

## ANÁLISE LIMNOLÓGICA EM CANAIS DE PEQUENAS BACIAS DE DRENAGEM NO OESTE PAULISTA

Renata Ribeiro de Araújo<sup>1</sup>, Mariana Ribeiro Fernandes<sup>2</sup>, Aline Aparecida dos Santos<sup>3</sup>, Paulo Cesar Rocha<sup>4</sup>, Maria Cristina Rizk<sup>5</sup>

---

Resumo: A pesquisa objetivou investigar a influência da precipitação e do cultivo da cana-de-açúcar sobre a qualidade das águas superficiais. As variáveis oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, fósforo total, fósforo dissolvido, fósforo reativo, amônia e material em suspensão total (orgânico e inorgânico) foram amostradas em dez seções de canais fluviais do Pontal do Paranapanema, oeste do estado de São Paulo, Brasil. As amostragens limnológicas ocorreram nos meses de fevereiro, maio e novembro do ano de 2016, março do ano de 2017 e fevereiro do ano de 2018. As áreas de drenagem contribuintes para cada seção amostral foram delimitadas por vetorização de polígonos a partir de curvas de nível geradas por imagens do Shuttle Radar Topography Mission. As espacializações da cana-de-açúcar para cada sub-bacia foram extraídas do mapeamento temático realizado pelos pesquisadores do Centro de Estudos do Trabalho, Ambiente e Saúde, para o ano de 2016, na escala 1:250.000. Os resultados mostraram que a precipitação é um fator que determina a qualidade da água nos pontos de amostragem, evidenciando a conectividade entre a área de drenagem e os canais fluviais. Por outro lado, a cana-de-açúcar não se apresentou como um fator determinante na qualidade das águas investigadas.

Palavras-chave: qualidade da água, precipitação, cana-de-açúcar

---

### INTRODUÇÃO

Na agricultura brasileira, a cultura que mais se expandiu nos últimos anos em termos de área cultivada foi a cana-de-açúcar, direcionada para a produção de açúcar e principalmente do álcool, em decorrência do aumento dos veículos bicombustíveis (SANTOS, 2011, p. 21).

Barreto e Thomaz Junior (2012) ressaltam que:

No caso da região do Pontal do Paranapanema não é diferente, por meio destes argumentos, estratégias e ideologias, o setor canavieiro tem expandido seus canaviais e consequentemente implantado novas agroindústrias por toda a região. A disponibilidade de terras, a baixa concentração de unidades (se comparar com outras regiões do estado de SP), somados a acessibilidade (eixos rodoviários), torna a região atrativa e favorável para o cultivo dessa monocultura e isso tem atraído muitos investidores de todo o Brasil

---

<sup>1</sup> Professora Assistente Doutora do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP. E-mail: renata.r.araujo@unesp.br

<sup>2</sup> Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP. E-mail: marianaribeiro.f06@gmail.com

<sup>3</sup> Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP. E-mail: aline.ap.as@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP. E-mail: paulo-cesar.rocha@unesp.br

<sup>5</sup> Professora Assistente Doutora do Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente – SP. E-mail: mc.rizk@unesp.br

para a região. Ou seja, o Pontal do Paranapanema é o novo alvo para a expansão do agronegócio canavieiro (BARRETO e THOMAZ JUNIOR, 2012, p. 52).

A agroindústria de açúcar e álcool apresenta inúmeros riscos ampliados, principalmente em relação ao potencial de impactos ambientais como as emissões atmosféricas, contaminação nas águas e no solo. Além de problemas ambientais, a cultura e o processamento da cana geram outros tipos de impactos negativos, dentre esses se destacam os sociais tais como: mudanças no modo produtivo dos municípios inseridos na economia sucroalcooleira; competição com outros cultivos alimentares; concentração da posse da terra e a incorporação de terras de pequenos e médios produtores pelas empresas agrícolas (PIACENTE, 2005).

Segundo Araújo et al. (2017) a região do Pontal do Paranapanema, localizada na região oeste do estado de São Paulo, apresentou expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar de 4.682 km<sup>2</sup> em 2007 para 5.273,08 km<sup>2</sup> em 2013.

As lavouras de cana-de-açúcar expandiram-se principalmente em áreas anteriormente cobertas por pastagens em grandes fazendas, mas elas também tiveram a sua área de cultivo ampliada nos assentamentos rurais (HESPAHOL, 2010).

Estudos realizados por Gonçalves, Rocha e Ferreira (2011), na região do Pontal do Paranapanema, mostraram que em locais com plantio de cana-de-açúcar, sem correto manejo de solo e uso intensivo de agrotóxicos, ocorrem alterações ambientais importantes, tais como: assoreamento de rios, elevação da condutividade elétrica, turbidez e sólidos suspensos em corpos hídricos.

Neste cenário, destaca-se a importância do monitoramento e diagnóstico da qualidade da água para a gestão dos recursos hídricos. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o monitoramento é o conjunto de práticas que visam o acompanhamento de determinadas características de um sistema (MATTHIENSEN et al., 2014).

A qualidade da água de uma região é determinada por processos naturais (intensidade das precipitações, intemperismo, cobertura vegetal) e pela influência antrópica (agricultura, concentração urbana, atividade industrial e uso excessivo da água) (VEGA et al., 1998).

Entre as variáveis limnológicas utilizadas na avaliação da qualidade da água, as quais são diretamente influenciadas pelo uso do solo na bacia de drenagem, destacam-se as concentrações de fósforo, nitrogênio, oxigênio dissolvido e clorofila a, bem como os valores de pH, turbidez e densidade de coliformes fecais e totais (MAROTTA et al., 2008).

SILVA et al. (2008) destacam que as variáveis limnológicas temperatura da água, pH, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos em suspensão, além de discriminar a qualidade dos rios, são as que mais são influenciadas pelas estações do ano.

Neste contexto, pode-se dizer que as investigações da qualidade da água de ambientes fluviais devem ocorrer em consonância com estudos de variáveis hidrológicas e climáticas.

ARAÚJO (2011) indica que as explicações sobre alterações no regime hidrológico apontam para um acréscimo das precipitações na bacia, somado às intensas alterações no uso e cobertura do solo.

Segundo MATTHIENSEN (2017), a agricultura é um dos principais contribuintes para a poluição difusa no meio rural e destaca que:

O excesso de sedimentos nos corpos d'água resulta em elevada turbidez, comprometendo áreas de reprodução de espécies e podendo levar à perda de habitats aquáticos. Pesticidas usados na agricultura são transportados pelas águas superficiais, ameaçando a vida selvagem e silvestre, e a saúde humana das comunidades que fazem uso dessa água (MATTHIENSEN, 2017, p. 50).

Neste sentido, MAROTTA et al. (2008) destacam que:

Por conseguinte, o monitoramento limnológico pode ser considerado um instrumento ao planejamento de atuações tanto preventivas, ao detectar, precocemente, tendências prejudiciais; quanto corretivas, ao possibilitar o diagnóstico da efetiva degradação ecológica e sanitária. As pesquisas subsidiadas por esse monitoramento, se devidamente difundidas e adaptadas às peculiaridades de cada local, resultam em tecnologias e conhecimentos que podem ser aplicados em distintas áreas. O próprio uso humano dos cursos d'água somente deveria ser planejado e viabilizado após a comprovação da possibilidade dos diversos usos pelo monitoramento limnológico (MAROTTA et al., 2008, p. 75 e 76).

Diante do contexto, o objetivo deste artigo foi de analisar dados físicos e químicos da água com dados de precipitação e uso da terra em diferentes ambientes fluviais da região Pontal do Paranapanema, extremo oeste do Estado de São Paulo, Brasil.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento do trabalho, foram delimitadas as áreas de drenagem das sub-bacias, ou seja, as áreas de drenagem contribuintes para cada seção de amostragem limnológica. Para tanto, foi realizada a vetorização de polígonos a partir de curvas de nível geradas por imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). O processo de vetorização das sub-bacias hidrográficas foi realizada no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGis©.

Em relação aos dados de cobertura da terra, e considerando a evolução intensa da apropriação por canais na região, foram extraídos os dados quantitativos da ocupação de cana-de-açúcar em cada área de drenagem contribuinte para cada seção de amostragem por meio dos arquivos vetoriais gerados. A quantificação das áreas de plantio (km<sup>2</sup>) foi realizada no ArcGis©, a partir da ferramenta *tabulate intersection*.

As informações acerca da espacialização da cana-de-açúcar foram extraídas do mapeamento temático realizado pelos pesquisadores do Centro de Estudos do Trabalho, Ambiente e Saúde (CETAS) para o ano de 2016, na escala 1:250.000. Foi escolhido a espacialização para o ano de 2006 tendo em vista que a apropriação por canais na região para os anos 2017 e 2018 não apresentaram mudanças significativas em relação a 2016. Os dados foram organizados e tratados no *software Excel*®.

As informações de qualidade da água foram obtidas em 10 seções de canais fluviais do Pontal do Paranapanema, no estado de São Paulo, Brasil, nos meses de fevereiro, maio e novembro do ano de 2016, março do ano de 2017 e fevereiro do ano de 2018. A Tabela 1 apresenta informações referentes as seções amostrais.

Tabela 1: Informações referentes as seções amostrais estudadas.

Seção	Coordenadas		Nome do curso d'água	Município em que o curso d'água pertence
	X	Y		
1	360.273	7.509.791	Ribeirão Bonito	Teodoro Sampaio
2	352.586	7.510.484	Ribeirão Sedama	Teodoro Sampaio
3	381.948	7.509.982	Ribeirão Cuiabá	Teodoro Sampaio
4	368.501	7.524.306	Ribeirão Cuiabá	Teodoro Sampaio
5	430.236	7.563.755	Ribeirão Vai-e-Vem	Santo Anastácio
6	404.399	7.511.605	Rio Pirapozinho	Sandovalina
7	388.552	7.537.513	Córrego Anhumas	Marabá Paulista
8	383.908	7.544.439	Córrego Anhumas	Marabá Paulista
9	483.175	7.538.117	Ribeirão Laranja Doce	Regente Feijó
10	490.417	7.543.400	Córrego do Burrinho	Regente Feijó

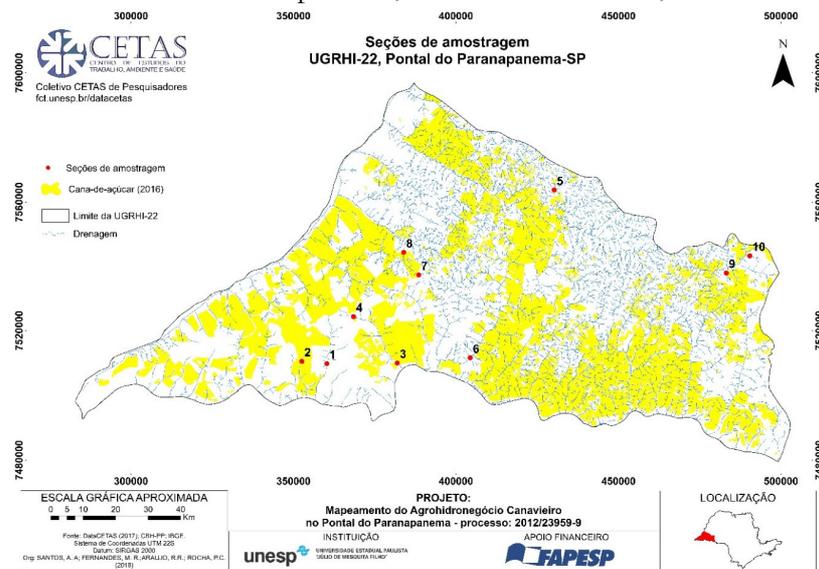
A Figura 1 apresenta as seções amostrais, localizadas na região do Pontal do Paranapanema.

As variáveis limnológicas medidas em campo foram o oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade elétrica (CE). Estas variáveis foram amostradas por meio de uma multisonda paramétrica da marca Hanna Modelo HI 9829.

Para o desenvolvimento dos protocolos laboratoriais, amostras de água foram obtidas nas superfícies das seções amostrais e preservadas em caixas de isopor, armazenadas em frascos de polietileno (5L), para posterior determinação das demais variáveis.

Por meio de protocolos laboratoriais foram medidas as variáveis limnológicas fósforo total (PT), fósforo dissolvido (PD), fósforo reativo solúvel (P-ORTO), N-amoniaco (N-NH<sub>4</sub>), material em suspensão total inorgânico (MI) e material em suspensão total orgânico (MO).

Figura 1: Localização das seções de amostrais de variáveis limnológicas em canais fluviais do Pontal do Paranapanema, estado de São Paulo, Brasil.



Em laboratório, as amostras de águas foram filtradas e preservadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ , em frascos de polietileno (500ml), para posterior determinação das formas dissolvidas de fósforo dissolvido e fósforo reativo solúvel. Da mesma forma, a água não filtrada foi preservada em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ , em frascos de polietileno (500 ml), para posterior determinação das concentrações de fósforo total. As frações de fósforo total e de fósforo dissolvido foram quantificadas após a digestão, na presença de um catalisador, em autoclave e posterior reação com adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro a 882 nm (MACKERETH et al., 1978). O fósforo reativo solúvel ou ortofosfato também foi obtido após reação com molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico e posterior leitura em espectrofotômetro a 882 nm (MACKERETH et al., 1978).

A determinação de nitrogênio amoniacal foi feita pelo método de Koroleff (1976), no qual, em meio alcalino, adiciona-se solução de fenol e solução diluída de hipoclorito de sódio nas amostras para posterior leitura em espectrofotômetro a 630 nm.

Para a determinação das frações de materiais em suspensão total orgânico e inorgânico, amostras de águas foram filtradas em membranas Whatman GF/C, e os filtros armazenados em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior determinação das concentrações por gravimetria de acordo com Wetzel e Likens (1991). Os resultados foram tabulados no software *Microsoft Excel* 2013 e posteriormente para o *software Statistica* versão 13.0 para a execução da análise descritiva dos dados obtidos.

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos a partir de informações coletadas junto a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) referentes aos locais de amostragem no Pontal do Paranapanema/SP. Foram utilizados o acumulado de precipitação de 10 dias anteriores a cada coleta limnológica.

A Análise de Componentes Principais (ACP) (GAUCH, 1994) foi aplicada as variáveis: precipitação pluviométrica (acumulada nos dez dias anteriores a amostragem limnológica), oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, fósforo total, fósforo dissolvido, fósforo reativo solúvel, amônia, material em suspensão total inorgânico e material em suspensão total orgânico. Os valores dos parâmetros limnológicos, exceto os do pH, foram log transformados (base dez), para linearizar as relações e reduzir o efeito de valores elevados. Para avaliar os eixos a serem retidos para interpretação foi utilizado o modelo de *broken-stick* (JACKSON, 1993).

A análise estatística exploratória foi aplicada com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados e avaliar possíveis padrões das variáveis limnológicas e precipitação: i) na ordenação temporal, em relação aos períodos amostrados; ii) e na ordenação espacial, em relação a quantidade de área com presença de cana-de-açúcar em cada sub-bacia, avaliando-se intervalos de cobertura com cana-de-açúcar de 0 a 33%, de 34 a 67% e de 68 a 100%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da extensão da área de drenagem de cada sub-bacia, das áreas das sub-bacias com presença de cana-de-açúcar em km<sup>2</sup> e das áreas das sub-bacias com presença de cana em porcentagem estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Áreas das sub-bacias amostradas com a presença de cana-de-açúcar.

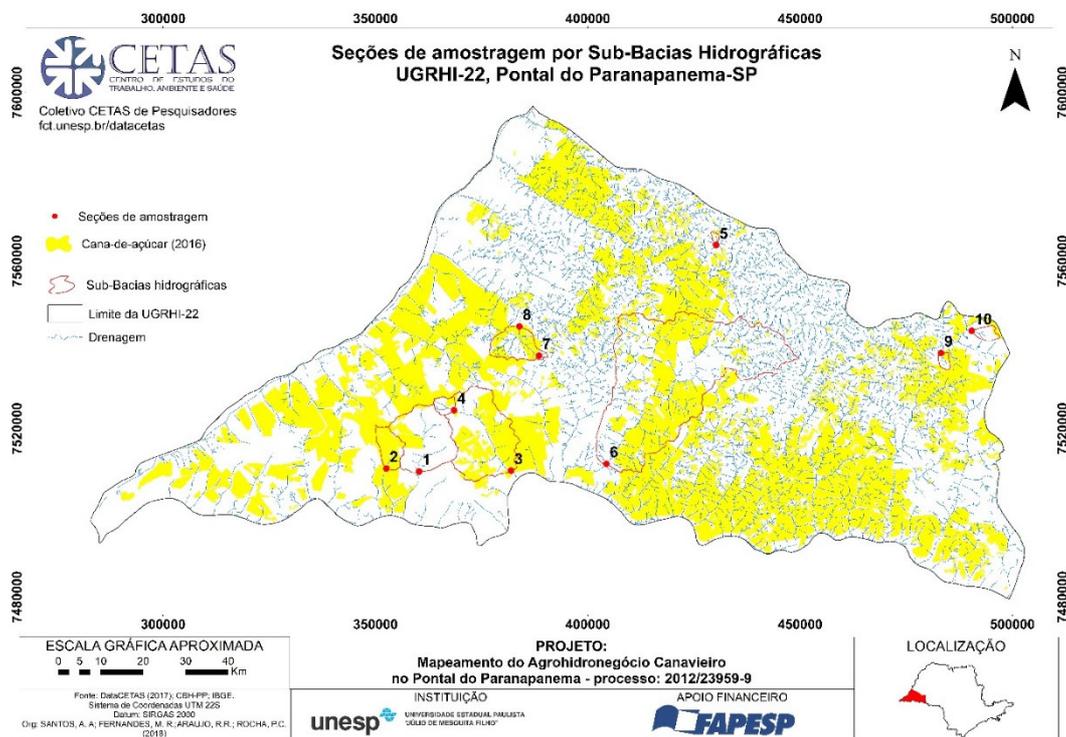
Sub-bacia	Área total da sub-bacia (km <sup>2</sup> )	Área da sub-bacia ocupada com cana-de-açúcar (km <sup>2</sup> )	Área da sub-bacia ocupada com cana-de-açúcar (%)
1	176,536	28,1	16
2	47,1743	42,4	90
3	265,659	142,7	54
4	17,9241	3,7	21
5	3,8483	0,8	21
6	942,76	364,9	39
7	2,63379	0,3	10
8	71,2862	40,4	57
9	8,94003	2,5	29
10	15,4194	1,6	11

É possível notar que a sub-bacia que apresentou maior área de drenagem ocupada por cana-de-açúcar foi a sub-bacia 2, apresentando 90% de área com o uso de cana-de-açúcar, pertencente ao Ribeirão Sedama no município de Teodoro Sampaio. Enquanto que a sub-bacia que apresentou menor área recoberta por cana-de-açúcar foi a sub-bacia 10, pertencente ao córrego do Burrinho, no município de Regente Feijó. A Figura 2 apresenta áreas de drenagem de cada sub-bacia, as áreas das sub-bacias com presença de cana-de-açúcar e seções de amostragem limnológica.

Em relação aos resultados do monitoramento limnológico, estes apresentaram considerável amplitude para algumas variáveis. Os valores de condutividade elétrica variaram entre 9,94 e 183,40  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , N-amoniaco entre 0 e 554,90  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , fósforo total entre 0,01 e 271,42  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , fósforo dissolvido entre 4,74 e 201,42  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  e fósforo reativo solúvel entre 2,79 e 183,57  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . A Tabela 3 apresenta a análise descritiva dos dados.

A ACP resumiu o conjunto das variáveis e os componentes principais 1 e 2 foram significativos e, portanto, retidos para a interpretação dos dados limnológicos. Estes dois componentes explicaram 53,9% (CP1 = 33,5% e CP2 = 20,4%) da variabilidade total dos dados.

Figura 2: Localização das sub-bacias amostradas com a presença de cana-de-açúcar.



A variável positivamente correlacionada com o componente principal 1 foi o material em suspensão total orgânico, material em suspensão total inorgânico e precipitação (acumulado de 10 dias) e as variáveis pH, fósforo total, e fósforo reativo solúvel correlacionadas negativamente.

Enquanto que o componente principal 2 correlacionou-se positivamente com as variáveis nitrogênio amoniacal e fósforo dissolvido.

Tabela 3: Estatística descritiva das variáveis limnológicas avaliadas.

Variáveis	N*	Média	Valor Mínimo	Valor Máximo	Desvio Padrão
pH	50	6,67	5,54	7,82	0,53
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	50	6,60	4,41	8,55	0,80
CE (μS.cm <sup>-1</sup> )	50	33,41	9,94	183,0	37,18
MI (%)	50	47,73	3,60	93,60	26,95
MO (%)	50	25,85	0,13	80,56	24,83
N-NH4 (μg.L <sup>-1</sup> )	50	18,31	0,00	554,0	83,39
PT (μg.L <sup>-1</sup> )	50	25,95	0,01	271,2	57,27
PD (μg.L <sup>-1</sup> )	50	28,77	4,74	201,2	46,14
PO4 (μg.L <sup>-1</sup> )	50	36,40	2,79	183,7	45,72

\* N = Números de casos

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de estrutura derivados da análise de componentes principais aplicada aos dados limnológicos. Os coeficientes expressam as correlações de Pearson entre as variáveis e os componentes principais (CP1, CP2). Os valores maiores que 0,60 (em módulo) estão em negrito, identificando os coeficientes de estrutura mais correlacionados com os componentes principais 1 e 2.

Tabela 4: Coeficientes de estrutura derivados da análise de componentes principais aplicada aos dados limnológicos.

Variáveis	CP1	CP2
pH	<b>-0,62</b>	-0,17
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	-0,32	0,34
CE (μS.cm <sup>-1</sup> )	0,11	0,27
MI (%)	<b>0,62</b>	0,45
MO (%)	<b>0,72</b>	0,37
N-NH4 (μg.L <sup>-1</sup> )	-0,33	<b>0,64</b>
PT (μg.L <sup>-1</sup> )	<b>-0,81</b>	0,13
PD (μg.L <sup>-1</sup> )	-0,28	<b>0,82</b>
PO4 (μg.L <sup>-1</sup> )	<b>-0,70</b>	0,47
Precipitação (mm)	<b>0,79</b>	0,39

Considerando-se somente as variáveis correlacionadas com o componente principal 1, nota-se que estas expressaram maior carga de material em suspensão total, tanto orgânico como inorgânico, em fevereiro e maio. Para os meses de março e novembro houve maiores valores de

pH e maiores concentrações de fósforo total e fósforo reativo solúvel. Pôde-se verificar ainda que, os resultados evidenciaram que os maiores valores de precipitação (acumulado em 10 dias anteriores as amostragens limnológicas) ocorreram em fevereiro e maio.

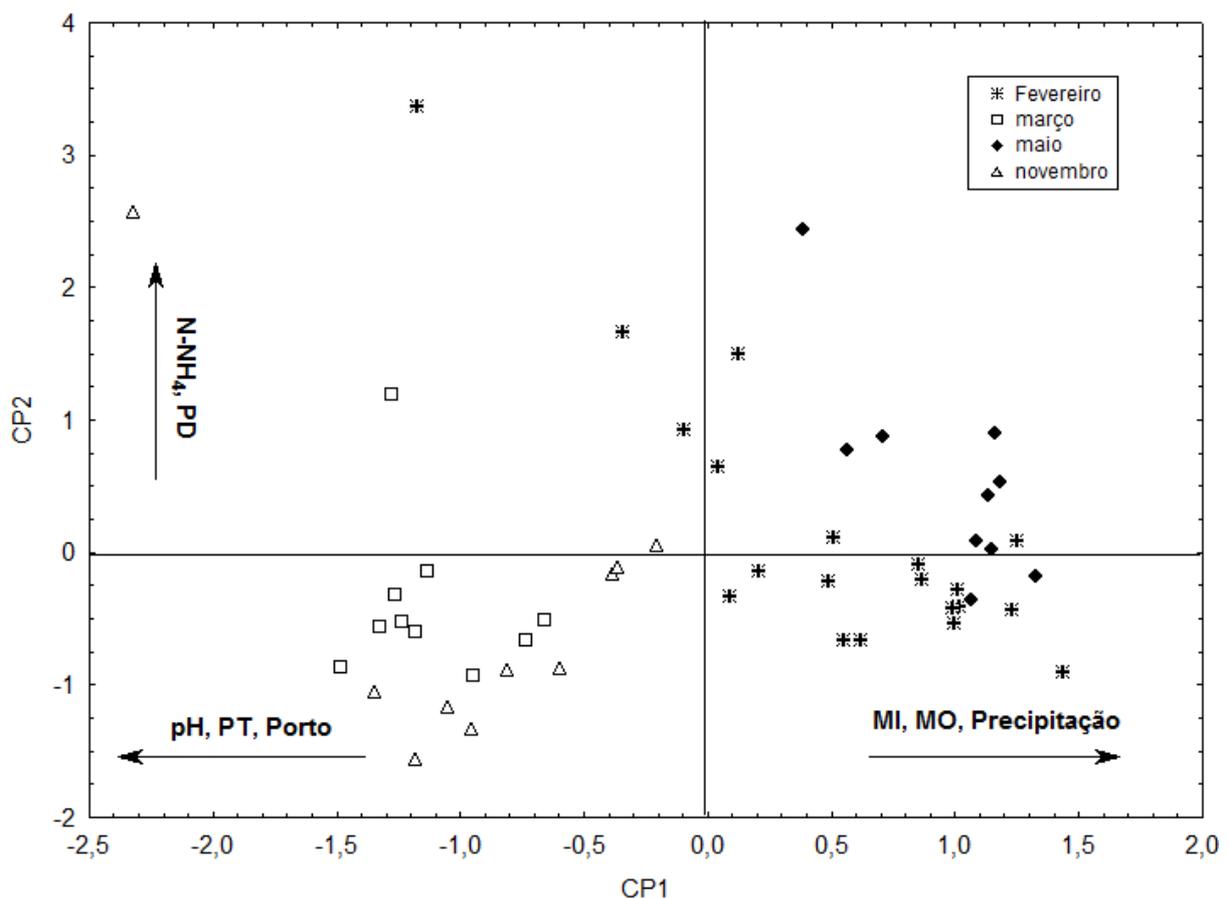
Provavelmente, estes resultados de maiores valores de material em suspensão em períodos de maiores precipitações indicam que há conectividade entre a bacia de drenagem e os canais em períodos chuvosos, com entrada de materiais alóctones por carreamento.

Em contrapartida, provavelmente, as frações de fósforo total e fósforo reativo solúvel nos canais em períodos mais secos devem representar materiais autóctones.

Em relação ao componente principal 2, pôde-se verificar que houve tendência de maiores valores de nitrogênio amoniacal e fósforo dissolvido para o mês de maio e menores valores para os meses de março e novembro. Possivelmente durante influência das águas das chuvas que proporcionam maior volume líquido, estes materiais ficam mais diluídos e por isso se concentram mais durante os meses mais secos.

A Figura 3 apresenta os resultados da análise de componentes principais e os resultados das tendências de ordenação das variáveis limnológicas e precipitação quanto aos períodos de amostragem.

Figura 3: Análise de componentes principais e a ordenação das variáveis limnológicas e precipitação quanto aos períodos de amostragem.

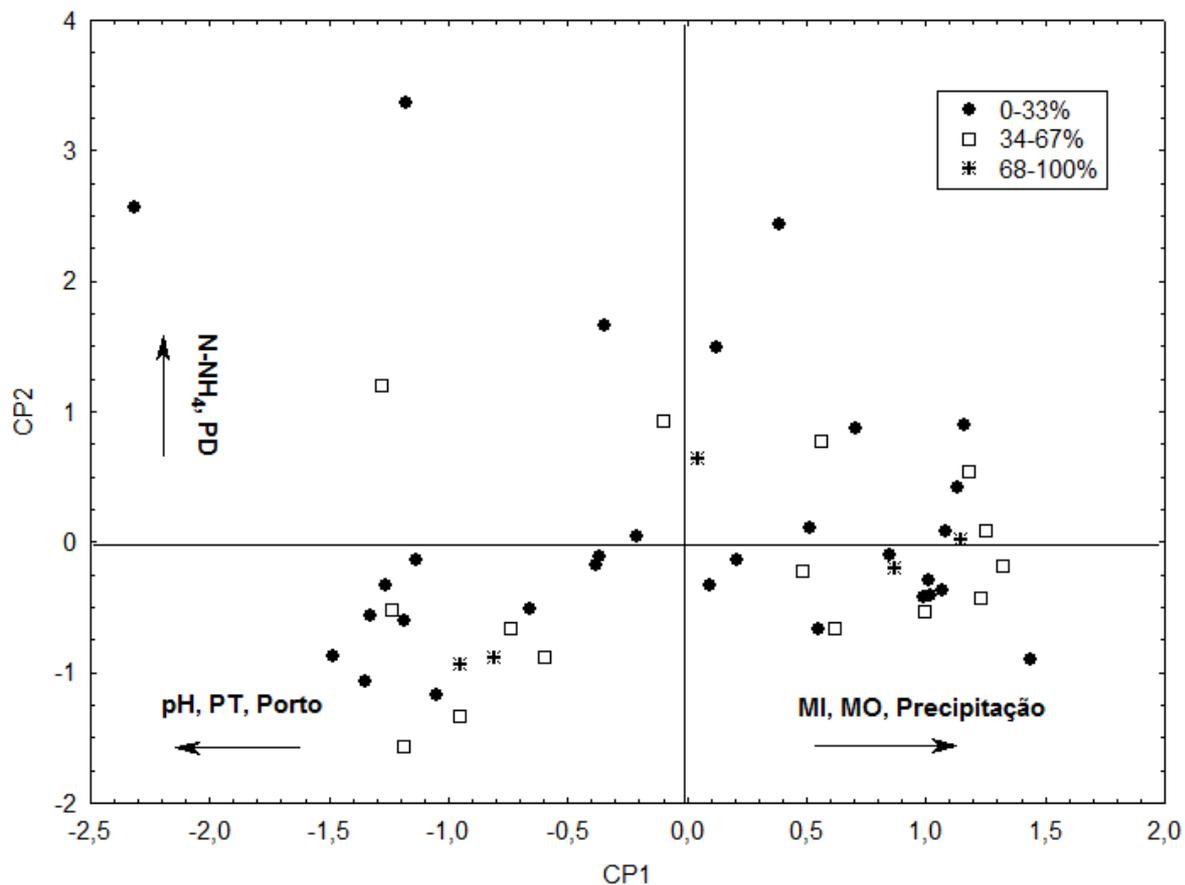


Estes resultados evidenciam uma variabilidade sazonal das variáveis limnológicas. Vários estudos demonstram que a qualidade das águas superficiais possuem influência da sazonalidade (SOUZA et al., 2015; SILVA et al., 2008; ARAÚJO et al., 2017; LEMOS et al., 2010).

Em relação a ordenação espacial, a análise de componentes principais não apresentou tendências entre a quantidade de área com presença de cana-de-açúcar nas sub-bacias em relação as variáveis limnológicas e a precipitação.

A Figura 4 apresenta estes resultados da análise de componentes principais em relação a investigação da ordenação espacial.

Figura 4: Análise de componentes principais e a ordenação da área da bacia ocupada pela cana-de-açúcar, nos intervalos de 0 a 33%, 34 a 67% e 68 a 100%, em relação as variáveis limnológicas e precipitação (acumulado de 10 dias).



As atividades antropogênicas em uma bacia hidrográfica, como o uso do solo, têm apresentado importantes modificações na qualidade da águas superficiais. Vários pesquisadores (SILVA, et al., 2013; SOUZA et al., 2015; CORBI et al., 2017) demonstram que ocorre incremento de materiais alóctones nas águas superficiais em períodos de maiores precipitação em áreas em que o uso do solo é agrícola, em função do carreamento por meio do escoamento superficial.

Entretanto, este comportamento não foi observado por meio da ACP aplicada aos dados, como era o esperado. Isso pode ter ocorrido pelo fato de não ter havido precipitações intensas nos períodos em que as amostragens limnológicas ocorreram, em comparação com outros períodos do ano que não foram amostrados. Durante o período de amostragem, o valor máximo da precipitação acumulada (10 dias) ocorreu em fevereiro de 2016 com 86,72 mm na seção 9/sub-bacia 9, localizada no Ribeirão Laranja Doce, município de Regente Feijó. Sendo que o valor do acumulado mensal no município foi de 239,44 mm, consideravelmente maior. Para afirmações quanto ao ordenamento espacial, provavelmente, uma série maior de dados seja necessária ou a investigação com outras variáveis limnológicas.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As análises efetuadas puderam trazer informações sobre algum padrão comportamental, contudo deve-se inicialmente considerar uma baixa intensidade de conectividade entre a bacia de drenagem e os canais fluviais devido a pouca proximidade temporal entre as amostragens e os períodos de precipitação.

Isto posto, ainda assim, pode-se observar que houve separação entre os comportamentos dos materiais sólidos e dos nutrientes quanto às chuvas ocorridas que antecederam as amostragens. Maiores cargas sólidas ocorrem com maiores valores de chuva, que por sua vez se relacionam com menores valores de nutrientes.

Como significado desta relação, tem-se que durante as chuvas há conectividade entre a bacia de drenagem e os canais, com o incremento no aporte de sedimentos para a carga suspensa no canal. Já em relação aos nutrientes, aparentemente os resultados indicam não aporte, mas diluição no rio. Provavelmente isso reflete o comportamento distinto dos materiais solubilizados e os sólidos no ambiente, quanto às concentrações em relação ao tempo depois das chuvas.

Os dados não permitiram maiores afirmações quanto à diferença no comportamento das variáveis limnológicas em relação às áreas com maior porcentagem de cana-de-açúcar.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro, Processo n. 2012/23959-9; ao Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos e ao Centro de Estudos do Trabalho, Ambiente e Saúde (CETAS) da FCT/UNESP, pelo apoio instrumental e logístico na execução dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011.
- ARAÚJO, R. R., ROCHA, P. C., A. A., RIZK, M. C., SANTOS, C. R. O agrohidronegócio canavieiro e a apropriação da rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. In: 3º CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG 2017. Belo Horizonte: 13 a 15 de setembro de 2017, p. 1-14.
- BARRETO, M. J., THOMAZ JUNIOR, A. Os impactos territoriais da monocultura da cana-de-açúcar no Pontal do Paranapanema – SP. **Revista Pegada**, Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 46-68, 2012.
- CORBI, J. J., STRIXINO, S. T., SANTOS, A., DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.
- CORBI, J. J., BEATRICE, C., JÓIA, A. Macroinvertebrados aquáticos do córrego Pinheirinho, Parque do Basalto, Araraquara-SP: subsídios para estratégias de conservação local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 12, n. 2, p. 9-20, 2009.
- FARIA, L. M. S. Aspectos gerais da Agroecologia no Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 6, n. 2, p. 101-112, 2014.
- GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 298, 1994.
- GONÇALVES, F., ROCHA, P. C., FERREIRA, C. C. Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba: 30 de abril a 05 de maio de 2011, p. 1248-1255.
- HESPANHOL, A. N. O Programa de Microbacias Hidrográficas no Contexto da Agropecuária do Pontal do Paranapanema - SP. In: XLVIII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 25 a 28 de julho de 2010, p. 1-20.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências, nº 7, Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- JACKSON, D. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of euristical and statistical approaches. **Ecology**, v. 74, p. 2204-2214, 1993.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K (Ed.). **Methods of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976, p. 117-181.
- LEMOS, M., FERREIRA NETO, M., DIAS, N. S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 155–164, 2010.

MACKERETH, F. Y. H., HERON, J., TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Inglaterra: Biological Association, 1978.

MAROTTA, H., SANTOS, R. O., PRAST, A. E. Monitoramento Limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-7, 2008.

MATTHIENSEN, A. **Monitoramento e diagnóstico de qualidade de água superficial**. Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 127p., 2014.

MATTHIENSEN, A. Poluição e eutrofização de águas interiores. In: SIQUEIRA, G., SILVA, J. D. (Org.). **12 feridas ambientais do planeta**. Florianópolis: HB Editora, 2017. p. 50-51.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 181f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANTOS, N. B. **Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVA, M. R., CAMPOS, A. C. E., BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus Impactos Sobre Ecossistemas Aquáticos Continentais. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 8, n. 2, p. 46-58, 2013.

SILVA, A. E P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n.4, p. 733-742, 2008.

SOUZA, A., BERTOSI, A. P. A., LASTORIA, G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 227-234, 2015.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 21-30, 2015.

VEGA, M., PARDO, R., BARRADO, E., DEBÁN, L. Assesment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3<sup>th</sup> edition. New York: Academic Press, 2001. 1006 p.

WETZEL, R. G., LIKENS, G. E. **Limnological Analysis**. 2<sup>th</sup> edition. New York: Spring Verlag, 1991.