

## IV-008 - IMPACTOS DO USO DO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMBORIÚ (SANTA CATARINA)

**Iria Sartor Araujo**<sup>(1)</sup>

Engenheira Agrônoma pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Pesquisadora da Epagri-Ciram.

**Everton Blainski**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em solos e nutrição de plantas, com ênfase em física do solo pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Pesquisador da Epagri-Ciram.

**Luis Hamilton Pospissil Garbossa**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (UFSCar). Pesquisador da Epagri-Ciram.

**Ana Paula Esnidei Pereira**

Geógrafa pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial do CNPq – Nível C na Epagri-Ciram.

**Claudio Klemz**

Médico Veterinário pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Técnico da The Nature Conservancy (TNC).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Admar Gonzaga, 1347 - Itacorubi - Fpolis - SC - Brasil - Tel: (48) 3665-5151 - e-mail: [iriaaraujo@epagri.sc.br](mailto:iriaaraujo@epagri.sc.br)

### RESUMO

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, já que possibilita acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas. A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações.

O objetivo do trabalho foi monitorar a qualidade da água na Bacia do Rio Camboriú, avaliar se as concentrações dos parâmetros monitorados estão dentro dos limites permitidos pela legislação e analisar as correlações entre esses parâmetros, o uso do solo e a precipitação acumulada.

A bacia do rio Camboriú é um conjunto intermunicipal pertencente a dois municípios (Camboriú e Balneário Camboriú), onde ambos têm direitos sobre a água, abrangendo uma área de 199,8 km<sup>2</sup>.

O monitoramento da qualidade da água foi efetuado através da utilização de 03 sondas multiparamétricas, sendo que 02 delas foram instaladas juntamente com as estações de medição de chuva e nível de rio. A terceira sonda foi utilizada de forma portátil, para medição localizada nos outros pontos da bacia. Além disso foram utilizados dados de uso e ocupação do solo (porcentagem das classes de uso do solo) para correlação com os parâmetros de qualidade de água avaliados. A área de estudo foi dividida em 5 sub-bacias de contribuição homogêneas.

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:- A água na rede de drenagem da bacia do Rio Camboriú apresentou alguns parâmetros acima do limite (Res. CONAMA 357/2005), destacando fosfato ( $> 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) e nitrato ( $> 10 \text{ mg L}^{-1}$ ); - A matriz de correlação evidenciou a elevação da concentração de sólidos suspensos (CSS) na água com o aumento do uso do solo nas seguintes classes: pastagem, reflorestamento, solo exposto e arroz irrigado; - A regressão linear entre a turbidez e a precipitação acumulada horária no P4 (rio Canoas) foi significativa ( $r=0,63$ ;  $p=0,00$ ;  $\alpha=0,05$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento, turbidez, concentração de sólidos suspensos, nitrato, fosfato.

## INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental (GUEDES et al., 2012).

Segundo Libanio et al. (2005), a contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo amplamente conhecida a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que acometem as populações, especialmente aquelas não atendidas por serviços de saneamento.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005, que substitui a CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986, estabelece a qualidade ambiental desejada para as bacias hidrográficas em função de usos nelas exercidos, assim como o padrão de lançamento de efluentes válido para todo o território nacional.

As alterações na cobertura do solo ocasionam mudanças no ciclo hidrológico, já que ocorre a redução da porcentagem de água que infiltra e o aumento do escoamento superficial, e, conseqüentemente, o aumento da produção de sedimentos.

Essas ações acarretam impactos negativos sobre a qualidade das águas, afetando diretamente as populações que se beneficiam do uso desse recurso, bem como o crescente empobrecimento da biodiversidade. A devastação dos ecossistemas gera um desequilíbrio ecológico de grandes dimensões tendo como conseqüências, dentre outras, assoreamento de rios e reservatórios, aumento da turbidez das águas, desequilíbrio do regime das cheias, perda da perenidade, escorregamentos e erosões das margens de cursos de água ou taludes de encostas.

O escoamento superficial é a variável mais sensível do ciclo hidrológico e ocorre principalmente devido às alterações da superfície da bacia hidrográfica (TUCCI, 2006). A ação antrópica, por meio do uso agrícola, interfere diretamente neste equilíbrio. A retirada da vegetação nativa para a produção agrícola degrada a estrutura do solo, onde em condições originais possui alta capacidade de infiltração, acomodando facilmente toda a intensidade das chuvas (PRITCHETT, 1979).

As conseqüências do aumento no escoamento superficial incluem perdas excessivas de solo, inundações, danos às infraestruturas, mudança e assoreamento do leito dos rios, degradação da qualidade da água, entre outras. O escoamento superficial é o principal agente de transporte de partículas de solo (sedimento), e a deposição ocorre somente quando a velocidade do escoamento superficial for reduzida (PRUSKI et al., 2004).

A quantificação dos sedimentos em suspensão, em bacias hidrográficas, é fundamental, pois reflete as taxas erosivas causadas pela energia da chuva e da enxurrada sobre as diferentes proporções de uso do solo e tipos de manejos aplicados (MINELLA et al., 2008). A avaliação da turbidez do escoamento, apesar de ser um método indireto para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão (CSS), tem sido utilizada com sucesso (LEWIS, 2002; SCHOELLHAMER, 2002).

Apesar da reconhecida importância das áreas hidrologicamente frágeis na dinâmica hidrossedimentológica em bacias hidrográficas, existem poucos estudos no Brasil em pequenas bacias rurais. Portanto existe a necessidade da análise do comportamento hidrossedimentológico considerando as influências das áreas hidrologicamente frágeis (mata ciliar e áreas úmidas) no comportamento hidrológico de bacias e da sua capacidade em interceptar sedimentos.

O objetivo do trabalho foi monitorar a qualidade da água na Bacia do Rio Camboriú, avaliar se as concentrações dos parâmetros monitorados estão dentro dos limites permitidos pela legislação e analisar as correlações entre esses parâmetros, o uso do solo e a precipitação acumulada.

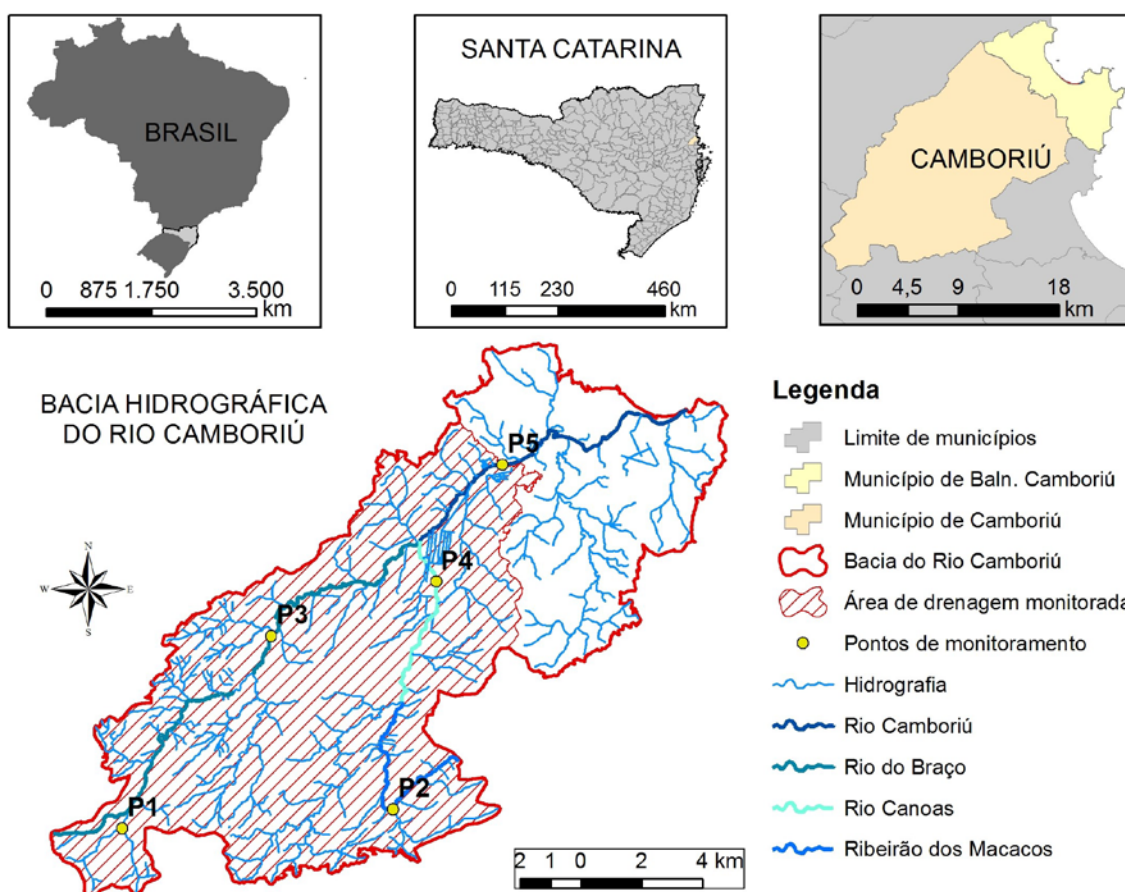
## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Camboriú que está localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina e concentra uma das maiores áreas turísticas do estado e está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Sul, segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

A bacia do rio Camboriú é um conjunto intermunicipal pertencente a dois municípios (Camboriú e Balneário Camboriú), onde ambos têm direitos sobre a água, abrangendo uma área de 199,8 km<sup>2</sup>.

O município de Camboriú localiza-se a uma latitude 27°01'31'' ao sul e a uma longitude 48°39'16'' ao oeste, estando a uma altitude de 8m, com área territorial de 215 km<sup>2</sup>. O município de Balneário Camboriú localiza-se a uma latitude 26°59'26'' ao sul e a uma longitude 48°38'05'' ao oeste, estando a uma altitude de 2m, com área territorial de 46 km<sup>2</sup>.

A bacia do rio Camboriú é uma área constituída por um complexo hidrológico, onde os rios Camboriú, Canoas, Braço, Ribeirão dos Macacos e Pequeno formam a principal rede de drenagem da bacia (Figura 1).



**Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água na Bacia do rio Camboriú, SC.**

O monitoramento da qualidade da água foi efetuado através da utilização de 03 sondas multiparamétricas, sendo que 02 delas foram instaladas juntamente com as estações de medição de chuva e nível de rio, localizadas no Rio Canoas (P4) e no Rio Camboriú (P5), sendo este o ponto a jusante, mais próximo da foz verdadeira (Figura 1). Essas 2 sondas fixas coletam os dados horários continuamente os quais são transmitidos de forma instantânea via GPRS e armazenados em uma base de dados.

A terceira sonda foi utilizada de forma portátil, para medição localizada nos outros pontos da bacia, ou seja, no P1 (afluente do Rio do Braço – ponto a montante), P2 (Ribeirão dos Macacos – ponto a montante) e P3 (Rio do Braço – ponto intermediário), conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Além da utilização das sondas multiparamétricas foram efetuadas coletas quinzenais de amostras de água nos 5 pontos da rede de drenagem da Bacia do Rio Camboriú (P1 a P5). No presente trabalho são apresentados os resultados de 9 campanhas de coletas e medições, as quais foram efetuadas entre os meses de março e julho de 2014, de um total de 48 campanhas previstas, que ocorrerão até março de 2016.

As sondas multiparamétricas utilizadas são da marca Hydrolab, modelo DS5. Foram instalados nas sondas cinco sensores: temperatura, condutividade, OD, pH e turbidez. Os parâmetros analisados em laboratório foram os seguintes: nitrato (N-NO<sub>3</sub>-); fosfato (P-PO<sub>4</sub>-); concentração de sólidos suspensos (CSS). As análises obedeceram aos procedimentos previstos no Standart Methods (APHA, 1998).

Além disso foram utilizados dados de uso e ocupação do solo (porcentagem das classes de uso do solo) para correlação com os parâmetros de qualidade de água avaliados. A área de estudo foi dividida em 5 sub-bacias de contribuição, homogêneas, com base na variabilidade espacial de uso e ocupação, mapeamento de solo e declividade do terreno. Cada ponto de coleta (P1 a P5) foi considerado um exutório.

Também foi avaliada a influência da chuva na turbidez da água, através da correlação entre a precipitação acumulada horária e a turbidez registrada 2 horas após a ocorrência da chuva. Os dados de chuva foram retirados da estação hidrológica localizada no Rio Canoas (P4).

Foram feitos os diagramas de caixa (box-plots) da distribuição dos valores dos parâmetros estudados, a Matriz de Correlação de Pearson utilizando os parâmetros físico-químicos e as porcentagens das classes de uso do solo em cada sub-bacia e a regressão linear entre a chuva acumulada e a turbidez, através da utilização do software Statistica®7.0.

## RESULTADOS

Os resultados apresentados neste estudo são parciais e correspondem ao monitoramento preliminar, através do monitoramento das sondas multiparamétricas e das análises laboratoriais das amostras de água coletadas a campo.

**Tabela 1: Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos e as classes de uso do solo da Bacia do Rio Camboriú (n=5 pontos de monitoramento)**

	Área urbana	Arroz Irrigado	Cultura Anual	Floresta	Pastagem	Reflorestamento	Solo Exposto
<b>Nitrato</b>	0,46	<b>0,80</b>	-0,09	-0,63	0,55	0,55	0,56
<b>Fosfato</b>	-0,11	-0,08	0,21	-0,07	0,10	0,32	0,01
<b>Amônio</b>	0,10	0,28	0,29	-0,39	0,40	0,59	0,32
<b>COT</b>	0,77	0,74	0,45	-0,70	0,66	0,37	<b>0,79</b>
<b>OD</b>	<b>-0,86</b>	-0,67	-0,43	0,68	-0,63	-0,47	<b>-0,75</b>
<b>pH</b>	-0,34	-0,07	-0,29	0,08	-0,09	0,20	-0,22
<b>CSS</b>	0,48	<b>0,90*</b>	0,63	<b>-0,97*</b>	<b>0,97*</b>	<b>0,95*</b>	<b>0,92*</b>

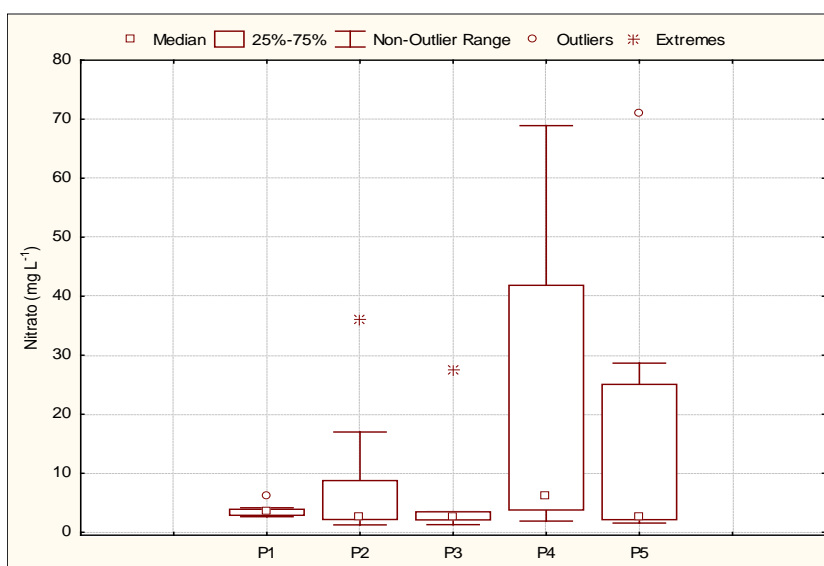
\*Correlação significativa ao nível de 5% de significância

A matriz de correlação (Tabela 1), mostra que ocorreram correlações fortes (acima de 0,70), porém não significativas, já que a variabilidade dos dados foi alta. Porém, percebe-se que há interação entre:

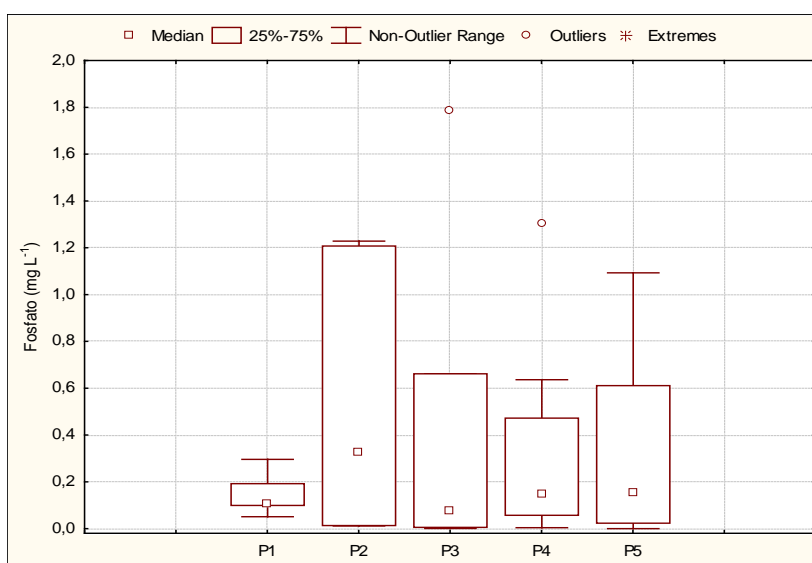
- nitrato e arroz irrigado, correlação de 0,80, provavelmente pela utilização de fertilizantes como a uréia;
- OD e área urbana, correlação de -0,86, provavelmente pela emissão de esgoto doméstico;
- OD e solo exposto, correlação de -0,75, provavelmente pela perda de sedimentos por escoamento superficial com alta carga orgânica;

As correlações significativas foram entre CSS e arroz irrigado (0,90), Floresta (-0,97), Pastagem (0,97), Reflorestamento (0,95) e solo exposto (0,92). Isso demonstra que os usos agrícolas e a presença de solo exposto potencializam a perda de solo e a manutenção da floresta inibe o escoamento superficial e a perda de sedimentos e matéria orgânica, reduzindo os riscos de assoreamento dos rios e a perda de nutrientes na camada superficial do solo, mantendo a fertilidade.

Os valores medianos de nitrato (Figura 2) ficaram entre 2,6 e 6,2 mg L<sup>-1</sup> em todos os pontos monitorados, ficando abaixo do limite permitido pela res. CONAMA 357/2005, porém houveram picos de 68 mg L<sup>-1</sup> no P4 e de 70 mg L<sup>-1</sup> no P5. Esses pontos coincidem com as sub-bacias que possuem maior porcentagem de uso com arroz irrigado e pastagem, atividades agrícolas que utilizam fertilizantes químicos com base nitrogenada como a uréia e que em contato com o solo são nitrificados gerando altas concentrações pontuais de nitrato na solução do solo e através do escoamento superficial alcançam a rede de drenagem.



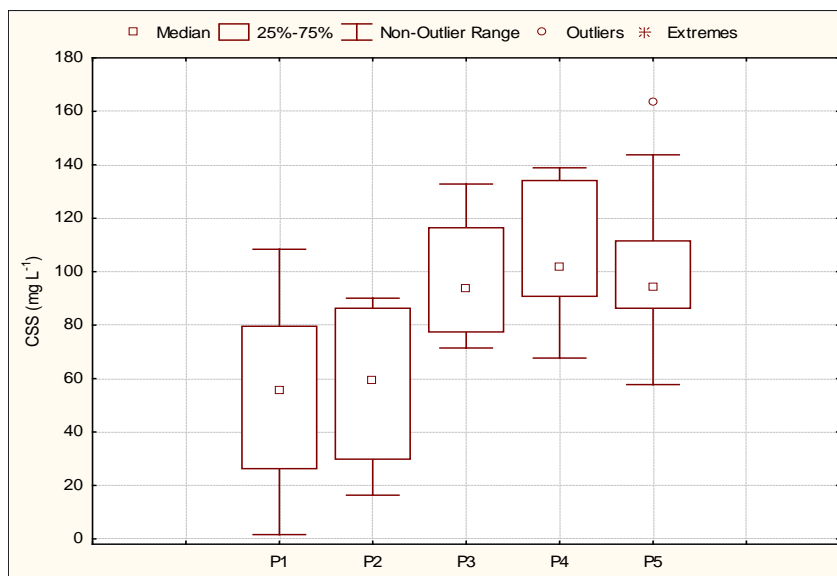
**Figura 2: Distribuição (box-plot) dos valores de nitrato (mg L<sup>-1</sup>), nos pontos de monitoramento (P1 a P5) n=9**



**Figura 3: Distribuição (box-plot) dos valores de fosfato (mg L<sup>-1</sup>), nos pontos de monitoramento (P1 a P5) n=9**

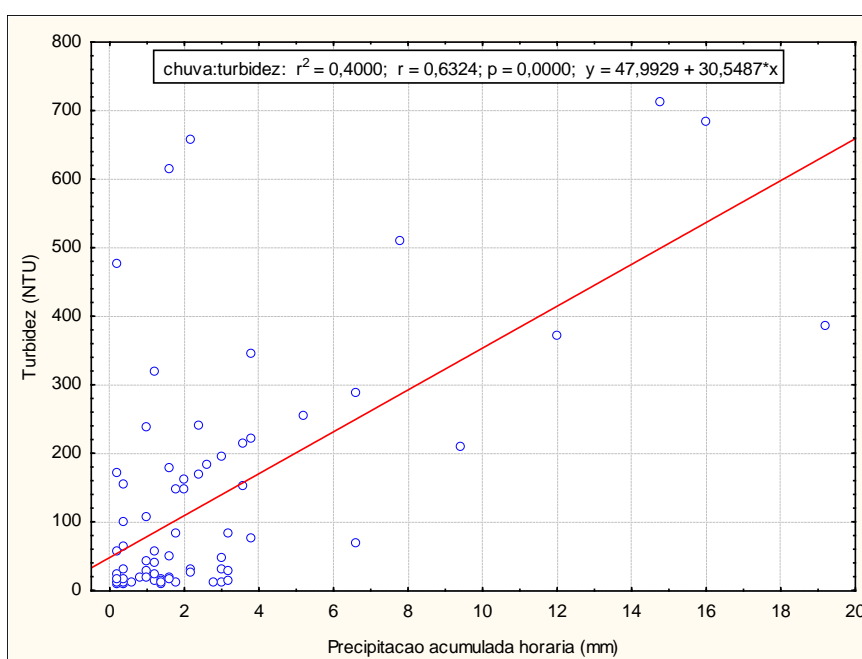


A Figura 3 mostra a dispersão dos dados de fosfato nos 5 pontos de monitoramento na bacia hidrográfica do Camboriú. Os valores medianos ficaram entre 0,15 e 0,56 mg L<sup>-1</sup>, em todos os pontos grande parte das concentrações observadas ficaram acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005, sendo que somente 30% das amostras apresentaram valores inferiores a 0,1 mg L<sup>-1</sup>.



**Figura 4: Distribuição (box-plot) dos valores de CSS (mg L<sup>-1</sup>), nos pontos de monitoramento (P1 a P5) n=9 campanhas**

A concentração de sólidos suspensos nos 5 pontos de monitoramento é apresentada na Figura 4. Os pontos mais a montante da bacia hidrográfica (P1 e P2) apresentaram as menores concentrações, o que coincide com as sub-bacias com maior porcentagem de Florestas. Nos pontos mais a montante, onde tem maior interferência antrópica e uso agrícola mais intenso, as concentrações de sólidos suspensos são maiores. Isto mostra que a perda de solo e o potencial assoreamento dos rios pode ser evitado, caso a produção agrícola e a utilização de pastagem para a agropecuária respeite as boas práticas e reduzam o impacto no ambiente.



**Figura 5: Regressão linear entre turbidez (NTU) e precipitação acumulada (mm) no P4 (rio Canoas), n=80 eventos de chuva (entre março e agosto de 2014).**

A Figura 5 mostra a regressão linear entre a turbidez (NTU) medida com sonda multiparamétrica e a precipitação acumulada horária no P4. A correlação foi significativa ( $R=0,63$ ), mostrando que, quando há eventos de chuva, a turbidez na rede de drenagem aumenta. Portanto, através do escoamento superficial, e conforme a intensidade da chuva, há a ocorrência de carreamento de sedimentos e matéria orgânica do solo para a rede de drenagem, contribuindo para o assoreamento dos rios e a perda de fertilidade do solo.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- A matriz de correlação evidenciou a elevação da CSS na água com o aumento do uso do solo nas seguintes classes: pastagem (0,97), reflorestamento (0,95), solo exposto (0,92) e arroz irrigado (0,90); Portanto, os usos agrícolas e a presença de solo exposto potencializam a perda de solo e a manutenção da floresta inibe o escoamento superficial e a perda de sedimentos e matéria orgânica;
- A bacia do Rio Camboriú apresentou alguns parâmetros acima do limite (Res. CONAMA 357/2005), destacando fosfato ( $> 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) e nitrato ( $> 10 \text{ mg L}^{-1}$ ); principalmente nos pontos de monitoramento mais a jusante da bacia do rio Camboriú, mostrando a interferência antrópica nos locais com maior utilização do solo com a agricultura e adensamento urbano;
- A regressão linear entre a turbidez e a precipitação acumulada horária no P4 (rio Canoas) foi significativa ( $r=0,63$ ;  $p=0,00$ ;  $\alpha=0,05$ ), portanto o escoamento superficial, após chuvas intensas, efetua o carreamento de sedimentos e matéria orgânica do solo para a rede de drenagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. APHA Washington, 937p.
2. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA N°357, de Março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 12 de setembro de 2013.
3. GUEDES, H. A. S. et al. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 5, Mai 2012
4. IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2010.
5. LEWIS, J. Estimation of suspended sediment flux in streams using continuous turbidity and flow data coupled with laboratory concentrations, in Proceedings of the Federal Interagency Workshop on Turbidity and Other Sediment Surrogates. Reno, NV, Appendix 2. 2002.
6. LIBANIO, P. A. C. et al. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. Eng. Sanit. Ambiental, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, Set.2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522005000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000300006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 4 de setembro de 2013.
7. MINELLA J. P.G.; WALLING, D.E.; MERTEN, G.H. Combining traditional monitoring and sediment source tracing techniques to assess the impact of improved land management on catchment sediment yields. J. Hydrol. 348, 546 – 563. 2008.
8. PRITCHETT, W.L. Properties and Management of Forest Soils. John Wiley, New York, 1979, 500p.
9. PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. Escoamento superficial. 2. ed. -Viçosa: UFV, 2004. 87 p.
10. SANTA CATARINA. Portaria SEPLANCG N° 24, de 19 de setembro de 1979. Disponível em: <[http://www.queimadosvivo.org.br/legislacao/portaria\\_seplancg\\_24.pdf](http://www.queimadosvivo.org.br/legislacao/portaria_seplancg_24.pdf)>. Acesso em: 12 de setembro de 2013.
11. SCHOELLHAMER, D.H. Use of optical properties to monitor turbidity and suspended-sediment concentration, in Proceedings of the Federal Interagency Workshop on Turbidity and other sediment surrogates. Reno, NV, pp.15-16. 2002.
12. TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A.B. Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas. Ministério do Meio Ambiente e PNUD (Projeto PNUD 00/20). Apoio a Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Brasília-DF, 2006. 362p.