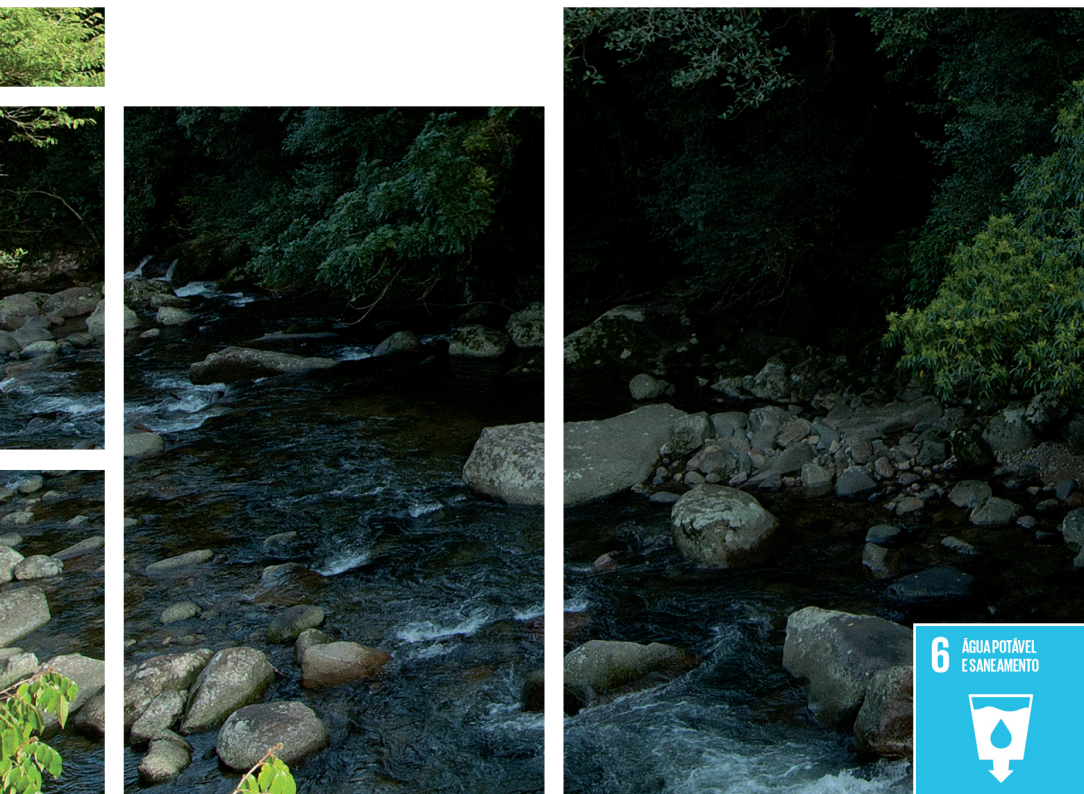


**Efeitos do uso da terra sobre a
hidrobiogeoquímica de microbacias de
cabeceira na bacia do rio Jaguari - Minas Gerais**



6 ÁGUA POTÁVEL
E SANEAMENTO



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
90**

**Efeitos do uso da terra sobre a
hidrobiogeoquímica de microbacias
de cabeceira na bacia do rio
Jaguari - Minas Gerais**

*Ricardo de Oliveira Figueiredo
Gustavo Bayma
Ricardo Antonio Almeida Pazianotto
Maria Lúcia Zuccari
Cristiane Formigosa Gadelha da Costa
Plínio Barbosa de Camargo
Marisa de Cássia Piccolo
Lucas de Camargo Reis*

**Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2020**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13918-110, Jaguariúna, SP
Fone: +55 (19) 3311-2610
Fax: +55 (19) 3311-2640
www.embrapa.br/meio-ambiente/
SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Meio Ambiente

Presidente
Ana Paula Contador Packer

Secretária-Executiva
Cristina Tiemi Shoyama

Membros
*Rodrigo Mendes, Ricardo A. A. Pazianotto,
Maria Cristina Tordin, Daniel Terao, Victor Paulo
Marques Simão, Joel Leandro de Queiroga,
Vera Lucia Ferracini, Marco Antonio Gomes*

Revisão de texto
Nílce Chaves Gattaz

Normalização bibliográfica
Victor Paulo Marques Simão

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Gabriel Pupo Nogueira

Foto da capa
Zig Koch

1ª edição eletrônica (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio Ambiente

Efeitos do uso da terra sobre a hidrobiogeoquímica de microbacias de cabeceira
na bacia do rio Jaguari - Minas Gerais / Ricardo de Oliveira Figueiredo ... [et al.].
– Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020.
PDF (30 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa
Meio Ambiente, 1516-4675 ; 90).

1. Microbacia. 2. Rio Jaguari. 3. Uso da terra.
I. Figueiredo, Ricardo de Oliveira. II. Série.

CDD(21. ed.) 333.76

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	12
Conclusões.....	19
Agradecimentos.....	19
Referências	20

Efeitos do uso da terra sobre a hidrobiogeoquímica de microbacias de cabeceira na bacia do rio Jaguari - Minas Gerais

*Ricardo de Oliveira Figueiredo*¹

*Gustavo Bayma*²

*Ricardo Antonio Almeida Pazianotto*³

*Maria Lúcia Zuccari*⁴

*Cristiane Formigosa Gadelha da Costa*⁵

*Plínio Barbosa de Camargo*⁶

*Marisa de Cássia Piccolo*⁷

*Lucas de Camargo Reis*⁸

Resumo

A caracterização da hidrobiogeoquímica de três cursos d'água foi realizada em microbacias de cabeceira de baixa ordem, relacionando-se com as mudanças de uso da terra, para apoiar a gestão e uso sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Jaguari, no sul do estado de Minas Gerais. A avaliação realizada constatou impactos nas águas fluviais decorrentes da mudança da cobertura florestal original. As pastagens ocasionaram aumento nas concentrações de íons maiores, carbono dissolvido e sedimentos, en-

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Biociências e Biotecnologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

² Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

³ Matemático, mestre em Biofísica Molecular, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

⁴ Bióloga, doutora em Ciências Agrônômica, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

⁵ Engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia Aplicada, analista do ITERPA - Instituto de Terras do Estado do Pará, Belém, PA.

⁶ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

⁷ Química, doutora em Ciências, professora associada do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

⁸ Biólogo, mestre em Ecologia Aplicada, doutorando do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

quanto a agricultura, e em menor escala a silvicultura, promoveram aumento de nutrientes como o nitrogênio. A recuperação florestal iniciada ainda não reflete, de forma clara, melhoria nas águas fluviais, uma vez que os pastos predominam na paisagem. A floresta original, no entanto, exerceu papel importante na dinâmica de carbono. Por fim, constatou-se que a floresta ripária se apresenta como fator decisivo para a qualidade ambiental das microbacias estudadas e, em extensão, para seus setores mais a jusante.

Palavras-chave: Carbono, floresta ripária, nutrientes, qualidade da água, recursos hídricos

Abstract

The hydrobiogeochemical characterization of three small streams was carried out in low-order headwater catchments, relating it to land use change, to support the sustainable management and use of water resources in the Jaguari river basin, in the south of the state of Minas Gerais. In this evaluation there were impacts in the river water resulted from the change of the original forest cover. Pastures caused an increase in the concentration of mayor ions, dissolved carbon and sediments, while agriculture, and to forestry at a lesser extent, promoted an increase in nutrients such as nitrogen. The initiation of the recovery of the native forest, still does not clearly reflect any improvement in river waters, since pastures predominate in the landscape. On the other hand, forest played an important role in carbon dynamics. Finally, it was found that the riparian forest presents itself as a decisive factor for the environmental quality of the studied catchments and, by extension, to the downstream sectors of these ones.

Keywords: Carbon, riparian forest, nutrients, water quality, water resources

Introdução

Desde os anos 1990 a literatura especializada tem ressaltado a importância da realização de estudos sobre os efeitos das mudanças do uso da terra sobre processos hidrobiogeoquímicos que ocorrem nas áreas terrestres das microbacias, e suas interações com o ambiente aquático de pequenos cursos d'água (Moldan; Cerny, 1994). Tais pesquisas são essenciais para nortear-se à conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos em programas de gestão de bacias. A análise da qualidade ambiental dos sistemas fluviais na escala de microbacia hidrográfica se apresenta, portanto, como uma ferramenta de grande utilidade para a avaliação das condições de sustentabilidade do uso da terra no meio rural (Figueiredo; Green, 2019).

As interações água, rocha, solo e vegetação presentes na microbacia hidrográfica, uma vez alteradas em consequência das atividades antrópicas, podem promover significativas mudanças na estrutura e funcionamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos, incluindo os fluxos de nutrientes, carbono e água (Moldan; Cerny, 1994). Dentre as funções eco-hidrológicas das florestas nativas, destaca-se, também, a regulação das vazões fluviais e dos estoques hídricos subterrâneos, o controle da erosão e o aporte de sedimentos nos rios. Esse papel das florestas é ainda mais relevante quando estas se encontram nos topos de morro, nas encostas, ou ao longo dos cursos e reservatórios d'água (Tambosi et al., 2015).

No contexto da bacia do rio Jaguari, que possui uma área de drenagem de aproximadamente 3.300 km² nos estados de Minas Gerais e São Paulo, um estudo desenvolvido por Costa (2018) elencou para as diferentes porções da bacia (alta, média e baixa) mudanças nos fluxos hidrobiogeoquímicos associadas ao tipo de uso da terra predominante em cada uma dessas porções. A bacia do Jaguari, por sua vez, destaca-se pela sua importância estratégica, não apenas para o suprimento hídrico da bacia do rio Piracicaba, da qual é tributária, mas também pelo seu aporte hídrico ao Sistema de Reservatórios Cantareira no estado de São Paulo, o qual contribui no suprimento de uma carga de aproximadamente 31 m³ s⁻¹ para a região metropolitana da grande São Paulo (Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2006).

Suas nascentes estão localizadas em áreas íngremes nos municípios de Camanducaia, Extrema, Itapeva e Toledo, no estado de Minas Gerais. Essas áreas de cabeceira da bacia do Jaguari encontram-se, em grande parte, nos domínios da Serra da Mantiqueira, onde a floresta original do bioma Mata Atlântica tem sido substituída predominantemente por pastagens para criação de bovinos, e mais recentemente pela silvicultura que tem como carro-chefe o cultivo de eucaliptos (Herrmann, 2008).

A presente pesquisa teve como principal objetivo caracterizar a hidrobiogeoquímica de três cursos d'água em microbacias de cabeceira de baixa ordem, relacionando-se com a cobertura e uso da terra, para avaliar o efeito de cada uma das classes de uso da terra sobre essas águas fluviais e assim orientar a gestão e uso sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Jaguari, no sul do estado de Minas Gerais.

Material e Métodos

Áreas de Estudo

A Figura 1 apresenta os pontos de coleta de amostras de água fluvial distribuídos em três microbacias de cabeceira na bacia do rio Jaguari no sul do estado de Minas Gerais:

- Microbacia **JN1** (área total de 767 ha) - ponto de coleta (22°51'35"S; 46°02'15"O) em trecho fluvial de segunda ordem no distrito de Monte Verde, município de Camanducaia.
- Microbacia **P2** (área total de 122 ha) - ponto de coleta (22°51'17"S; 46°19'06"O) em trecho fluvial de segunda ordem no Ribeirão das Posses, município de Extrema.
- Microbacia **CN1** (área total de 54 ha) - ponto de coleta (20°10'00"S; 41°49'00"O) em trecho fluvial de córrego de primeira ordem, no município de Toledo.

A elaboração do mapa de uso e cobertura da terra das três microbacias utilizou uma imagem Landsat-8, sensor OLI, de 23/09/2015. A imagem selecionada foi obtida no catálogo “Earth Explorer” do Serviço Geológico do Estado Unidos (USGS - <https://earthexplorer.usgs.gov/>) e corresponde à órbita-ponto 219-76. As bandas da imagem Landsat-8 selecionadas foram: banda 2 (azul) faixa espectral entre 0,45-0,51 μm ; banda 3 (verde), faixa espectral entre 0,53-0,59 μm ; banda 4 (vermelho), faixa espectral entre 0,64-0,67 μm ; banda 5 (infravermelho próximo - NIR), faixa espectral entre 0,85-0,88 μm ; banda 6 (infravermelho de ondas curtas - SWIR1), faixa espectral entre 1,57-1,65 μm ; e faixa 7 (infravermelho de ondas curtas - SWIR2), faixa espectral entre 2,11-2,29 μm . Todas as bandas selecionadas possuem 30 metros de resolução espacial. Para melhorar a resolução da imagem utilizada foi realizada a fusão entre as bandas multiespectrais citadas e a banda 8 (pancromática), com 15m de resolução espacial.

O software SPRING (Câmara et al., 1996) foi utilizado para a elaboração do banco de dados geográficos (BDG), onde a imagem selecionada foi segmentada. A segmentação é um processo onde a imagem é dividida em regiões que devem corresponder a áreas de interesse da aplicação, representadas por um conjunto de “pixels” contínuos (Figura 1). A opção pela segmentação das imagens baseou-se em que a automatização desse procedimento conduz a ganhos em termos de redução de custo e tempo no que diz respeito à geração dos polígonos que serão classificados (Nascimento; Almeida Filho, 1996; Sano et al., 2008; Silva et al., 2013).

Os segmentos criados no SPRING foram exportados para o software Quantum GIS (QGIS Development Team, 2020) para interpretação visual. Utilizou-se do conhecimento prévio obtido *in loco* pela equipe para a interpretação visual das principais classes de uso. Isto foi importante na delimitação da área de hortaliça (agricultura) na microbacia CN1. As classes de usos e coberturas da terra consideradas foram: floresta, floresta em regeneração, silvicultura, agricultura, pastagem e mosaico de ocupação. Mosaico de ocupação é uma classe mista, com áreas em geral ocupadas por pequenas construções e arruamentos.

Campanhas de Campo e Análises Laboratoriais

Doze campanhas de amostragem foram realizadas mensalmente no ano de 2015, consistindo em medições instantâneas no campo dos parâmetros físico-químicos, realização de coleta de amostras de água fluvial para análises químicas em laboratório, contatos com residentes e produtores rurais nas microbacias, assim como observações e registros fotográficos (Figura 2) das condições dos cursos d'água estudados e das características ambientais locais.

As medidas de pH, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD) e temperatura (T) foram realizadas por meio de um medidor multiparâmetros (YSI Professional Plus) mergulhando a sonda a uma profundidade de 10 cm a 25 cm dependendo do nível do canal fluvial. Essas medidas, uma vez salvas em arquivos digitais no equipamento, eram copiadas para planilha eletrônica após o retorno da campanha de campo e conferidas com o caderno de campo onde também eram anotadas a cada campanha de amostragem.

Nas mesmas ocasiões foram coletadas amostras utilizando frascos plásticos para a determinação da concentração do total de sedimentos em suspensão (TSS) no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna (SP). Até 48 horas, a TSS foi medida por meio de filtração de um volume conhecido da amostra (variando de 50 mL a 150 mL conforme a massa de sedimento), utilizando-se um Sistema Asséptico Sterifil (Millipore) em polisulfona, e uma bomba a vácuo de diafragma livres de óleo (Vacuubrand ME1C). A massa do sedimento retido em membrana de acetato celulose (porosidade = 0,45 μm), previamente seca em estufa (70° C / uma hora), foi calculada pela diferença de peso da membrana antes e após a filtração, utilizando-se balança analítica de precisão (Ohaus Adventure AR2140).

Para realizar a análise da DBO foram coletadas, em cada uma das microbacias, quatro amostras de água previamente filtradas em peneiras ($\emptyset = 63 \mu\text{m}$), utilizando-se frascos de vidro de 60 ml (boca cônica; $\emptyset = 4 \text{ cm}$), próprios para a determinação de DBO, sendo que duas amostras foram preservadas com cloreto de mercúrio (HgCl_2) e as duas restantes não receberam nenhum tipo de conservante. As amostras foram, então, acondicionadas em uma caixa própria, onde ficaram ao abrigo da luz. No Laboratório de Ecologia Isotópica no CENA-USP (Piracicaba, SP), decorridos cinco dias (120 horas) após a coleta, foi feita a medição do oxigênio dissolvido (YSI 58 Oxygen Meter) para o cálculo da DBO, que foi realizado segundo a equação 1:

$$\text{DBO} = (\text{FI} - \text{FC}) * (120 / \text{Tmed}) \quad (1)$$

Onde, FI é média do oxigênio dissolvido na amostra preservada com HgCl_2 (mg L^{-1}); FC é a média do oxigênio dissolvido na amostra que não foi preservada (mg L^{-1}) e Tmed é tempo decorrido desde a coleta (horas).

As coletas de amostras da água fluvial para análises químicas foram realizadas por meio da imersão de frasco coletor em profundidade variando de 5 a 15 cm. Trata-se de frasco de polipropileno (capacidade de 250 mL) de boca larga, previamente lavado com solução ácida (HCl 10%) e água deionizada ultra-pura (Milli-Q). No mesmo dia duas alíquotas das amostras de cada um dos pontos de coleta foram levadas sob refrigeração em caixa térmica para o laboratório da Embrapa Meio Ambiente.

Em até 24 horas uma primeira alíquota foi filtrada através de membranas de acetato celulose (diâmetro do poro = $0,45 \mu\text{m}$) em kit de filtração de polipropileno conectado a uma bomba a vácuo, e em seguida estocada sob refrigeração ($\sim 4^\circ \text{C}$) até realizar as análises em cromatógrafo iônico (*Methron*) para determinação das concentrações dos cátions - cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+) e amônio (NH_4^+) - e dos ânions - cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Uma segunda alíquota, por sua vez, foi filtrada através de membranas de microfibras de vidro (diâmetro do poro = $0,6 \mu\text{m}$) em kit de filtração de vidro, utilizando a mesma bomba a vácuo citada, e em seguida estocada sob refrigeração. As análises da segunda alíquota foram realizadas em um analisador *TOC-V CSN Shimadzu* para determinação das concentrações do carbono orgânico dissolvido (COD), carbono inorgânico dissolvido (CID) e nitrogênio inorgânico total (NT). As concentrações de carbono dissolvido total (CT) foram obtidas pela soma de DOC e DIC, enquanto as concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) foram obtidas pelas diferenças das concentrações de NT e as somas das concentrações de NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- .

O software R (R Core Team, 2020) foi utilizado para a análise estatística descritiva e para o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson ($p < 0.05$) a fim de analisar a relação entre parâmetros hidrobiogeoquímicos medidos e as classes de uso da terra presentes nas microbacias estudadas.

Resultados e Discussão

Caracterização do uso da terra nas microbacias

As microbacias estudadas encontram-se sob diferentes usos e coberturas da terra (Figura 1), cujos percentuais ocupados por cada classe de uso da terra são apresentados na Tabela 1. Pode-se observar que na microbacia JN1 a cobertura é predominantemente natural (90,8% de floresta). Por sua vez, na microbacia P2 predomina a pastagem (74,3% da área da microbacia), seguida de 15,2% de floresta em regeneração (classe presente apenas em P2) e 4,6% de floresta remanescente. Registra-se aqui que P2 insere-se em bacia sob processo de recuperação ambiental por meio de um programa de pagamento por serviços ambientais em Extrema (Pereira et al., 2016). Além disto, na microbacia CN1 constata-se predomínio de pastagem (62,9%), com apenas 9,4% de floresta, diferenciando-se das demais microbacias pela maior presença de agricultura (hortaliças em geral), que ocupa 23,8% da microbacia.

A presença da classe de uso da terra relacionada ao cultivo de eucalipto, silvicultura em expansão na região estudada, representou apenas 6,9%, 2,7% e 3,6% em JN1, P2 e CN1, respectivamente. Ressalta-se também que a classe mosaico de ocupação, que representa pequenas construções e arruamentos, ocupa áreas muito pequenas em relação às demais classes nas três microbacias avaliadas.

Dessa forma, pode-se resumir que cada uma das microbacias possui uma classe ou par de classes de uso da terra predominante, a saber: JN1 - Floresta; P2 - Pastagem e Floresta em Regeneração; e CN1 - Pastagem e Agricultura. Adicionalmente, por meio da observação *in situ* dos ambientes estudados, foi possível constatar claramente que CN1 possui vegetação ripária preservada, e por outro lado, tal preservação em P2 ainda carece da continuidade da recuperação iniciada. Em CN1 a preservação dessa vegetação é quase nula (Figura 2). Assim, pode-se definir o seguinte nível crescente de impacto antrópico esperado: JN1 < P2 < CN1.

Hidrobiogeoquímica das Microbacias

Parâmetros físico-químicos e suas relações com o uso da terra

Na Figura 3 são apresentados gráficos de caixa (*box plots*) com os dados dos parâmetros físico-químicos que caracterizam diferenças entre as microbacias estudadas para condutividade elétrica (CE), pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e total de sedimentos em suspensão (TSS).

Quanto à condutividade elétrica (CE), percebe-se valores bem maiores em P2, intermediários em CN1 e menores em JN1. Valores maiores de CE em P2, no período estudado, foram correlacionados à maior presença de pastagem (Tabela 2). Verifica-se também que CE esteve correlacionada com as concentrações de cátions (Tabela 3), que podem ser originados não apenas de fontes geológicas, mas também do sal, juntamente com suplemento mineral, servido ao gado em cochos a céu aberto e em currais nesse ambiente (Biggs et al., 2002; Figueiredo et al., 2010).

Surpreende a correlação entre CE e Floresta em Regeneração, no entanto, tal correlação pode ser decorrente de que os dados da hidrobiogeoquímica fluvial, aqui considerados, são os mesmos atribuídos à influência da pastagem - uso predominante em P2 (74,3%), sendo esta a única microbacia que apresenta a classe de Floresta em Regeneração. Dessa maneira, os valores elevados de CE devem ocorrer por influência da pastagem em P2, sendo que a mitigação esperada pela área onde a floresta está sendo regenerada ainda não ocorre neste setor específico da bacia em questão - Ribeirão das Posses (Reis, 2018). Dessa maneira, a pastagem no entorno desse ponto de coleta de amostras em P2 promoveu os valores mais elevados de CE, em relação aos outros pontos (JN1 e CN1), e aponta que se deve empreender ainda mais na recomposição das florestas que outrora foram substituídas por pastagens em suas íngremes vertentes.

Por outro lado, ao observar os valores de CE em CN1 (Figura 3), embora a área de pastagem seja predominante (62,9%), outras duas classes (Floresta e Silvicultura) apresentam correlação inversa significativa com CE e podem

estar mitigando os impactos esperados da pastagem sobre esse parâmetro. De qualquer maneira, para conclusões mais assertivas torna-se necessário um estudo específico e complementar sobre a geologia e a pedologia das microbacias estudadas, dado a grande influência da matriz geológica sobre a CE natural dessas águas, assim como de outras variáveis da hidroquímica fluvial.

Observa-se que, no entanto, os valores de pH não apresentaram diferenças significativas entre as microbacias e as classes de uso da terra (Figura 3 e Tabela 2). Em geral esse parâmetro relaciona-se bem mais com as características pedológicas e geológicas não consideradas no presente estudo (Drever, 1982), assim como com a influência de solos florestais orgânicos. Ao avaliar, também, a correlação do pH em relação aos demais parâmetros hidrobiogeoquímicos não se observa qualquer fator de correlação significativo (Tabela 3). Dessa maneira, é factível pressupor que não existem diferenças importantes na geologia das microbacias para afetar a CE, conforme discutido anteriormente. Isso poderia corroborar uma interpretação de que as pastagens estão determinando aumento na CE dos cursos d'água aqui investigados, o que é discutido mais à frente, onde as concentrações medidas dos íons maiores são comentadas.

O oxigênio dissolvido (OD), aqui apresentado como percentual de saturação para ajuste em relação à temperatura no curso d'água, e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentaram padrão inverso de variação em relação às microbacias estudadas. P2, por exemplo, apresenta menor valor de OD e maior de DBO. Valores menores de OD e maiores de DBO relacionam-se a respostas eco-hidrológicas ao processo de decomposição de matéria orgânica (MO) acumulada no canal fluvial. Entretanto, os valores baixos de DBO indicam que os aportes de matéria orgânica nesses ecossistemas aquáticos não ultrapassam suas capacidades de decomposição.

Essa MO em P2 pode ser decorrente, tanto do arraste de material da pastagem, como da serapilheira da silvicultura (eucaliptos) presente nos solos marginais. As correlações significativas, para OD negativa e para DBO positiva, com a floresta em regeneração em P2, induzem a se concluir que essa classe de uso promove maior acumulação de MO no Ribeirão das Posses, comparado aos outros dois córregos em CN1 e JN1. Importante, também, é notar a forte correlação positiva entre OD e a floresta, e a silvicultura (eu-

caliptos), assim como a correlação negativa com pastagem. Sendo OD um indicador potencial de qualidade de água, isso deve ser algo a se preocupar; no entanto, tanto os valores de OD, como os de DBO nas microbacias estudadas encontram-se dentro dos limites aceitáveis de qualidade de água definidos em legislação nacional pelo CONAMA para rios de Classe 1 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986).

Em relação ao total de sedimentos em suspensão (TSS), os maiores valores foram medidos em P2, em cuja microbacia o principal uso é a pastagem. Porém, não foi verificada correlação significativa entre TSS e pastagem ou qualquer outra classe de uso da terra (Tabela 2). O maior arraste de material nos eventos extremos de chuva em P2, embora tenha promovido maiores concentrações de TSS, apenas ampliou a faixa de variação de TSS com valores máximos mais elevados, mas não resultou em valor médio muito diferente das outras duas microbacias. Sabe-se que em tais eventos é que ocorrem as maiores taxas de erosão dos solos e consequentemente de transporte de sedimentos pelos rios (Figueiredo et al., 2011).

Considerando os dados dos parâmetros físico-químicos aqui discutidos verifica-se que em JN1 a maior área de floresta e melhor vegetação ripária proporcionam uma melhor qualidade da água fluvial dentre as microbacias analisadas. Souza et al. (2013) observaram maior associação de riachos com vegetação ripária de maior densidade de árvores pequenas com menores valores de OD, TSS e CE. Ressalta-se que, as microbacias de cabeceira têm uma importante função na manutenção da quantidade e qualidade da água das bacias hidrográficas; no entanto, córregos de áreas de cabeceira são pouco amparados pela legislação ambiental (Cantonati et al., 2012).

Nutrientes e carbono dissolvidos e suas relações com o uso da terra

Os íons maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- e SO_4^{2-}), apresentaram um padrão de concentrações bem mais elevadas na microbacia P2, seguida por CN1 e JN1 (Figura 4). Os mesmos fatores já mencionados em relação à pastagem parecem induzir essas maiores concentrações em P2, o que pode ser corroborado pelas fortes correlações dessas concentrações com essa classe

de uso da terra (Tabela 2). Destaca-se que, como já foi descrito anteriormente, é servido ao gado, presente nessas pastagens, um suplemento mineral adicionado ao sal, mistura essa que tem tais íons em sua composição. Em CN1, as concentrações observadas de Na^+ , K^+ e Cl^- notadamente maiores em relação a JN1, pode ser, também, explicada pela presença de pastagens. Gemer et al. (2009), por exemplo, observaram microbacias de pastagem com concentrações elevadas de Cl^- , K^+ e Mg^{2+} , provocadas pelo fluxo fornecido pelos excrementos de gado, enquanto na microbacia pareada de floresta nativa as concentrações de K^+ e Mg^{2+} foram menores.

A microbacia JN1, que representa o ambiente florestal nativo, apresentou as menores concentrações desses íons maiores. Um fator importante nesse quesito é que JN1 tem afloramento de rochas graníticas e granitoides (Bistrichi, 2000) com baixos teores desses íons; além disto, nessa microbacia a vegetação ripária é mais abundante quando comparada às microbacias CN1 e P2. As espécies arbóreas dessa vegetação possuem grande capacidade de absorver os nutrientes nos solos que, de outra maneira, poderiam adentrar o canal fluvial pelos fluxos superficiais e subsuperficiais (Ferreira et al., 2012). De fato, é dito com frequência na literatura especializada, que a qualidade da água em córregos tem sido relacionada com a conservação da vegetação ripária (Fumetti et al., 2007; Cantonati et al., 2015).

Ao observar os valores médios de NO_3^- nas três microbacias, constata-se que esta foi a forma predominante de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), isto sugere que os processos de nitrificação foram mais intensos do que os de desnitrificação. No entanto, em P2 as baixas concentrações de NO_3^- e NH_4^+ , apontam ocorrência de desnitrificação provocada pela aeração física do rio em virtude da elevada declividade e ao fundo pedregoso, como também, à limitada aplicação de fertilizantes, e baixa densidade de gado por unidade de área (Taniwaki et al., 2017). As gramíneas, na ausência de fertilização mineral, têm avidez por nitrogênio (N) e competem com os microrganismos na utilização das formas de N dissolvidos existentes. Vários estudos demonstram baixas concentrações de NO_3^- e NH_4^+ no solo em áreas de pastagens sem manejo, como exemplo, pesquisas que avaliaram diferenças nos fluxos de N entre riachos presentes em bacias com uso de solo predominante de pastagem e bacias florestadas (Neill et al., 2004; Chaves et al., 2009).

Já em CN1 observaram-se maiores concentrações de NID, as quais devem estar sendo influenciadas por aportes de fertilizantes presentes na agricultura de hortaliças ali praticada. A agricultura foi a única classe de uso da terra a apresentar correlações positivas, embora não significativas para todas as espécies de N e para PO_4^{3-} (Tabela 2), não sendo apresentado este último em gráfico devido a escassez de dados. De fato, o NO_2^- foi detectado apenas em CN1 e JN1 em duas ocasiões (maio e julho); da mesma forma o PO_4^{3-} foi medido apenas em CN1, e em uma só coleta (julho). Dessa maneira, NO_2^- e PO_4^{3-} não apresentaram correlações significativas com quaisquer outros parâmetros e classes de uso da terra, mas podem estar relacionados à fertilização na agricultura em CN1 ou silvicultura em ambas as microbacias onde foram medidos esses nutrientes.

O NO_3^- teve correlação significativa com a silvicultura (Tabela 2), que tem seu maior percentual em JN1 (Tabela 1); além disso, esse parâmetro também mostrou correlação significativa e diretamente proporcional com OD e inversa com a CE. Ou seja, valores mais altos ocorreram em áreas de menor incremento de nutrientes e melhor qualidade metabólica do ecossistema, provavelmente por causa do material em decomposição da vegetação ripária arrastada para dentro dos córregos nas vertentes íngremes características dessa microbacia. Esse efeito foi observado em uma microbacia florestada, onde as concentrações de NO_3^- foram maiores devido ao solo florestal, comparadas às baixas concentrações em uma microbacia pareada em pastagem (Germer et al., 2009). Taniwaki et al. (2017) encontraram menores concentrações de NO_3^- em microbacias de pastagem em comparação com microbacias de cana-de-açúcar que foi influenciada pelo aporte oriundo de fertilizantes, facilmente lixiviados em virtude da elevada mobilidade do nitrogênio (Martinelli; Filoso, 2008).

Outro fator a ser destacado são os maiores valores de NOD em relação às espécies de NID, com destaque para as concentrações mais elevadas de NOD em P2, o que pode estar relacionado com a presença de pastagem, principal classe de uso nessa microbacia, com a qual se percebe correlação positiva (Tabela 2). Embora NOD tenha apresentado correlação positiva para pastagem, esta não foi significativa para nenhuma das classes de uso da terra.

Quanto ao carbono dissolvido, verifica-se uma tendência de maiores valores de COD em P2 e de CID em CN1 (Figura 6). O COD apresentou correlação positiva mais forte e significativa com Floresta em Regeneração (Tabela 2), classe de uso presente apenas em P2, mas que pode estar refletindo o ambiente de pastagem como já explicado anteriormente. Por outro lado, o CID apresenta correlação positiva com a agricultura, classe de uso importante em CN1, mas também com a pastagem. Dessa maneira, o presente estudo demonstra uma clara relação de COD e CID com as áreas de pastagem. Figueiredo et al. (2011) relataram também concentrações de COD e CID relacionados à pastagem na bacia do Baixo Paraíba do Sul. Pastagens não manejadas (degradadas ou em degradação), por causa da elevada produção primária abaixo da camada superficial do solo, podem apresentar conteúdos de carbono no solo que são similares ou maiores que o da vegetação nativa (Markewitz et al., 2004).

Por sua vez, CT destacou-se por apresentar menores concentrações em JN1, sugerindo uma mineralização eficaz da MO nos solos dessa microbacia e uma estrutura e funcionamento dos seus ecossistemas terrestre e aquático, cujos fluxos de energia não permitem acúmulos tanto de COD como de CID. Apenas medições dos fluxos gasosos do carbono nesses sistemas podem confirmar essa hipótese e talvez revelar essa dinâmica.

Considerando que JN1 se destaca pelo ótimo estado de preservação da floresta ripária em comparação às outras microbacias, conforme observado *in situ*, é possível que este fator seja decisivo à melhor qualidade medida em suas águas fluviais. Sabe-se que a vegetação ripária atua como atenuador natural para o impacto das mudanças de uso da terra. Tal fato é relevante para a qualidade ambiental das bacias, uma vez que microbacias de cabeceira, como aquelas aqui avaliadas, possuem influência decisiva na qualidade da água dos rios a jusante (Alexander et al., 2007).

Conclusões

A avaliação hidrobiogeoquímica realizada mostrou que estão ocorrendo impactos nas águas fluviais decorrentes das mudanças de uso da terra, pela diminuição de área com a cobertura florestal original.

Nesse contexto, percebeu-se que:

- as pastagens promoveram aumento das concentrações de íons maiores, carbono dissolvido e sedimentos nos cursos d'água estudados;
- a recuperação florestal iniciada ainda não promove melhoria na qualidade da água, uma vez que os pastos predominam na paisagem;
- a agricultura e a silvicultura promoveram aumento das concentrações de nutrientes (íons menores) como nitrogênio e fósforo nessas águas;
- a floresta exerceu papel importante na dinâmica do carbono no material dissolvido presente nesses cursos d'água;
- e conseqüentemente, a floresta ripária se apresentou como fator decisivo para a qualidade da água fluvial nessas microbacias, as quais são importantes áreas tributárias para o Rio Jaguari.

Por fim, recomenda-se a realização de levantamentos de campo para a caracterização física e química dos solos nas três microbacias estudadas, além de uma mineração e tratamento dos dados de precipitação do ano de 2015 nessas áreas, com o objetivo de corroborar ou mesmo reavaliar as conclusões do presente estudo.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da EMBRAPA (SEG - 01.12.01.001.03 e SEG - 02.14.21.002) e da FAPESP (2016/02890-1). Os autores agradecem também às colegas Dagmar Oliveira e Melissa Baccan (Embrapa Meio Ambiente) pelo apoio nas atividades de laboratório e ao colega Paulo Rossi (Embrapa Meio Ambiente) pelo apoio nas atividades de campo.

Referências

- ALEXANDER, R. B.; BOYER, E. W.; SMITH, R. A.; SCHWARZ, G. E.; MOORE, R. B. The role of headwater streams in downstream water quality. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 43, n. 1, p. 41-59, 2007.
- BIGGS, T. W.; DUNNE, T.; DOMINGUES, T. F.; MARTINELLI, L. A. Relative influence of natural watershed properties and human disturbance on stream solute concentrations in the southwestern Brazilian Amazon basin. **Water Resources Research**, v. 38, n. 8, p. 25-1-25-16, 2002.
- BISTRICHI, C. A. **Análise estratigráfica e Geomorfológica do Cenozóico da região de Atibaia-Bragança Paulista, estado de São Paulo**. 2000. 184 f. Tese (Doutorado) – Unesp, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- CANTONATI, M.; FUEREDER, L.; GERECKE, R.; JUETTNER, I.; COX, E. J. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. **Freshwater Science**, v. 31, n. 2, p. 463-480, 2012.
- CHAVES, J.; NEILL, C.; GERMER, S.; GOUVEIA NETO, S.; KRUSCHE, A. V.; BONILLA, A. C.; ELSENBEER, H. Nitrogen transformations in flowpaths leading from soils to streams in Amazon forest and pasture. **Ecosystems**, v. 12, n. 6, p. 961-972, 2009.
- COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. **Plano de bacias hidrográficas 2004-2007 dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**: síntese do relatório final. São Carlos: Suprema, 2006. 48 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da União**, 30 de julho de 1986. Seção 1, p. 11356-11361.
- COSTA, C. F. G. **Processos hidrobiogeoquímicos de carbono e nitrogênio em diferentes usos da terra nas mesobacias dos rios Jaguari e Camanducaia**. 2018. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.
- DREVER, J. I. **The geochemistry of natural waters**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1982. 388 p.
- FERREIRA, A.; CYRINO, J. E. P.; DUARTE-NETO, P. J.; MARTINELLI, L. A. Permeability of riparian forest strips in agricultural, small subtropical watersheds in south-eastern Brazil. **Marine & Freshwater Research**, v. 63, n. 12, p. 1272-1282, 2012.
- FIGUEIREDO, R. de O.; GREEN, T. R. **A conservação de bacias e os desafios para a sustentabilidade da agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. 19 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 120)
- FIGUEIREDO, R. de O.; MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; SCHULER, A. E.; WATRIN, O. S.; SILVA, P. S. Land-use effects on the chemical attributes of low-order streams in the eastern Amazon. **Journal of Geophysical Research**, v. 115, n. G4, 2010. Article G04004.
- FIGUEIREDO, R. de O.; OVALLE, A. R. C.; REZENDE, C. E.; MARTINELLI, L. A. Carbon and nitrogen in the lower basin of the Paraíba river southeastern Brazil: element fluxes and biogeochemical processes. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 7-37, 2011.

FUMETTI, S. von; NAGEL, P.; BALTES, B. Where a springhead becomes a springbrook: a regional zonation of springs. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 169, n. 1, p. 37-48, 2007.

GERMER, S.; NEILL, C.; VETTER, T.; CHAVES, J.; ELSENBEEER, H.; KRUSCHE, A. V. Implications of long-term land-use change for the hydrology and solute budgets of small catchments in Amazonia. **Journal of Hydrology**, v. 364, n. 3-4, p. 349-363, 2009.

HERRMANN, G. **Manejo de paisagem em grande escala: estudo de caso no Corredor Ecológico da Mantiqueira, MG**. 2008. 246 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. S177-S199, 2004.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008.

MOLDAN, B.; CERNÝ, J. (ed.). **Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research**. Chichester: J. Wiley, 1994. 419 p.

NASCIMENTO, P. S. R.; ALMEIDA FILHO, R. Utilização da técnica de segmentação em imagens TM/Landsat visando otimizar a técnica de interpretação visual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 215-218. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30>. Acesso em: 24 jul. 2010.

NEILL, C.; DEEGAN, L. A.; THOMAS, S. M.; CERRI, C. C. Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in small Amazonian streams. **Ecological Applications**, v. 11, n. 6, p. 1817-1828, 2004.

PEREIRA, P. H.; CORTEZ, B. A.; OMURA, P. A. C.; ARANTES, L. G. C. **Projeto Conservador das Águas**. Extrema: Prefeitura Municipal, 2016. 37 p.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 12 abr. 2020.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

REIS, L. C. **Avaliação hidrobiogeoquímica na bacia do Ribeirão das Posses no âmbito do Programa Conservador das Águas, Extrema, MG**. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SANO, E. E.; LIMA, C. A.; BEZERRA, H. S. Mapeamento semi-automatizado de fitofisionomias do Cerrado com imagens Landsat: vantagens e limitações. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD ROM.

SILVA, G. B. S. da; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; VICTORIA, D. de C.; VICENTE, L. E. **Proposta metodológica de mapeamento do uso e cobertura da terra de extensas áreas por meio de multissensores**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. 19 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 101).

SOUZA, A. L. T.; FONSECA, D. G.; LIBORIO, R. A.; TANAKA, M. O. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 298, p. 12-18, 2013.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B., METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

TANIWAKI, R. H.; CASSIANO, C. C.; FILOSO, S.; SILVIO FERRAZ, S. F. de B.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 584-585, p. 339-347, 2017.

TABELAS

Tabela 1. Percentuais de área das diferentes classes de uso da terra em relação a área total das microbacias - JN1, P2 e CN1 -, respectivamente 767 ha, 122 ha e 54 ha.

Classes de Uso da Terra	JN1	P2	CN1
Floresta	90,8%	4,6%	9,4%
Floresta em Regeneração	-	15,2%	-
Silvicultura	6,9%	2,7%	3,6%
Agricultura	-	2,1%	23,8%
Pastagem	-	74,3%	62,9%
Mosaico de Ocupação	2,4%	1,1%	0,3%

(-: não observada)

Tabela 2. Correlação entre as diferentes classes de uso da terra presentes nas microbacias (JN1, P2 e CN1) e os parâmetros hidrobiogeoquímicos avaliados durante o período de estudo. (onde * $p <= 0.05$; ** $p <= 0.01$; e *** $p <= 0.001$)

	Agricultura	Silvicultura	Floresta	Floresta em Regeneração	Mosaico de Ocupação	Pastagem
TSS	-0,19	-0,04	-0,01	0,20	0,09	0,03
OD	0,41*	0,35*	0,25	-0,69***	-0,04	-0,31
CE	-0,19	-0,80***	-0,70***	0,96***	-0,35	0,76***
pH	-0,14	0,23	0,24	-0,12	0,22	-0,23
DBO	-0,49**	0,01	0,09	0,40*	0,30*	-0,05
COD	-0,14	-0,24	-0,20	0,36*	-0,06	0,23
CID	0,61***	-0,38	-0,45**	-0,13	-0,59***	0,41**
CT	0,30	-0,41	-0,43*	0,16	-0,42*	0,42**
PO ₄ ³⁻	0,24	-0,08	-0,11	-0,12	-0,19	0,09
NO ₃ ⁻	0,12	0,29	0,24	-0,38*	0,10	-0,27
NH ₄ ⁺	0,28	0,09	0,04	-0,32	-0,12	-0,07
NO ₂ ⁻	0,20	0,04	0,01	-0,21	-0,09	-0,03
NOD	0,11	-0,27	-0,27	0,18	-0,22	0,27
NT	0,29	-0,05	-0,10	-0,19	-0,20	0,07
Cl ⁻	0,29	-0,70***	-0,69***	0,46**	-0,58***	0,70***
SO ₄ ²⁻	-0,38*	-0,54***	-0,43**	0,86***	-0,09	0,50**
Ca ²⁺	-0,35*	-0,62***	-0,51**	0,91***	-0,15	0,58***
Mg ²⁺	-0,25	-0,56***	-0,47**	0,77***	-0,18	0,53**
K ⁺	0,17	-0,69***	-0,66***	0,55***	-0,51**	0,68***
Na ⁺	-0,24	-0,64***	-0,54***	0,83***	-0,23	0,60**

(* $p <= 0.05$; ** $p <= 0.01$; e *** $p <= 0.001$)

Tabela 3. Correlação entre os parâmetros hidrobiogeoquímicos avaliados durante o período de estudo nas microbacias (JN1, P2 e CN1).

	TSS	OD	CE	pH	DBO	COD	CID	CT	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NOD	NT	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺		
OD	-0,07																				
CE	0,2	-0,6***																			
pH	0,1	-0,02	-0,2																		
DBO	0,29	-0,28	0,35*	-0,34*																	
COD	0,14	-0,24	0,34*	0,02	-0,08																
CID	-0,02	0,14	0,07	-0,16	-0,15	0,11															
CT	0,08	-0,08	0,28	-0,09	-0,15	0,76***	0,72***														
PO ₄ ³⁻	-0,07	0,45**	-0,08	0,09	-0,21	-0,07	0,04	-0,02													
NO ₃ ⁻	-0,02	0,35*	-0,39*	-0,03	0,07	-0,07	-0,1	-0,11	0,01												
NH ₄ ⁺	-0,12	0,15	-0,26	0,17	-0,17	-0,05	0,3	0,16	-0,03	-0,09											
NO ₂ ⁻	0,46**	0,33	-0,13	0,05	-0,13	-0,04	0,22	0,11	0,52**	0,1	-0,11										
NOD	-0,16	-0,18	0,24	-0,23	0,13	0,19	0,07	0,17	-0,09	0,14	0,14	-0,09									
NT	-0,16	0,08	-0,11	-0,05	-0,01	0,07	0,23	0,2	-0,04	0,27	0,69***	-0,03	0,77***								
Cl ⁻	0,42*	-0,22	0,61***	-0,24	0,1	0,4*	0,38*	0,53**	-0,14	-0,11	-0,11	0,08	0,28	0,1							
SO ₄ ²⁻	0,13	-0,63***	0,83***	-0,27	0,48**	0,37*	-0,04	0,23	-0,12	-0,26	-0,29	-0,18	0,32	-0,04	0,49**						
Ca ²⁺	0,32	-0,59***	0,89***	-0,05	0,35*	0,24	-0,17	0,05	-0,1	-0,39*	-0,27	-0,17	0,02	-0,26	0,45**	0,7***					
Mg ²⁺	0,34*	-0,64***	0,76***	-0,02	0,44**	0,21	0,05	0,18	-0,17	-0,3	0,1	-0,17	0,21	0,12	0,44**	0,67***	0,79***				
K ⁺	0,34*	-0,29	0,67***	-0,28	0,24	0,37*	0,37*	0,5**	0,02	-0,14	-0,18	0,16	0,22	0,01	0,86***	0,6***	0,54**	0,54***			
Na ⁺	0,17	-0,61***	0,82***	-0,17	0,36*	0,37*	0,03	0,27	-0,07	-0,34*	-0,28	-0,16	0,18	-0,15	0,56***	0,81***	0,73***	0,66**	0,74***		

(* p<=0,05; ** p<=0,01; e *** p<=0,001)

FIGURAS

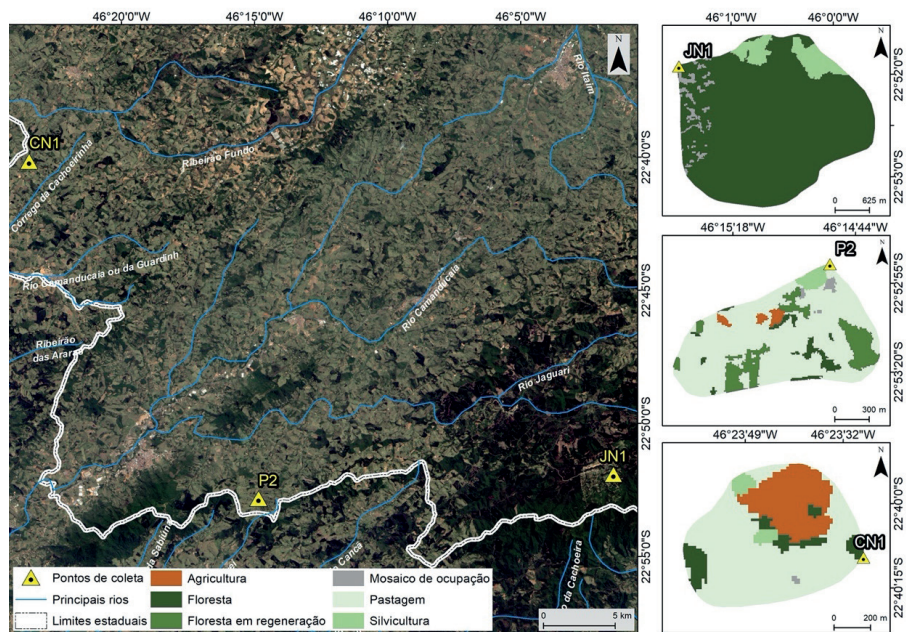
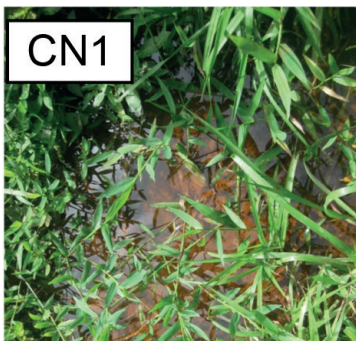
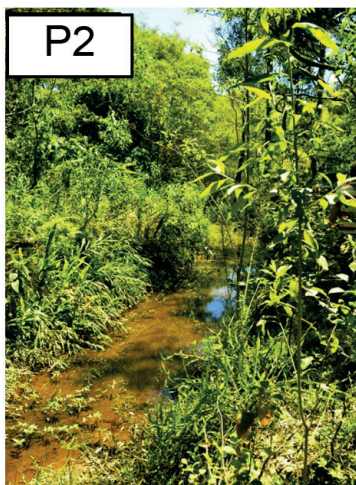


Figura 1. Localização dos pontos de coleta de água fluvial (JN1, P2 e CN1) e respectivos mapas de uso da terra das microbacias estudadas.



Fonte: Cristiane Formigosa

Figura 2. Fotografias dos pontos de coleta das microbacias estudadas.

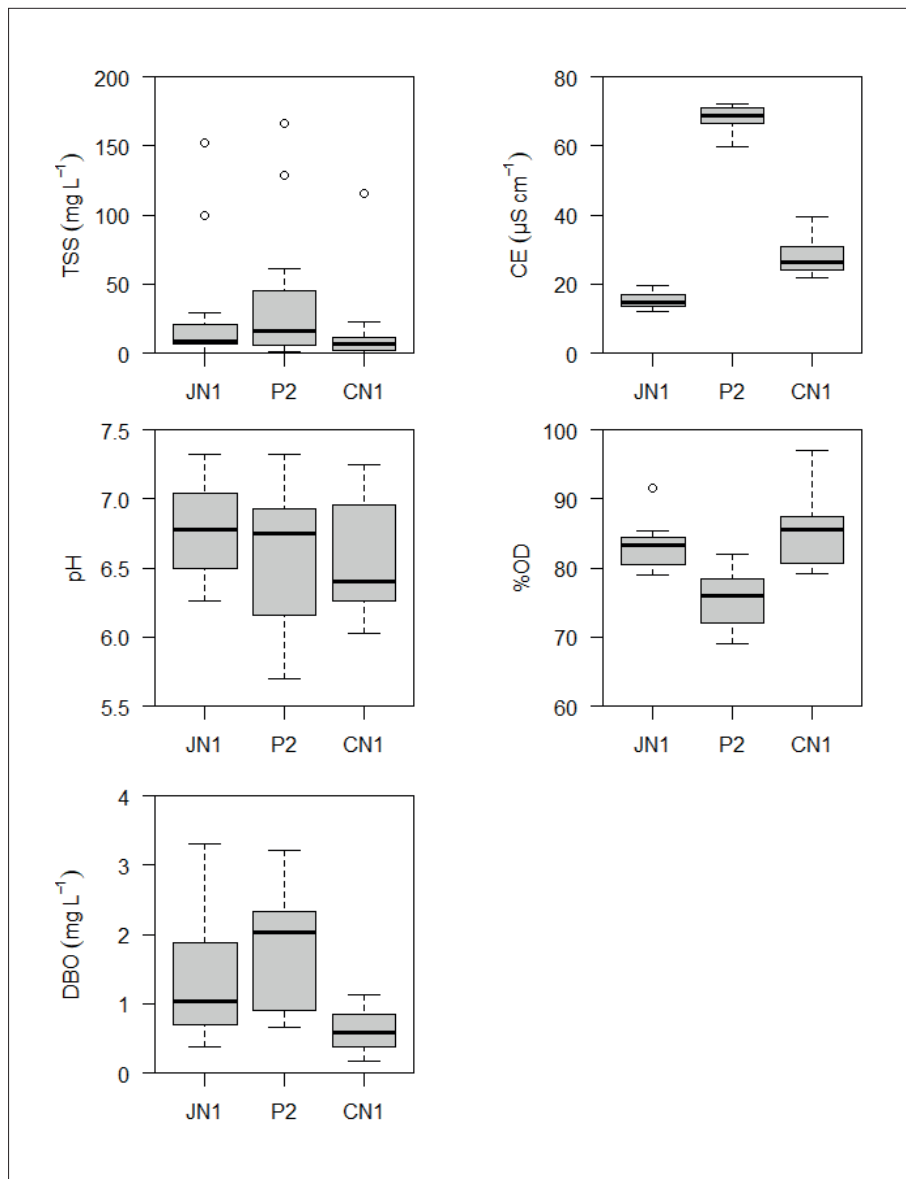


Figura 3. Box Plot dos dados mensais de 2015 da condutividade elétrica (CE), pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e total de sedimentos em suspensão (TSS) nas microbacias estudadas JN1, P2 e CN1.

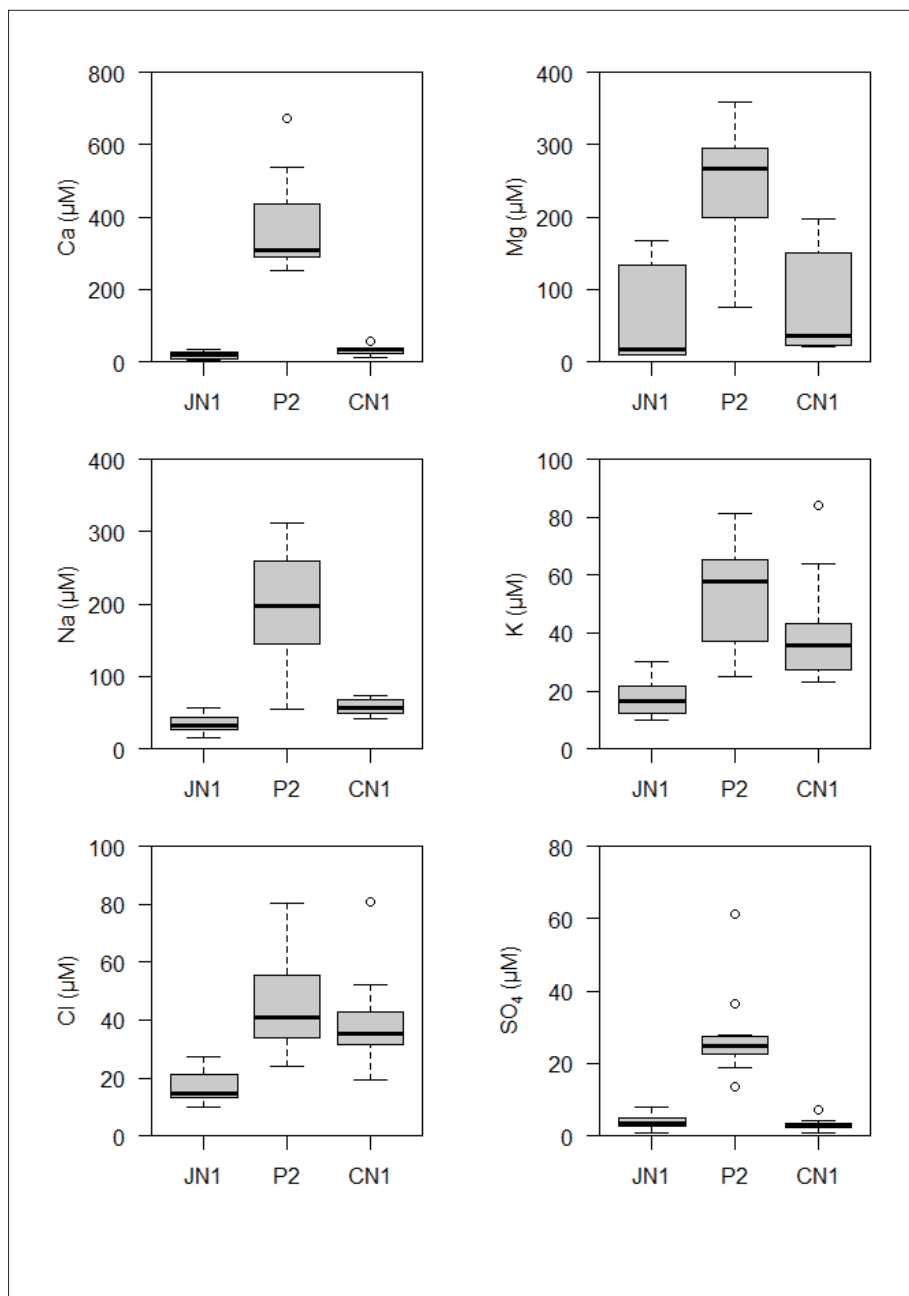


Figura 4. Box Plot dos dados mensais de 2015 das concentrações dos íons maiores Ca, Mg, Na, K, Cl e SO₄ nas microbacias estudadas JN1, P2 e CN1.

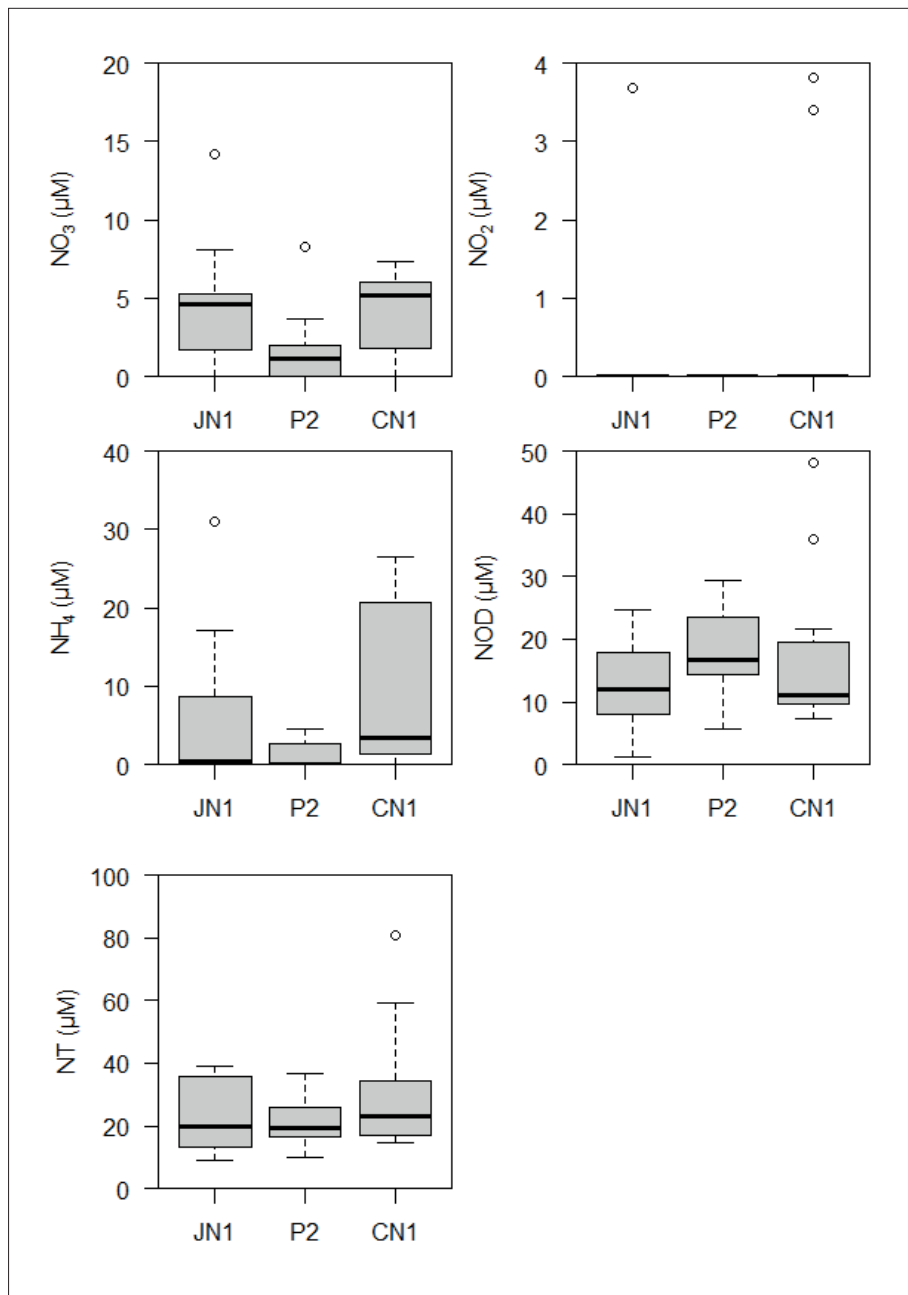


Figura 5. Box Plot dos dados mensais de 2015 das concentrações de nitrogênio (NO₃, NO₂, NH₄, NOD e NT) nas microbacias estudadas JN1, P2 e CN1.

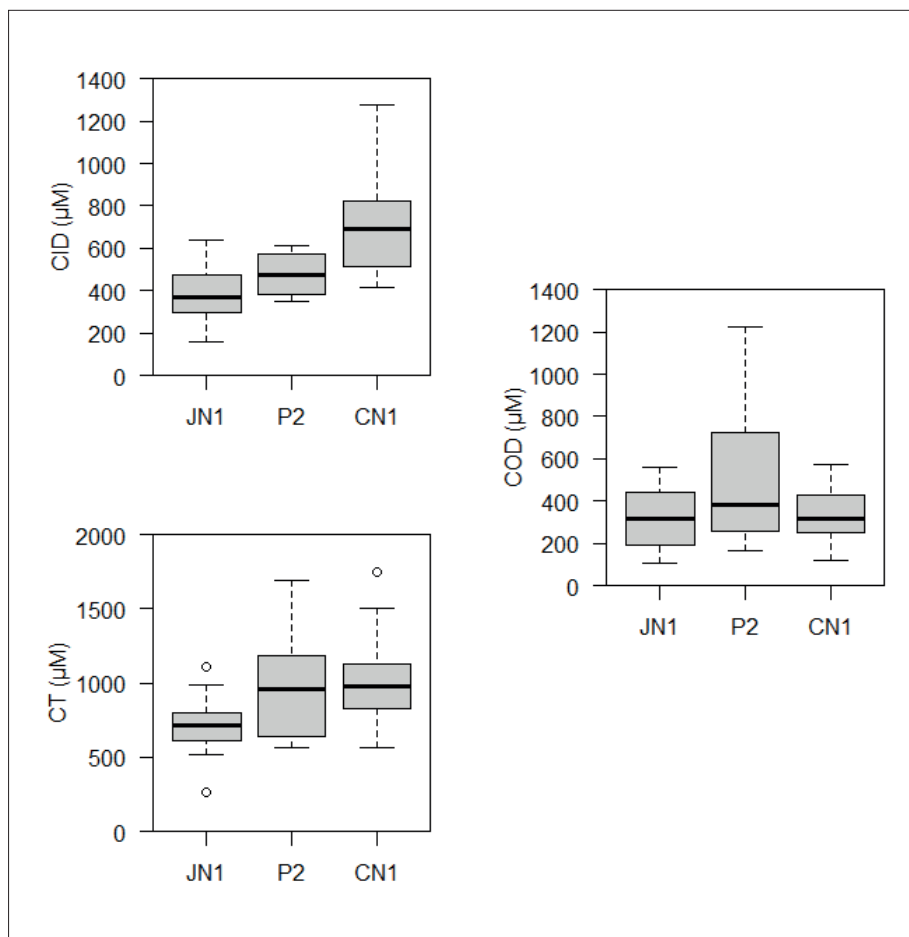


Figura 6. Box Plot dos dados mensais de 2015 das concentrações de carbono (CID, COD e CT) nas microbacias estudadas JN1, P2 e CN1.

Embrapa

Meio Ambiente

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL