	-3,20	0,839813	217,53	-5,83	0,984581	229,71	-0,56
P8	17,64	0,911815	8.069,53	-2,73	0,839184	7.883,04	-4,98	0,984447	8.256,02	-0,48
P3	17,75	0,911234	195,60	-3,23	0,838226	190,22	-5,89	0,984241	200,97	-0,57
P28	19,67	0,901640	2.149,03	-3,04	0,822630	2.094,83	-5,49	0,980651	2.203,24	-0,60
P20	19,69	0,901533	127.579,64	-3,51	0,822458	123.849,77	-6,33	0,980609	131.309,50	-0,69
P33	19,73	0,901329	695,95	-3,59	0,822129	675,13	-6,48	0,980528	716,77	-0,71
P41	21,06	0,894708	5.144,62	-3,26	0,811589	5.007,81	-5,83	0,977827	5.281,43	-0,69
P17	23,90	0,880516	248,57	-4,35	0,789585	239,97	-7,66	0,971447	257,18	-1,04
P37	31,53	0,842374	504,30	-14,29	0,734440	446,74	-24,07	0,950308	561,86	-4,50
P2	35,03	0,824846	54.067,49	-6,38	0,711049	51.674,22	-10,52	0,938642	56.460,77	-2,23
P15	40,22	0,798885	897,64	-6,22	0,678665	862,03	-9,95	0,919106	933,26	-2,50
P16	40,44	0,797819	1.364,23	-7,36	0,677392	1.299,64	-11,75	0,918246	1.428,81	-2,98
P19	41,70	0,791505	933,91	-7,59	0,669950	889,17	-12,02	0,913059	978,65	-3,17
P25	44,48	0,777625	796,12	-8,10	0,654151	757,16	-12,59	0,901098	835,07	-3,60
P39	47,99	0,760053	579,75	-8,74	0,635255	550,88	-13,28	0,884851	608,62	-4,19
P5	52,53	0,737359	202,38	-9,56	0,612679	192,22	-14,11	0,862040	212,54	-5,02
P27	58,66	0,706679	812,42	-10,68	0,585432	772,26	-15,10	0,827925	852,58	-6,27
P18	72,82	0,635906	503,32	-11,27	0,536941	485,95	-14,33	0,734871	520,70	-8,21
P38	76,97	0,615135	173,80	-14,02	0,526512	167,28	-17,24	0,703758	180,32	-10,79
-	20,99 (média)	0,895041 (média)	245.326,45 (total)	-3,85 (média)	0,830674 (média)	237.920,35 (total)	-6,22 (média)	0,959408 (média)	252.732,54 (total)	-1,48 (média)

Fonte: Elaborada pela autora.

Aplicando o modelo M1 ao parâmetro RF, onde a variação do **Kac** é constante, a média geral do valor do **Kac** neste cenário foi de 0,895041. A arrecadação total neste modelo é 3,85% menor à do cenário de referência. Nesse contexto, as propriedades poderão obter maiores descontos à medida que aumentarem seus fragmentos florestais, de forma proporcional. No entanto, se houver uma redução nos remanescentes florestais, o **Kac** aumentará na mesma proporção, o que resultará em menores descontos, mas sem gerar acréscimo no valor a ser pago.

Em M2, observou-se que o valor médio do **Kac** foi de 0,830674, resultando em uma redução financeira da arrecadação total de 6,22% em comparação ao cenário de referência. Este foi o menor valor entre os três modelos, o que é consistente com as características do M2.

Embora o parâmetro RF não resulte em acréscimos nos valores de cobrança, a lógica de variação em relação aos extremos se mantém. No modelo M2, as maiores variações no **Kac** ocorrem quando o percentual de remanescentes florestais conservados é próximo de zero. Isso implica que propriedades com poucos ou nenhum remanescente florestal conservado receberão descontos mais significativos ao adotarem medidas que promovam a recuperação de fragmentos. Por outro lado, propriedades que já estão próximas de alcançar o máximo de fragmentos conservados terão menores benefícios adicionais, refletindo a diminuição progressiva dos incentivos à medida que se aproxima do máximo de conservação.

No modelo M3, o valor médio do **Kac** foi de 0,959408, resultando em uma redução de apenas 1,48% na arrecadação total em comparação ao cenário referencial. Esse resultado está alinhado com as expectativas para o modelo, que tende a proporcionar menores reduções no valor de cobrança em relação aos outros modelos. M3 apresenta um cenário inverso ao M2: à medida que as propriedades aumentam seus fragmentos florestais, recebem maiores incentivos, com variações mais significativas no **Kac**, especialmente quando se aproximam do percentual máximo de remanescentes florestais conservados.

Vamos considerar a propriedade P24, que possui 9,65% de remanescentes florestais em sua área total. Aplicando os modelos, observa-se em M1, tal propriedade possui valor de **Kac** igual a 0,951733, resultando em 1,49% de abatimento de sua cobrança total. Para M2, a propriedade tem **Kac** de 0,908126 e abatimento de 2,84%, em comparação ao cenário de referência. No caso de M3, a propriedade obteve **Kac** igual a 0,995341, e abatimento no valor cobrado de apenas 0,14%.

Neste caso, o modelo a oferecer maior benefício a esta propriedade é o M2, já que neste a propriedade obteve o menor valor de **Kac**. Além disso, o M2 é que melhor pode incentivar esta propriedade a conservar seus remanescentes, já que é o que em uma eventual redução ou desmatamento dos remanescentes, o valor de Kac aumenta em uma maior variação, bem como reduz em maior variação em caso de aumento dos fragmentos.

Nesse contexto, o Modelo M2 é o que oferece maior benefício para essa propriedade, pois resulta no menor valor de **Kac**, proporcionando o maior desconto. Além disso, o M2 poderá incentivar de forma mais eficaz esta propriedade na conservação dos seus remanescentes, já que, em caso de desmatamento, o aumento no valor do **Kac** seria mais significativo, enquanto a conservação ou o aumento dos fragmentos levaria a uma maior redução do **Kac**.

Por outro lado, para uma propriedade com uma quantidade maior de remanescentes florestais, como a P18, que possui 72,82%, o cenário mais favorável seria o obtido com o M3. Nesse modelo, a propriedade receberia um maior desconto se aumentasse ainda mais seu percentual de remanescentes.

Considerando que é pouco provável que as propriedades alcancem 100% de cobertura florestal em sua área total, já que isso implicaria, em teoria, na "perda" de áreas produtivas, é razoável adotar o Modelo M2. Esse modelo foi mais eficaz em incentivar as propriedades que possuem poucos ou nenhum fragmento florestal a aumentar esse percentual, oferecendo maiores descontos conforme essas propriedades promovem a conservação e a recuperação de áreas degradadas. O M2, portanto, é mais adequado para estimular ações de recuperação ambiental, especialmente em propriedades com baixos níveis de cobertura vegetal, sem exigir que elas comprometam suas áreas produtivas de maneira significativa.

6 DISCUSSÃO

A adequação ambiental e a conservação de fragmentos remanescentes de vegetação nativa são componentes centrais para a manutenção da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos e, conseqüentemente, para a qualidade dos recursos hídricos. Propriedades rurais que investem na preservação e recuperação de áreas de vegetação nativa contribuem para a melhoria a saúde do solo e a qualidade da água, para a mitigação das mudanças climáticas e a proteção de habitats essenciais para a fauna e flora locais.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos não apenas reflete o valor ambiental dos recursos hídricos, mas também serve como um mecanismo para incentivar o comportamento do usuário relacionados às melhorias que se pretende promover. Neste sentido, a cobrança também pode ser utilizada para a preservação e melhoria dos serviços ambientais e ecossistêmicos, por meio de incentivos financeiros para que os proprietários rurais reconheçam e valorizem a importância dos serviços prestados pelos seus próprios recursos naturais.

A Lei nº 12.651, de 2012, introduziu reformas profundas na legislação ambiental brasileira, impactando diretamente as áreas de preservação e conservação da vegetação nativa. Esta legislação procurou equilibrar os interesses ambientais com as demandas de desenvolvimento e produção rural, mas gerou controvérsias e desafios relacionados à sua eficácia na preservação ambiental.

Algumas mudanças promovidas pela nova lei resultaram na redução das áreas de preservação. A legislação adota uma abordagem mais permissiva em relação ao uso da terra e concede anistia para desmatamentos realizados antes de 22 de julho de 2008. A diminuição das exigências para a RL e a flexibilização das APPs possibilitam a ampliação das áreas destinadas à produção agropecuária, frequentemente em detrimento da vegetação nativa. Embora a lei tenha estabelecido mecanismos para a recuperação de áreas degradadas e aumentado as compensações, a eficácia dessas medidas tem sido questionada, principalmente devido à implementação inadequada e à falta de fiscalização rigorosa.

Neste sentido, o maior desafio reside em garantir que as práticas de conservação sejam mantidas e fortalecidas, mesmo diante de uma legislação que facilite a exploração dos recursos naturais.

No contexto do CAR, trata-se de um dos instrumentos estabelecidos com a promulgação do Novo Código Florestal, projetado para facilitar a regularização e promover a conservação ambiental. No entanto, o sistema ainda enfrenta desafios consideráveis, dentre os quais, a sobreposição de informações e as subdeclarações, que necessitam ser urgentemente trabalhadas. Entre outros problemas encontrados, estão a falta de rigor na validação dos dados e a possibilidade de fraudes fundiárias, o que compromete a eficácia do CAR como ferramenta de monitoramento e incentivo à conservação. Esses problemas evidenciam a necessidade de uma revisão e aprimoramento contínuos para garantir que o CAR cumpra seu papel de forma integral e eficiente.

Este trabalho explorou metodologias de cobrança pelo uso da água que estabeleçam uma relação direta entre o grau de adequação ambiental e a conservação da vegetação e o valor a ser cobrado pelo uso dos recursos hídricos, e dessa forma, reconhecer as ações dos proprietários rurais que realizam práticas que promovam a preservação. A proposta visa tornar a cobrança mais justa e alinhada com as práticas ambientais de cada propriedade, possibilitando que o valor cobrado pelo uso da água reflita o nível de adequação ambiental e conservação observado.

A metodologia considera a utilização de modelos matemáticos para a definição de coeficientes ponderadores que reduzam ou aumentem o valor a ser cobrado de acordo com o comportamento do proprietário rural usuário de recursos hídricos a ser incentivado. A aplicação desses modelos pode ser uma ferramenta eficaz para incentivar práticas de conservação e recuperação ambiental, ao mesmo tempo em que ajusta a cobrança de acordo com o grau de adequação ou de conservação de cada propriedade, promovendo uma gestão mais sustentável e integrada dos recursos hídricos.

Foram propostos quatro parâmetros de cobrança, que incluem dois voltados para a adequação ambiental e dois voltados para a conservação. Estes parâmetros estão relacionados à medição dos aspectos que se busca aprimorar. Com base em funções polinomiais, foram desenvolvidos modelos matemáticos para calcular os coeficientes que influenciam o valor da cobrança associado a cada parâmetro. O objetivo desses modelos é recompensar a melhoria nos parâmetros através da redução do valor do coeficiente, e, de certa forma, "penalizar" as degradações que possam ocorrer após a implementação da metodologia. Assim, a abordagem busca refletir diretamente no valor da cobrança as práticas de conservação e adequação

ambiental observadas em cada propriedade. A análise dos três modelos matemáticos aplicados aos parâmetros de adequação e de conservação destaca tanto a eficácia quanto as limitações inerentes a cada abordagem diante de situações distintas quanto ao estado de adequação e conservação das propriedades.

Para enfrentar os desafios relacionados à conservação florestal no meio rural, é fundamental também aumentar os investimentos em programas de PSA e outras iniciativas de incentivo à conservação. Estes programas são projetados para recompensar os proprietários que adotam práticas de conservação e recuperação, oferecendo compensações financeiras ou outros benefícios em troca da preservação de recursos ambientais. Além disso, é necessário provisionar maior destinação de recursos da arrecadação proveniente da cobrança para esses investimentos, o que ajudaria a justificar a necessidade e a importância da cobrança para o setor rural. Essa alocação de recursos demonstra um compromisso com a sustentabilidade e pode ajudar a construir uma base de apoio entre os proprietários rurais.

A valorização dos serviços ambientais prestados pelos proprietários rurais, refletida em coeficientes de cobrança ajustados para reconhecer e recompensar a conservação, pode ser uma estratégia eficaz para superar a resistência à implementação do instrumento de cobrança. Ao reconhecer o valor dos serviços ambientais e oferecer incentivos financeiros proporcionais à conservação, a cobrança pode se tornar uma ferramenta que promove o engajamento e a colaboração dos proprietários rurais, em vez de ser percebido como uma penalização. Esse alinhamento entre interesses econômicos e ambientais pode facilitar a aceitação e a efetividade do sistema, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade ambiental.

A metodologia deste estudo, que envolveu a simulação dos cenários e a análise dos impactos das propostas apresentadas, foi desenvolvida com base nos dados disponíveis para a sub-bacia do Rio Corumbataí. No entanto, essa abordagem pode ser adaptada e aplicada a outras sub-bacias com diferentes realidades, desde que os parâmetros e coeficientes sejam ajustados conforme as características específicas de cada região. Essa flexibilidade permite que a metodologia se ajuste às particularidades locais e promova uma gestão mais eficaz e contextualizada dos recursos hídricos em diferentes áreas, bem como permitirá que os dispositivos previstos na cobrança sejam adaptados às necessidades específicas de cada região,

promovendo a conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos de forma mais eficaz.

Este trabalho demonstrou complexidades, principalmente relacionadas ao tratamento das informações obtidas por meio do CAR. O levantamento de dados do CAR é um desafio considerável, já que a confiabilidade dos dados depender de coleta precisa de informações e a validação dos dados fornecidos pelos proprietários. Essas dificuldades devem ser abordadas para garantir que a aplicação dos modelos seja confiável, justa e eficaz.

Para aprimorar esta metodologia e garantir sua efetividade, é necessário realizar estudos e melhorias futuras que abordem questões como a validação rigorosa dos dados no CAR, a integração com outras ferramentas de monitoramento e um diagnóstico da situação de conservação das propriedades rurais existentes na bacia hidrográfica, para a análise de como diferentes realidades regionais podem influenciar a eficácia dos modelos. A busca por uma abordagem mais eficiente e adaptada às condições locais contribuirá para um sistema de cobrança mais justo e efetivo, promovendo a conservação ambiental e a gestão sustentável dos recursos hídricos.

7 CONCLUSÕES

As conclusões deste estudo enfatizam a importância de uma gestão integrada e sustentável dos recursos naturais, especialmente no contexto das propriedades rurais, que desempenham um papel crucial na conservação da vegetação nativa e na gestão eficiente dos recursos hídricos. A análise dos modelos de cobrança pelo uso da água demonstrou que a aplicação de coeficientes ponderadores, baseados no grau de adequação ambiental e conservação das propriedades, pode ser uma ferramenta eficaz para promover práticas mais sustentáveis.

Os três modelos matemáticos propostos oferecem abordagens distintas para incentivar a conservação ambiental. O Modelo 1, com sua simplicidade, é fácil de aplicar, mas oferece incentivos limitados para avanços significativos na conservação. O Modelo 2 se mostrou mais eficaz em incentivar a adequação ambiental em propriedades com baixa cobertura vegetal, enquanto o Modelo 3, apesar de aplicar preços mais elevados, é mais eficaz para propriedades que já possuem alta cobertura de vegetação nativa e estão próximas da plena adequação ambiental.

Contudo, a eficácia desses modelos depende de uma implementação cuidadosa e da consideração das particularidades de cada propriedade. Além disso, a cobrança, por si só, pode não ser suficiente para engajar os proprietários rurais na conservação ambiental. É essencial complementá-la com um conjunto amplo de medidas, que inclui educação ambiental, assistência técnica e incentivos financeiros, como programas de PSA, para garantir a adesão dos proprietários às práticas conservacionistas.

Por fim, a flexibilidade da metodologia apresentada permite sua adaptação a diferentes sub-bacias hidrográficas, o que pode promover uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos em diversas regiões. No entanto, é crucial aprimorar a confiabilidade dos dados, especialmente aqueles provenientes do CAR, e integrar a metodologia com outras ferramentas de monitoramento para garantir que os modelos de cobrança sejam justos e eficazes.

Em suma, a integração entre cobrança, incentivos e investimentos em conservação pode transformar a gestão dos recursos naturais, promovendo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também o desenvolvimento rural de forma equilibrada e consciente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Manual operativo do programa produtor de água**. 2. ed. Brasília: ANA, 2001. 84 p. Disponível em: http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Manual%20Operativo%20Versão%202012%20%2001_10_12.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.
- ALTMANN, A. **Pagamento por Serviços Ambientais: aspectos jurídicos para sua aplicação no Brasil**. In: Congresso Internacional de Direito Ambiental, 14.; Congresso Nacional de Direito Ambiental, 15., 2010, São Paulo. São Paulo: Imprensa Oficial, 2010.
- AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. A crise hídrica e a seca de 2014 e 2015 em São Paulo: contribuições do clima e das atividades humanas. In: Marcos Buckeridge e Ribeiro, W. C. (org.). **Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015**: origens, impactos e soluções. São Paulo: IEA - USP, 2018, v. 1, p. 22-36. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/ebooks/livro-branco-da-agua>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. ABES-SP. **Código florestal**: apreciação atualizada. São Paulo: ABES-SP, 2012. Disponível em: https://www.abes-sp.org.br/arquivos/atualizacao_codigo_florestal.pdf. Acesso em: 17 mar. 2024.
- AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I. G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/BLQQZSthGK3KMFZdj9zwQKL/>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000700016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/4jVMhFMf3q69gvyMCnFBfpB/#>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- BRANCALION, P. H.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 14, p. e1-e16, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300032>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **A Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos e Agência de Água das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Brasília: ANA, SAG, 2007. 112 p. ISBN: 978-85-7582-393-4.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

BRASIL. **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”. Brasília, DF. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm?itid=lk_inline_enhanced-template. Acesso em: 11 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03///_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm. Acesso em: 23 mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 14 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006. V. 1.

BUENO, L.; PERA, C. Crise da Água nas Metrópoles? Ocupação dispersa planejada pelos investimentos públicos, ganância privada e desgovernança regional. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3., São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ANPARQ, 2014. p. 1-17. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-3/htm/Artigos/ST/ST-AS-002-1-BUENO.PERA.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2023.

CARVALHAES, M. A. **A Embrapa Meio-Norte e a nova Lei Florestal**: compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo e da vegetação. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015. 1 folder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144304/1/Embrapa-Florestal.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2024.

CARVALHO, G. B. B.; THOMAS, P. T.; AMORIM, M. A. M. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Brasil**. 2011. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Estudos/Resumo_Caderno_Cobranca_21.11.2011.pdf. Acesso em: 14 mar 2023.

COELHO, N. R.; GOMES, A. S.; CASSANO, C. R.; PRADO, R. B. Panorama das iniciativas de pagamento por serviços ambientais hídricos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/KYdQZCSVWYDK8Sg7vSpCPvQ/#>. Acesso em: 14 abr. 2024.

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – CBH-PCJ. **Relatório de Situação dos recursos hídricos 2023: ano base 2022**. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2024. 147 p. (UGRHI 05 - Bacias PCJ). Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1OYmKdTLdeY5fmaLRXfqO8rFRWYz9dKWx/view>. Acesso em: 29 jul. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Águas Interiores**: enquadramento dos corpos hídricos – arquivos digitais. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos-arquivos-digitais/>. Acesso em: 06 jun. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO - CNMP. **Cadastro Ambiental Rural: diretrizes para atuação do ministério público**. Brasília, DF: CNMP, 2022. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Publicacoes/documentos/2022/cadastro_ambiental_rural.pdf. Acesso em: 08 mai. 2024.

CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA. **Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035**: Relatório Final. Executado por Consórcio Profill-Rhama e organizado por Comitês PCJ/Agência das Bacias PCJ. – Piracicaba (SP). 2020. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1TKPvP3je7xEZJ6DZfQHwlaUUKOoS9WeB/view>. Acesso em: 23 jan. 2023.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, 2015. ISSN 0034-7612. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/ZnKRMVWzxDTxKvXHXVfZcrk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7612137792>.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. SOE-DAEE. **Visualizador de Atos de Outorga e Cadastros**. <https://cth.daee.sp.gov.br/soe/#7/-22.524/-46.524>. 01 jun. 2024.

EÇA, R. F.; FRACALANZA, A. P. Cobrança pelo uso da água em bacias de dupla dominialidade: conflitos técnicos e de gestão nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 5., Florianópolis, 2010. **Anais** [...] Florianópolis: [s. n.], 2010.

FERREIRA, A. F. A.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Percepções e disposição de agricultores do Distrito Federal sobre pagamento para uso de recursos hídricos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, p. e02051, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/c6MxD4YYcPkC3hWwSjH4qxb/?lang=pt#>. Acesso em: 16 dez. 2023.

FERREIRA, L. G. G. Pagamento por serviços ambientais: uma vertente econômica da proteção ao meio ambiente. In: PADILHA, N. S.; COSTA, B. S.; OLIVEIRA, F. P. M. (org.). **Direito Ambiental II**. 23. ed. Florianópolis: COMPEDI, 2014. v. 01, p. 312-340. Disponível em: <https://publicadireito.com.br/publicacao/ufpb/livro.php?gt=163>. Acesso em: 07 jan. 2024.

FIGUEIREDO, W. R.; BATISTA, G. T; BALLESTERO, S. D.; TARGA, M. S. Validação de um coeficiente agroambiental no sistema de cobrança do uso da água utilizando técnicas de geoprocessamento. **Revista Biociên**, Taubaté, v.11, n.1/2, p.7-18, 2005. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/191>. Acesso em: 07 jan. 2024.

FRAGA, R. G.; SAYAGO, D. A. V. Soluções baseadas na natureza: uma revisão sobre o conceito. **Parcerias Estratégicas**, [s. l.], v. 25, n. 50, p. 67-82. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Brasília, 2020. Disponível em: https://boletimdosaneamento.com.br/wp-content/uploads/2023/09/Solucoes_baseadas_na_Natureza.pdf. Acesso em: 29 mai. 2024.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – FABH-PCJ. **Estudo do Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí visando estabelecer cenários e planejamento das alternativas de abastecimento de água para os municípios pertencentes a esta bacia**. Relatório Final. Volume I Tomo I. Piracicaba, 2020.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – FABH-PCJ. **Estudo do Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí visando estabelecer cenários e planejamento das alternativas de abastecimento de água para os municípios pertencentes a esta bacia**. Relatório Final. Volume I Tomo II. Piracicaba, 2020b.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – FABH-PCJ. **Relatório de Fundamentação**. Atualização dos Preços Unitários Básicos das Cobranças PCJ. 4. Ed. Piracicaba, 2014. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-fundamentacao-pcj.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2023.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – FABH-PCJ. **Sistema de Informações Geográficas – SIG PCJ**. Disponível em: <https://mapas.agenciapcj.org.br/portal/home/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

GARCIA, J. R.; ROMEIRO, A. R. Valoração e cobrança pelo uso da água: uma abordagem econômico-ecológica. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 34, n. 125, p. 101-121, 2013. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/632>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GELUDA, L.; YOUNG, C. Pagamento por serviços ecossistêmicos previstos na lei do snuc – teoria, potencialidades e relevância. *In*: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS, 2005, Pelotas. **Anais** [...] Pelotas: Universidade Católica de Pelotas, 2005. Disponível em: https://www.fesprojects.net/elti/RESOURCES/Pagamentos_SNUC.pdf. Acesso em: 18 fev. 2024.

GIL, S. O.; PARISOTO, G. J.; SANTOS, I. S. D.; SCHMIDT, V.; POSSANI, L.; PEREIRA, P. V. M. Instituições financiadoras do Programa Produtor de Água e os objetivos do desenvolvimento sustentável. *In*: **Administração rural**. (org.) Belo Horizonte: Poisson, 2020. v. 4. p. 81-88.

GOULART JÚNIOR, R.; CARDOSO NETO, N.; FRANK, B. O mecanismo econômico para gestão de recursos hídricos - Cobrança. *In*: Encontro de Economia Catarinense, 4., 2010, Criciúma. **Anais** [...] Criciúma: [s. n.], 2010. Disponível em: <https://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS%20E%20OUTROS/O%20mecanismo%20economico%20para%20gestao%20de%20recursos%20hdcos%20%20cobrana.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2023.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

HARTMANN, P. **A cobrança pelo uso da água como instrumento econômico na política ambiental**: estudo comparativo e avaliação econômica dos modelos de cobrança pelo uso da água bruta propostos e implementados no Brasil. Porto Alegre: AEBA, 2010. 532 p.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS - IDE-SISEMA. [Mapa]. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 04 abr. 2024.

IRRIGART. **Plano diretor para recomposição florestal visando à conservação da água nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Piracicaba: IRRIGART, 2018. (Relatório Técnico, nº 1068/18).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geociências**. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias.html>. Acesso em: 04 abr. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS – IPA. **Inventário Florestal 2020**. Escala 1:10.000. 2020. <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/#>. 03 maio 2024.

KOLYA, A. A. **Inventário, quantificação e valorização do geopatrimônio na Bacia do Rio Corumbataí (SP)**: subsídios ao Projeto Geoparque Corumbataí. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2019. 134 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/34b6fdfd-0ec8-41c0-ae6a-5efc6b81376c>. Acesso em: 18 mai. 2023.

LAUDARES, S. A.; SILVA, K. G.; BORGES, L. A. C. Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, Curitiba, v. 31, p. 111-122, 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/d519/8955acd231d6617e11e4dfe2f7657c0677ba.pdf>. Acesso em: 05 maio 2024.

LÉO, E. C. **Os planos de recursos hídricos e suas influências sobre as práticas de gestão nos comitês de bacias**: um estudo de caso nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2024. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; FERNANDES, J. C. L.; SILVA NETO, V. L. A estrutura das fórmulas de cobrança pelo uso da água. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO*, 6., 2015, Palmas. **Anais** [...] Palmas: Instituto Federal do Tocantins, 2015. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/6jice/paper/viewFile/6899/3398>. Acesso em: 21 ago. 2023.

MAPBIOMAS BRASIL. **Cobertura e Uso da Terra (Coleção 8)**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 29 maio 2024.

MARTÍN, E. G.; COSTA, M. M.; MÁNEZ, K. S. An operationalized classification of Nature Based Solutions for water-related hazards: From theory to practice. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 167, p. 106460, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106460>. ISSN 0921-8009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800918315805>. Acesso em: 23 mai. 2024.

MARTINS, R.C.; VALENCIO, N.F. Valoração dos recursos hídricos e impasse socioambiental na agricultura paulista: alguns desafios para a gestão de políticas públicas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 28-40, 2003. Disponível em: <https://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec3-1003.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

MASSOCA, P. E. S.; BRONDÍZIO, E. S. Protegemos quando valorizamos: história da legislação florestal brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 36, n. 106, p. 183-183, 2022. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36106.011>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/206059>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. 5. ed. Revista dos Tribunais. São Paulo, 2007.

MORGADO, A. **A influência do Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH-PCJ) na descentralização da gestão hídrica brasileira**: avaliação quantitativa da participação da sociedade civil de 1993-2003. 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008.

MOTA, L. C. S. **O Impacto da cobrança pelo uso da água na lucratividade e no custo dos principais setores usuários**: industrial, agropecuário e hidroelétrico. 2004. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro, 2004. 195 p.

NELSON, C. R.; BLEDSOE, B. P.; FERREIRA, S.; NIBBELINK, N. P. Challenges to realizing the potential of nature-based solutions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, Kidlington, v. 45, p. 49-55. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.09.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343520300750>. Acesso em: 23 maio 2024.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; TOSTO, S. G.; FURTADO, A. L. S.; PEREIRA, L. C. **Serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais**: aspectos teóricos e estudo de caso. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1146442/servicos-ecossistemicos-e-pagamento-por-servicos-ambientais-aspectos-teoricos-e-estudo-de-caso>. Acesso em: 18 dez. 2023.

OBSERVATÓRIO DO CÓDIGO FLORESTAL - OCF. **Guia para a elaboração dos programas de regularização ambiental dos estados**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://observatorioflorestal.org.br/wp-content/uploads/bkps-old/2018/03/guia_ocf_-_versao_online1.pdf. Acesso em: 14 jan. 2024.

O'MAHONY, T. Cost-Benefit Analysis and the environment: The time horizon is of the essence. **Environmental Impact Assessment Review**, Philadelphia, v. 89, July 2021, 106587. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106587>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925521000378>. Acesso em: 01 jul. 2024.

PADOVEZI, A.; VIANI, RICARDO A. G.; KUBOTA, U.; TAFFARELLO, D.; FARIA, M.; BRACALE, H.; FERRARI, V.; CARVALHO, F. H. Produtor de Água na Bacia Hidrográfica Piracicaba/Capivari/Jundiaí. In: PAGIOLA, S.; GLEHN, H. C. V.; TAFFARELLO, D. (org.). **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2012. v. 1, p. 99-113.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de Pagamentos por serviços Ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2012. v. 1. 336 p.

PEARCE, D. W. **Economic values and the natural world**. [S. l.]: The World Bank, 1993. 129 p. (Policy Research Working Paper Series, 988). Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/721891468764692718/pdf/multi0page.pdf>. Acesso em 23 nov. 2023.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 14 ago. 2022.

PRADO, R. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MARQUES, G. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 43, n. 2, p. 43-48, 2017. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1080534&biblioteca=vazio&busca=1080534&qFacets=1080534&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 14 dez. 2023.

REIS, L. G. M.; LANNA, A. E. L. **Planejamento e gestão de recursos hídricos**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos UFSC/UFAL (Material de Apoio). 2005.

ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp, 1997. p. 21-42. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/images/publicacoes/Livros/geral/Economia%20do%20meio%20ambiente.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

RORIZ, P. A. C.; FEARNSIDE, P. M. A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 18, n. 2, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/1866>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTI, A. D.; PEDROZO, D. P.; LOPES, M. S.; PICCIN, K. R.G.; LÉO, E. C.; OLIVEIRA, I.; BARUFALDI, P. G. A.; REIS, L. R.; USTULIN, J. F.; CECATTI, C. C.; PETRINI, B. E. D.; JULIANI, B. C.; BARBOSA, M. P. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos como Big Push para a Sustentabilidade nas Bacias PCJ. *In: Big Push para a Sustentabilidade: investimentos transformadores para uma economia sustentável no Brasil*. Brasília, DF. Big Push para a Sustentabilidade no Brasil. Brasília, DF: Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2020. Disponível em: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=981128&p=7094492>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SANTIN, J. R.; GOELLNER, E. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Sequência** [online]. Florianópolis, 2013, n. 67, pp. 199-221. Epub 13 Jan 2014. ISSN 2177-7055. <https://doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p199>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/seq/a/69xVT4snbSwzLh5gZVJ6wjJ/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SÃO PAULO. Decreto nº 50.667, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei 12.183, de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo. **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 2006. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2006/decreto-50667-30.03.2006.html>.

SÃO PAULO. **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. 1991. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2005/lei-12183-29.12.2005.html>.

SCHIMETKA, L. R.; RUGGIERO, P. G. C.; CARVALHO, R. L.; BEHAGEL, J.; METZGER, J. P.; NASCIMENTO, N.; CHAVES, R. B.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; KRAINOVIC, P. M. Costs and benefits of restoration are still poorly quantified: evidence from a systematic literature review on the Brazilian Atlantic Forest. **Restor Ecol**, Hoboken, v. 32, p. e14161. Apr. 2024. ISSN 1061-2971. <https://doi.org/10.1111/rec.14161>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.14161>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Tipologias Florestais**. Sistema Nacional De Informações Florestais. 2020. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conhecendo-sobre-florestas/168-tipologias-florestais>. Acesso em: 30 mai. 2024.

SILVA, J. L.; SAMORA, P. R. Os impactos da crise hídrica sobre a população do município de Campinas/SP (2012-2016). **Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, e20180210. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20170210>. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/bHBbvNWct5YprKg6gwmCB7D/?lang=pt>. Acesso em: 09 dez. 2023.

SILVA, R. T.; FOLEGATTI, M. V.; VEIGA NETO, F. C. Novas perspectivas de gestão de recursos hídricos nos Comitês PCJ: a cobrança pelo uso da água e a aplicação de pagamentos por serviços ambientais ao setor rural. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17.; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 8., 2007, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo, 2007. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=9761>. Acesso e 14 dez. 2023.

SILVA, R. T.; ZOLIN, C. A.; FOLEGATTI, M. V. Cobrança pelo uso dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo para o setor rural. *In*: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2., 2009, Taubaté. **Anais [...]** [S. l.]: IPABHi, 2009. p. 529-536. DOI: 10.4136/serhidro.69). Disponível em: <https://ipabhi.org/serhidro/anais/anais2009/doc/pdfs/p51.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

SISTEMA DE GESTÃO FUNDIÁRIA – SIGEF. **Consultas Públicas**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://sigef.incra.gov.br/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL – SICAR FEDERAL.
Consulta Pública. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em:
<https://consultapublica.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 03 jun. 2024.

SORIANO, E.; LONDE, L. R.; GREGORIO, L.T.; COUTINHO, M. P.; SANTOS, L. B. L. Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. **Ambient. Soc.**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 21-42, Mar. 2016. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc150120r1v1912016>. Acesso em: 16 jan. 2023.

SUGAHARA, C. R.; FERREIRA, D. H. L.; MENDES, J. P. Análise dos indicadores de sustentabilidade para a gestão da segurança hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. e12164, 2023. DOI: 10.59306/rgsa.v12e12023e12164. Disponível em:
https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/12164. Acesso em: 4 jul. 2023.

TAMBOSI, L. R., VIDAL, M. M., FERRAZ, S. F. DE B., METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 29, n. 84, p. 151–162, 2015. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ea/a/vMhK9xjGrjyLMXgBcwmSM7Q/#>. Acesso e: 18 jan. 2024.

TUNDISI, J. G. **Gerenciamento integrado de recursos hídricos**: novas perspectivas. Instituto Brasil PNUMA, Rio de Janeiro, n. 75, p. 4-5, 2003.

TYMUS, J. R. C.; LENTI, F. E. B.; SILVA, A. P. M.; BENINI, R. M.; ISERNHAGEN, I. **Restauração da vegetação nativa no Brasil**: caracterização de técnicas e estimativas de custo como subsídio a programas e políticas públicas e privadas de restauração em larga escala: relatório de pesquisa. Brasília, DF: TNC, 2018. ISBN 978-85-60797-30-1. Disponível em:
<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/restauracao-da-vegetacao-nativa-no-brasil.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2024.

VICTOR, R. A. B. M.; RODRIGUES, E. A.; PIRES, B. C. C.; LUCA, E. F.; GRAVEL, N.; CARVALHO, Y.M.C. A escassez hídrica e seus efeitos sobre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. In: BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. (org.). **Livro branco da água**: a crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: Origens, impactos e soluções. São Paulo: IEA - USP, 2018. p. 54-73. v. 1, Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/ebooks/livro-branco-da-agua>. Acesso e: 19 nov. 2023.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais**: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. 119 p. Disponível em:
<http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/1207>. Acesso em: 22 abr. 2024.

ZAKIA, M. J.; PINTO, L. F. G. **Guia para aplicação da nova lei florestal em imóveis rurais**. 2. ed. Piracicaba: Imaflora, 2014. 36 p. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/div/guia_aplicacao_nova_lei_florestal_2a_edicao.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.