



## HIDROGEOQUÍMICA FLUVIAL NOS EXUTÓRIOS DE DUAS MICROBACIAS NO ÂMBITO DE UM PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM EXTREMA/MG

Matheus Martins **Simioli**<sup>1</sup>; Talita Varela Utsuni de Camargo **Jesus**<sup>2</sup>, Ricardo de Oliveira **Figueiredo**<sup>3</sup>

Nº 18410

**RESUMO** – Considerando um conjunto de ações do município de Extrema (MG) para recuperação ambiental e melhoria dos recursos hídricos, abrangendo as microbacias dos ribeirões das Posses (PS) e Salto de Cima (SC), está em curso o monitoramento hidrogeoquímico para avaliar as possíveis melhorias decorrentes dessas ações de recuperação. Tratam-se de microbacias com áreas de drenagem de 1.200 ha e 1.500 ha, PS e SC respectivamente, que contribuem para o rio Jaguari e para o Sistema Cantareira. As avaliações realizadas no período de março de 2017 a fevereiro de 2018 consideram os parâmetros temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TSD), concentração de sedimentos em suspensão (CSS) e a vazão fluvial (Q), em trechos de foz dos dois ribeirões monitorados, cujas microbacias encontram-se em estágios diferenciados no processo de recuperação ambiental. Os resultados obtidos até o momento apontam para valores menos desejáveis de CE no PS em relação ao SC. Este fato demonstra, ainda que de forma preliminar, que a recuperação das condições ambientais no PS fez com que o mesmo atingisse quase as mesmas condições do SC, cujo processo de recuperação, embora iniciado posteriormente, partiu de melhores condições em sua área de abrangência florestal. Assim conclui-se que as microbacias estão em processo de recuperação, pois os parâmetros de qualidade de água de ambas, com exceção de CE, são similares e não apresentam valores fora dos níveis aceitáveis. As práticas de recuperação adotadas podem assim ser recomendadas para outras microbacias da região.

**Palavras-chaves:** Qualidade de água, recursos hídricos, parâmetros físico-químicos, crise hídrica.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Biologia, PUCC, Campinas-SP; matheussimas13@hotmail.com

2 Bolsista Treinamento Técnico FAPESP, Estagiária na Embrapa Meio Ambiente: Bióloga, UEMS, Dourados-MS.

3 Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; ricardo.figueiredo@embrapa.com.br



**ABSTRACT** – *Considering that there is an effort of the municipal government of Extrema for environmental restoration and the improvement of the quality and quantity of water resources that embrace the catchments of Posses (PS) and Salto de Cima (SC) streams, which drainage areas are 1,200 and 1,500 ha, respectively, and contribute to the Jaguari River and the Cantareira System, it is on progress a hydrogeochemical monitoring to evaluate possible environmental improvements as response to the recuperation activities that are under way. These evaluations consider the parameters temperature (T), dissolved oxygen (DO), hydrogen potential (pH), electric conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), concentration of suspended sediments (CSS) and discharge (Q), in the outlets of the two monitored streams, which catchments are in different stages of environmental recuperation process. The results point to less desirable values of EC and pH in the Posses stream (PS) in relation to the Salto de Cima stream (SC). This fact demonstrates, albeit in a preliminary way, that the initiated recovery of the environmental conditions in PS has resulted that PS reached almost in the same SC conditions, which recovery process although began afterwards, it started from better conditions regarding its forest coverage area. It is concluded that the catchments are in a process of recovery, since the water quality data of both, with the exception of EC, are similar and do not present values outside the acceptable levels. The adopted recovery practices may thus be recommended for other catchments in the region.*

**Keywords:** Water quality, water resources, physical-chemical parameters, water crisis.

## 1. INTRODUÇÃO

As consequências das reduções da precipitação pluviométrica, associada ao aquecimento de cerca de 0,7°C observado nos últimos cinquenta anos no Brasil (Marengo et al., 2011), tem ocasionado impacto no escoamento hídrico. Tal assunto preocupa a comunidade científica, uma vez que a sociedade é dependente da disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, nas bacias hidrográficas. Alterações biogeoquímicas em bacias impactadas pelas mudanças de uso da terra tem sido demonstradas em diversos estudos (Biggs et al., 2002, Figueiredo et al., 2010). Tais mudanças alteram a capacidade do meio em comportar comunidades bióticas (Ometto et al., 2000) e prejudica a qualidade das águas captadas para utilização múltipla pela sociedade.

Os estados de Minas Gerais e São Paulo sofreram nos anos de 2014 a 2016 uma grave crise hídrica (Soriano et al. 2016). A crise afetou grandemente os estoques hídricos dos



reservatórios do Sistema Cantareira, o qual reverte até 31 mil litros de água por segundo para o abastecimento de 8,8 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo (Agência das Bacias PCJ, 2011). Por sua vez, a bacia do Rio Jaguari possui uma área total de 4.320 km<sup>2</sup>, dos quais 70,4% se localizam em São Paulo e o restante em Minas Gerais. O Jaguari, importante formador do Rio Piracicaba, é fundamental no suprimento dos reservatórios do Sistema Cantareira, e possui muitas nascentes de sua bacia localizadas no extremo sul mineiro, destacando-se os municípios de Camanducaia e Extrema (Agência das Bacias PCJ, 2011). Dessa maneira, é importante que sejam estudadas tais áreas de cabeceira e nascentes, que contribuem significativamente para o abastecimento do Sistema Cantareira.

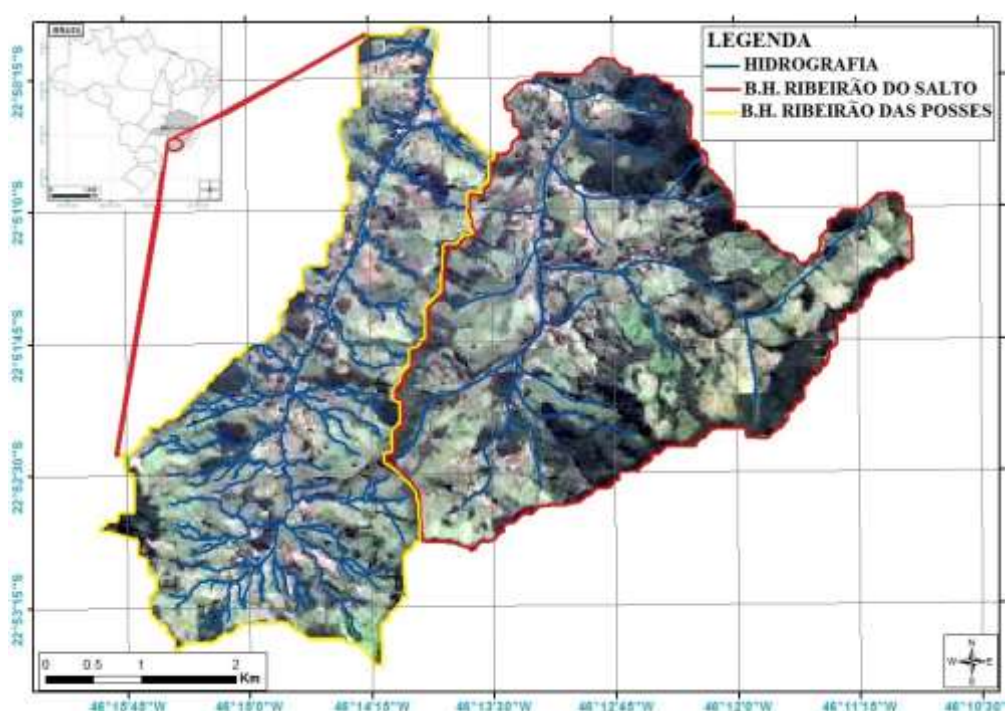
A serra, onde localizam-se essas áreas, recebeu o nome de Mantiqueira, cujo significado no idioma tupi-guarani é "local onde nasce a água", designação decorrente da existência de inúmeras nascentes (Pereira et al. 2010). Nessa região a vegetação original do Bioma Mata Atlântica, responsável pela conservação das águas, apresenta hoje, além de alguns poucos remanescentes florestais, amplas áreas ocupadas por cultivos agrícolas, florestas plantadas e principalmente por pastagens. Nesse contexto, o município de Extrema tem adotado políticas de recuperação ambiental para promover a prestação de serviços ambientais hídricos em suas microbacias por meio da revegetação de áreas de preservação permanente (APPs), adoção de práticas conservacionistas de solo, e adequação de estradas vicinais (Pereira et al. 2010). Para avaliar possíveis melhorias na qualidade dos recursos hídricos em processo de recuperação, foi estabelecido o monitoramento hidrológico de duas microbacias. Esse monitoramento visa a caracterização da hidrogeoquímica fluvial das microbacias, uma ferramenta de grande utilidade para avaliar os processos biofísicos, as condições de sustentabilidade das atividades produtivas no meio rural e os impactos decorrentes das mudanças de uso da terra (Moldan e Cerný, 1994).

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar as diferenças no comportamento de parâmetros hidrogeoquímicos das águas fluviais das microbacias do Ribeirão das Posses e do Ribeirão Salto de Cima e verificar a eficiência das atividades de recuperação ambiental realizadas. Tratam-se duas microbacias, cujo ribeirões abrigam importantes nascentes para a Bacia do Rio Jaguari, e se encontram em estágios diferenciados de degradação, conforme diagnóstico ambiental do programa de política pública municipal - o Conservador das Águas (Pereira et al. 2016, Reis 2018). Além disso as atividades de recuperação das duas microbacias estudadas foram iniciadas em momentos diferentes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A Microbacia do Ribeirão das Posses (PS), possui aproximadamente 1.200 hectares, e está localizada entre as latitudes 22°49'45"S e 22°53'30"S e as longitudes 46°14'00"W e 46°15'30"W. Já a Microbacia do Ribeirão Salto de Cima (SC), com cerca de 1.500 hectares, está localizada entre as latitudes 22°50'00"S e 22°53'00"S e as longitudes 46°11'00"W e 46°14'15"W (Figura 1). As duas microbacias hidrográficas são contíguas e localizam-se no município de Extrema (MG), sendo tributárias da Bacia do Rio Jaguari, estando assim inseridas na área geopolítica de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ). As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nos exutórios das bacias são: PS - 22°49'54,9"S e 46°13'48,7"O; SC - 22°50'16,5"S e 46°13'05,9"O.



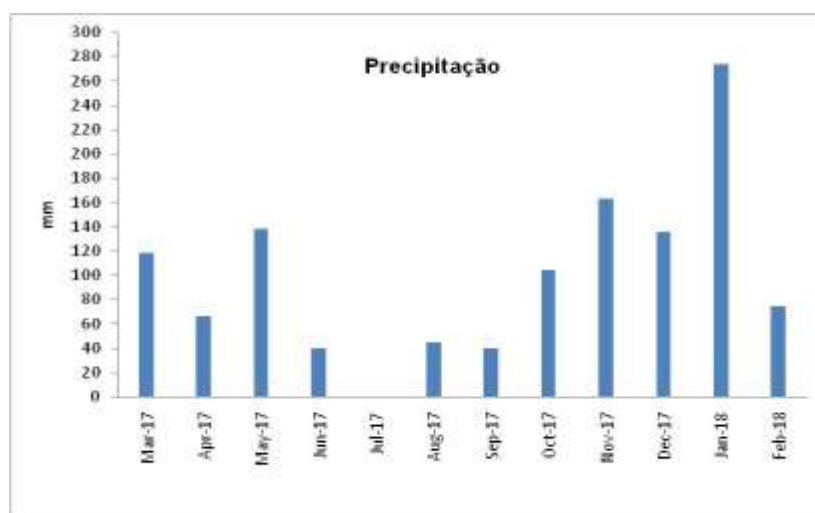
**Figura 1.** Localização das duas microbacias avaliadas no município de Extrema (MG).

(Fonte: Figueiredo, 2016)

As microbacias PS e SC possuem clima do tipo Cwb (classificação de Köppen), clima subtropical de altitude com inverno seco e verão ameno. Segundo Lima (2013) a altitude na PS varia de 1.144 a 1.739 m. Em PS a média das temperaturas no inverno e no verão são respectivamente 13,1°C e 25,6°C, e a precipitação média anual é de 1.477 mm (ANA, 2008). Já na

bacia SC, a precipitação média anual é de 1.181 mm (ANA, 2008) e a altitude média de 1.130m e vegetação de Mata Atlântica (Oliveira et al., 2012). A chuva ao longo dos doze meses desse estudo totalizou 1.199 mm, segundo dados da estação meteorológica do CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas) localizada no município de Extrema (coordenadas 22°51'07,21"S e 46°19'34,64"W). Os valores dos totais mensais de chuva estão no gráfico da Figura 2.

Quanto à fitofisionomia da área de estudo, predominam a Mata Atlântica e as Florestas Semidecíduas (Leitão-Filho, 1982). Na PS existem mais de 100 propriedades rurais, as quais adotam atividades agrícolas de subsistência e pecuária de leite, sendo comercializada apenas uma fração de sua produção localmente. O uso da terra predominante é a pastagem (76% da área total da bacia), muitas delas altamente degradadas e com lotação de gado acima da capacidade de suporte, segundo Silva et al. (2008). Para a bacia contígua (SC) as informações relacionadas ao uso da terra ainda estão sendo levantadas.



**Figura 2.** Chuva mensal total nos doze meses estudados segundo o CIIAGRI.

Ambas as microbacias, PS e SC, estão incluídas em um programa de recuperação ambiental e encontram-se em estágios diferenciados no processo de recuperação ambiental, que visa proporcionar a prestação de serviços ambientais hídricos. As principais práticas adotadas para recuperação ambiental das microbacias são: a revegetação das áreas de APPs, a adoção de práticas conservacionistas de solo (formação de tabuleiros, barraginhas e outras), e a adequação de estradas vicinais. Na PS, microbacia mais impactada no município e por este motivo escolhida para iniciar este programa, as práticas de intervenção iniciaram-se em 2007, enquanto em SC esse início se deu em 2009 (Pereira et al. 2016).





A vazão nos exutórios dos ribeirões vem sendo medida pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica, do Estado de São Paulo). No entanto, o equipamento utilizado pelo DAEE no ribeirão Salto de Cima não funcionou a contento durante o período estudado, de forma que foram obtidas apenas as medidas de vazão do ribeirão das Posses. Esses dados foram trabalhados e consistidos pelo parceiro de projeto da Embrapa, o IAG-USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Universidade de São Paulo), e assim disponibilizados para as equipes de pesquisa que atuam nessas microbacias em Extrema.

## 2.2. Atividades no campo e no laboratório

Nos trechos fluviais imediatamente a montante do exutório dos ribeirões, evitando-se o refluxo do rio Jaguari, onde ambos ribeirões deságuam, foram realizadas medidas de parâmetros hidrobiogeoquímicos, a cada duas semanas, no período de 08/03/2017 a 21/02/2018, num total de 26 campanhas de campo, utilizando uma sonda multiparamétrica (*YSI Professional Plus*), são eles: temperatura (T), condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (TSD), potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (%OD) (CETESB, 1978). A sonda foi mergulhada a 20 cm de profundidade no centro da corrente. Nas mesmas ocasiões foram coletadas amostras utilizando frascos plásticos para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão (CSS).

No laboratório a CSS foi medida por meio de filtração de um volume conhecido (variando de 50 a 150 mL conforme a quantidade de sedimento na amostra), 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  $\mu\text{m}$ ), 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 4 casas decimais (*Ohaus Adventure AR2140*).

## 2.3. Tratamento de dados

Os valores de Q, T, CE, TSD, pH, %OD e CSS (n = 26 em cada microbacia) foram tabulados em planilha eletrônica e foram dispostos em gráficos, no *software MS Excel*, de acordo com a variação temporal desses parâmetros em cada um dos cursos d'água estudados. Em seguida esses dados foram tratados estatisticamente no programa *PAST version 2.17c* (Hammer et al. 2001), para a geração de gráficos do tipo *box plot* (diagrama de caixa) para cada uma das



variáveis estudadas, e assim facilitar a comparação dos resultados em cada ribeirão relativos a cada variável separadamente.

Nesses gráficos do tipo *box plot* para cada parâmetro, os quartis de 25-75% são desenhados usando uma caixa. A mediana é mostrada com uma linha horizontal dentro da caixa. A reta (*whisker* ou fio de bigode), que estende-se horizontalmente a partir da caixa, indica a variabilidade fora do quartil superior e do quartil inferior. Os valores máximo e mínimo são mostrados com linhas verticais curtas. Os valores atípicos ou discrepantes (*outliers*) são identificados por pontos (círculos são valores fora dos limites internos e estrelas são valores menores ou maiores do que três vezes os limites dos quartis).

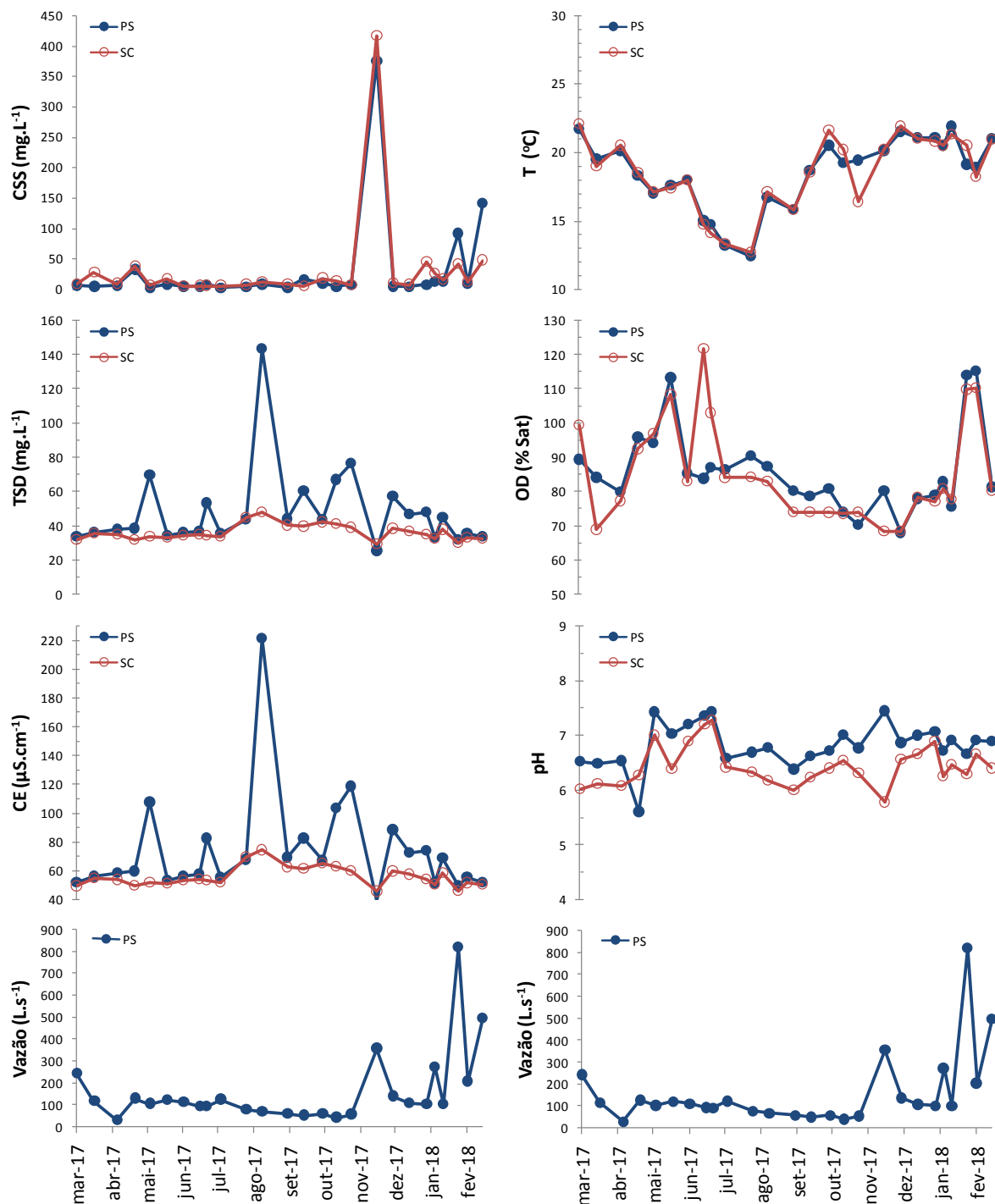
Ressalta-se que não foram aplicados testes estatísticos inferenciais, e portanto, as diferenças observadas nos resultados não são consideradas significativas. No entanto, comparando-se os gráficos *box plot*, pode-se observar quais variáveis apresentaram maiores diferenças, ainda que não significativas, entre as duas microbacias. Assim como também, a magnitude dos desvios padrão indica dentre os parâmetros estudados aqueles que apresentam maior variabilidade nas microbacias avaliadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Ribeirão das Posses (PS) as médias ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros medidos ao longo dos doze meses foram as seguintes: T = 18,6 ( $\pm$ 2,6) °C; OD = 85,9 ( $\pm$ 12,5) %; pH = 6,8 ( $\pm$ 0,4); CE = 74 ( $\pm$ 36)  $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>; TSD = 48,0 ( $\pm$ 23,3) mg.L<sup>-1</sup>; CSS = 30,8 ( $\pm$ 76,7) mg.L<sup>-1</sup>; Q = 160 ( $\pm$ 171) L.s<sup>-1</sup>.

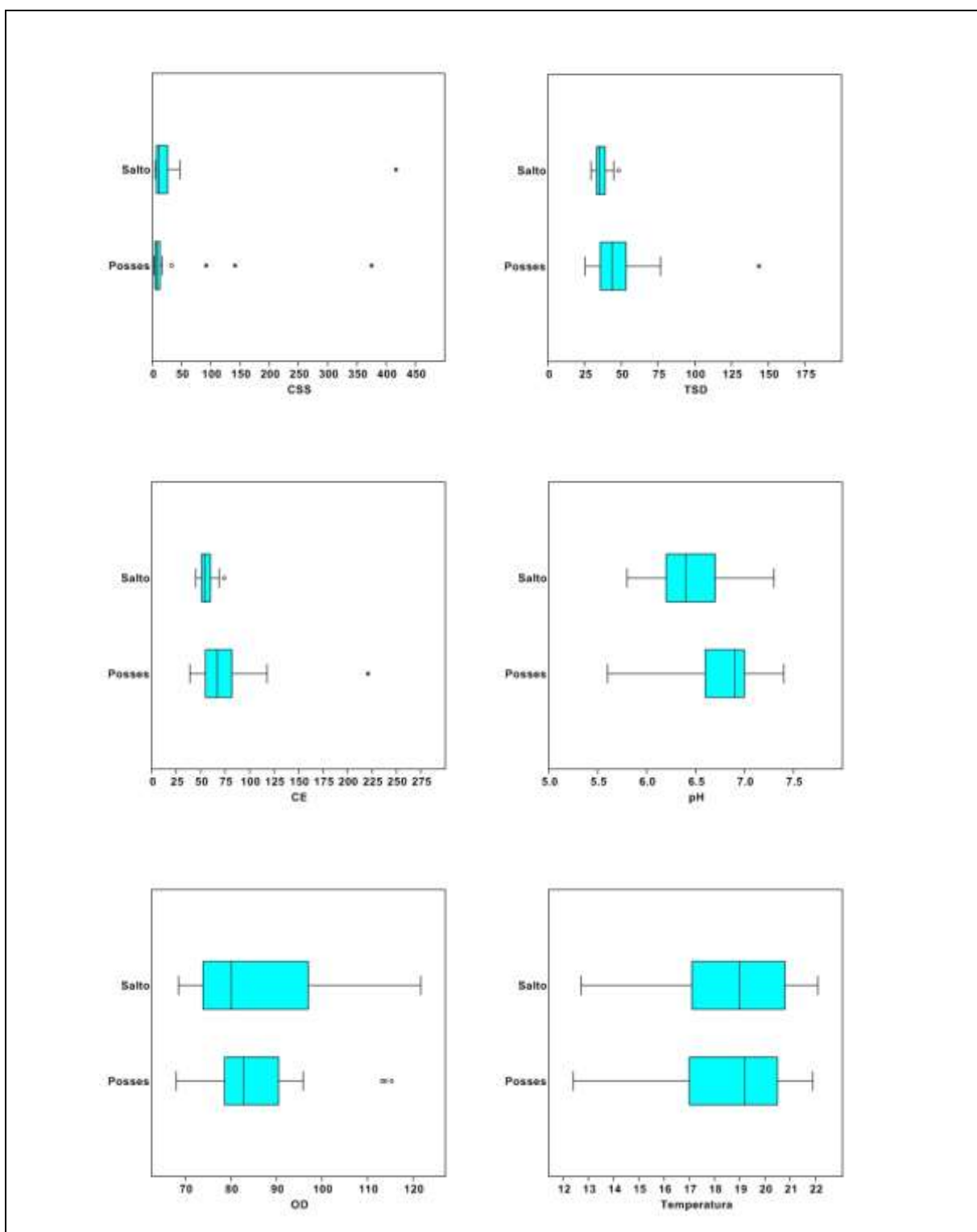
No Ribeirão Salto de Cima (SC) as médias ( $\pm$  desvio padrão) dos parâmetros medidos ao longo do mesmo período foram as seguintes: T = 18,6 ( $\pm$ 2,7) °C; OD = 84,8 ( $\pm$ 14,8) %; pH = 6,4 ( $\pm$ 0,4); CE = 56 ( $\pm$ 7)  $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>; TSD = 36,2 ( $\pm$ 4,5) mg.L<sup>-1</sup>; CSS = 31,6 ( $\pm$ 79,6) mg.L<sup>-1</sup>.

A variação temporal dos parâmetros ao longo dos doze meses monitorados pode ser observada na Figura 3 para os ribeirões das Posses (PS) e Salto de Cima (SC), com repetição do gráfico da vazão para melhor comparação com os demais parâmetros. Na Figura 4, por sua vez, são apresentados em gráficos do tipo *box plot* (diagrama de caixa) os valores de medianas, quartis (25-75%), máximos e mínimos (linhas horizontais curtas), e os dados discrepantes (*outliers*), relativos ao mesmo período de amostragem. Nessa figura pode-se observar mais claramente as diferenças e semelhanças de PS e SC em relação aos parâmetros monitorados nesse estudo.



**Figura 3.** Variação temporal (08/03/17 a 21/02/18) nos ribeirões das Posses (PS) e Salto de Cima (SC) dos seguintes parâmetros: concentração de sedimentos em suspensão (CSS) em mg.L<sup>-1</sup>; total de sólidos dissolvidos (TSD) em mg.L<sup>-1</sup>; condutividade elétrica (CE) em μS.cm<sup>-1</sup>; temperatura (T) em °C; oxigênio dissolvido (OD) em percentual de saturação; pH; e vazão (Q) em L.s<sup>-1</sup>.





**Figura 4.** Box plot de concentração de sedimentos em suspensão (CSS) em mg L<sup>-1</sup>; total de sólidos em suspensão (TSS) em mg L<sup>-1</sup>; condutividade elétrica (CE) em μS.cm<sup>-1</sup>; oxigênio dissolvido (OD) em percentual de saturação e temperatura (T) em °C, nos ribeirões das Posses e Salto de Cima.



A variação temporal da concentração de sedimentos em suspensão (CSS), observada na Figura 3, apresenta picos em novembro em ambas microbacias. Esses valores máximos de CSS (375,0 mg.L<sup>-1</sup> em PS e 416,7 mg.L<sup>-1</sup> em SC) coincidem com a terceira maior vazão (357 L.s<sup>-1</sup> registrada em PS), valor alto considerando a média de 160 L.s<sup>-1</sup>. Nos dias em que ocorrem os dois maiores picos de vazão (819 e 497 L.s<sup>-1</sup>, em janeiro e fevereiro respectivamente) ocorre em PS picos de CSS (92,2 e 141,7 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente), porém mais modestos do que o registrado em novembro. Trata-se de valores bem acima da média em PS (30,8 mg.L<sup>-1</sup>), fato que refletiu-se em desvio padrão elevado ( $\pm 76,7$ ). Constata-se assim a importância de grandes vazões para o transporte de maiores quantidades de sedimentos no ribeirão, oriundos do aporte de solos ocasionado pela erosão na área terrestre da bacia. Embora os maiores ocorrências de picos de CSS tenham sido em PS, as médias e desvios padrão deste parâmetro em PS e SC são quase similares. Por outro lado, o gráfico *box plot* (Figura 4), que desconsidera os *outliers* no cálculo das medianas e quartis, essas métricas são menores no PS do que em SC, o que sugere que PS apresenta ao longo do ano menor transporte de sedimentos do que SC.

No entanto, para o TSD ocorre exatamente o inverso do que observa-se para CSS. Na Figura 3 pode-se visualizar alguns picos de TSD no PS, com destaque para o ocorrido em agosto, os quais não acompanham o comportamento estável de um período de baixa Q. De maneira geral, os valores mais elevados de TSD em PS em relação ao SC resultaram em média e desvio padrão maiores, assim como a mediana e o intervalo dos quartis (Figura 4).

Comparando-se os valores anteriormente apresentados de CSS e TSD observa-se um maior transporte de material dissolvido do que o material particulado em ambas as microbacias. Isso demonstra o predomínio de processos de intemperismo químico em relação ao intemperismo físico. Ressalta-se que o material dissolvido é transportado em maiores concentrações no PS, mas o material particulado é transportado em maiores concentrações no SC.

Quando se avalia os valores de Condutividade Elétrica (CE) constata-se maior média, mediana e intervalo interquartil (Figura 4) no PS. Sua variação temporal segue o mesmo padrão de TSD, uma vez que esse parâmetro é calculado pelo equipamento a partir da aplicação de um fator de correlação sobre o valor medido de CE. Constata-se que ao longo do período estudado o PS apresentou CE maior do que SC, incluindo picos elevados. Em SC observa-se certo aumento de CE em função da diminuição da vazão que por sua vez promove menor diluição dos solutos presentes nos fluxos subsuperficiais, que é a etapa do ciclo hidrológico mais importante durante a estiagem para suprir a corrente do canal fluvial.



Os picos elevados de CE em PS apontam para a possibilidade da ocorrência de fonte pontual poluidora nessa microbacia promovendo aumento nas concentrações de cátions e ânions no ribeirão, as quais serão determinadas por meio das análises laboratoriais em andamento pelo projeto maior que abriga o presente trabalho. Em geral, níveis de CE superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados (CETESB, 1978). É de conhecimento da equipe que instalações da produção leiteira - pequenos currais e queijarias artesanais, por exemplo - eventualmente realizam limpeza cujos fluxos de efluentes pode chegar a adentrar os ribeirões e córregos na região. Pesquisas mais específicas precisam ser conduzidas para verificar esta hipótese, inclusive para alertar à liderança do programa municipal de recuperação ambiental, que essas práticas não adequadas de produção poderão comprometer o pleno sucesso deste programa.

Quanto ao oxigênio dissolvido (OD) foi observada certa variação temporal em, com valores de 68,0 a 115,3 % em PS e de 68,5 a 121,7 % em SC (Figura 3), sendo que durante o período de vazões mais baixas (41 a 57  $\text{L s}^{-1}$  em PS) nos meses de setembro a dezembro o oxigênio dissolvido manteve-se com baixos percentuais de saturação, chegando a 68,0 %. É nesse período que as correntes fluviais foram mais lênticas, facilitando o aumento das concentrações de nutrientes disponíveis para microbiota aquática, o que promove um maior consumo de oxigênio presente na água e por consequência queda na qualidade da água. No entanto, a média anual apresentou valor satisfatório (85,9% em PS e 84,8% em SC), não acusando grande problema em relação à qualidade da água, apesar da leve queda relatada, a qual ainda se encontra nos limites preconizados pelo CONAMA para as águas de classe 2 (CONAMA, 2015).

Além disso, o gráfico *box plot* (Figura 4) revela medianas das duas microbacias quase similares e um maior intervalo do quartil em SC, o que demonstra uma variabilidade maior nessa microbacia. Por sua vez, a Figura 4 revela uma menor variabilidade de OD, se desconsiderados os *outliers*, cujos valores resultam de períodos de maior turbulência da corrente fluvial em função de eventos de chuva, nem sempre refletidos nas medidas diárias de vazão (Figura 3), mas em coerência com os totais mensais de chuva (Figura 2),

A Temperatura (T) variou de 12,4 a 21,9 °C em PS e 12,7 a 22,1 °C em SC (Figura 3), acompanhando as diferentes temperaturas das estações do ano (valores mais baixos no inverno), mas com desvio padrão que pode ser considerado baixo (2,6 °C em PS e 2,7 °C em SC). Além das médias similares de T em PS e SC (18,6 °C em ambas microbacias), as métricas reveladas no gráfico *box plot* apresentam também grande similaridade entre as microbacias (Figura 4).



No gráfico da figura 3 observa-se que o pH não variou muito em PS (5,6 a 7,4), sendo que o valor mínimo (5,6) esteve bem abaixo do segundo menor valor (6,4). Não fora essa medida pontual a variação de pH teria sido de apenas 6,4 a 7,4, o que demonstra, juntamente com o baixo desvio padrão (0,4), uma pequena variabilidade sazonal e ausência de efeito maior sobre o pH em relação ao uso da terra praticado na bacia. Também em SC, o pH apresentou pequena variação (de 5,8 a 7,3), mas com média um pouco menor (6,4) comparada com o pH médio em PS (6,8). Da mesma forma que para o PS, essa média de pH e o baixo desvio padrão (0,4) no SC, sugere ausência de algum efeito maior sobre o pH relacionado ao uso da terra em sua microbacia. As métricas apresentadas no *box plot* (Figura 4) ainda revelam essa similaridade de pH nas microbacias. Quanto aos limites de qualidade de água de classe 2 (CONAMA, 2005), apenas em duas ocasiões o pH esteve ligeiramente abaixo do limite de 6,0, fato que não denota impacto importante.

#### 4. CONCLUSÃO

Com exceção dos valores elevados de Condutividade Elétrica registrados pontualmente no Ribeirão das Posses, não foram observadas outras diferenças importantes no comportamento de parâmetros hidrogeoquímicos ou comprometimento maior em termos de qualidade de água nas microbacias avaliadas. Dessa maneira, ambas as microbacias, embora em estágios diferenciados de recuperação (PS mais impactada, mas com práticas de intervenção iniciadas dois anos antes em relação à SC) apresentaram certa similaridade no tocante a qualidade de suas águas. Considerando que as duas microbacias contribuem para o Rio Jaguari e conseqüentemente para o Sistema Cantareira, pode-se concluir que a recuperação ambiental executada através da política pública municipal adotada está contribuindo para a melhoria das condições hidrológicas desse importante sistema de reservatórios e para o suprimento hídrico das bacias PCJ.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa PIBIC (146107/2016-0) para Matheus Simioli, à FAPESP pela bolsa TT3 para Thalita Jesus (2016/20335-5), assim como pelo apoio financeiro da FAPESP (2016/02890-1) e da EMBRAPA (02.14.21.002), e também pelo apoio no campo por Paulo Rossi (EMBRAPA) e no laboratório por Dagmar Oliveira (EMBRAPA).



## 6. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. 2011. **Relatório da Gestão e Situação das Bacias PCJ 2011**, <http://www.comitepcj.sp.gov.br/comitespcj.htm>
- Agência Nacional de Águas – ANA. **Programa Produtor de Água**. ANA: Brasília. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 08 ago. 2008.
- BIGGS T.W.; DUNNE T.; DOMIGUES, 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**, 38(8), 2002.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Análise físico-química das águas**. São Paulo: CETESB. Normalização técnica NT-07, 1978. 340 p.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), Resolução nº357, de 17 de março de 2005.
- FIGUEIREDO, R.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, p. G0400, 2010.
- FIGUEIREDO, R.O. Projeto: Impacto das Mudanças Climáticas sobre a Hidrobiogeoquímica de duas Pequenas Bacias Contribuintes do Sistema Cantareira em Área Atendida por Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (FAPESP - Processo 2016/02890-1), 2016. 21p.
- LEITÃO FILHO, H.F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, Piracicaba, n.16, p.197-206,1982.
- MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; CHOU, S.C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L.M.; OBREGÓN, G.O.; SOARES, W.R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**. 2011, 56p.
- MOLDAN, B.; CERNÝ, J. (Ed). **Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. 419p.
- OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; LIMA, G. C.; PEREIRA, P. H. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG. Seminário, v. 33, n. 1, p. 143-154, jan./mar. 2012.
- OMETTO, J.P.H.B; MARTINELLI, L.A.; BALLESTTER, M.V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A.V.; VICTORIA, R.L.; E WILLIAMS, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba River Basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, 44:327-337, 2000.
- PEREIRA, P.H.; CORTEZ, B.A.; OMURA, P.A.C.; ARANTES, L.G.C. **Projeto Conservador das Águas**, Prefeitura Municipal de Extrema, 2016. 37p.
- PEREIRA, P.H.; CORTEZ, B.A.; TRINDADE, T.; MAZOCHI, M.N. **Conservador das Águas - 5 Anos**, Dep. Meio Ambiente Extrema - MG, 2010. 68p.
- REIS, L.C. Avaliação hidrobiogeoquímica na bacia do Ribeirão das Posses no âmbito do Programa Conservador das Águas, Extrema, MG, 71p. Dissertação - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2018.
- SILVA, M.A.; LIMA, G.C.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; OLIVEIRA, A.H.; SANTOS, W.J.R.; PEREIRA, P.H.; VEIGA, F. Levantamento de solos e diagnóstico da degradação do solo e da água em função do uso. In: Congresso de pós-graduação da UFLA, 17.; 2008, Lavras: UFLA, 2008. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/produagua/>. Acesso em: 02 ago 2014.
- SORIANO, E.; LONDE, L.R.L.; GREGORIO, L.T.; COUTINHO, M.P.; SANTOS, L.B.L. Crise Hídrica em São Paulo sob o Ponto de Vista dos Desastres. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, n.1, p. 21-42. 2016.