

ANÁLISE INTEGRADA DE VARIÁVEIS DE USO, COBERTURA DO SOLO E LIMNOLÓGICAS EM ITAQUI, RS

INTEGRATED ANALYSIS OF LAND USE, LAND COVER AND LIMNOLOGICAL VARIABLES IN ITAQUI, RS

Cassiane Jayj de Melo Victoria Bariani
Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul
cassiane.victoria@gmail.com

Waterloo Pereira Filho
Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul
waterloopf@gmail.com

Nelson Mario Victoria Bariani
Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul
vbariani@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar as relações entre variáveis de uso, cobertura do solo e limnológicas em uma área de 170 km² no município de Itaqui. Para isso, utilizaram-se imagens satelitais e dados limnológicos coletados *in situ* durante os meses de setembro a novembro de 2011. A área de estudo foi dividida em 12 microbacias nas quais foram identificadas seis classes de uso e cobertura do solo: lavoura de arroz; campo nativo; vegetação arbustiva; mata ciliar; área urbanizada e área industrial. A inferência estatística baseou-se no uso do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis limnológicas e a porcentagem das áreas de uso da terra. Os resultados analisados referem-se aos dados que obtiveram um grau igual ou maior a 95% de confiança segundo o teste de correlação. As conclusões sugerem que os efeitos da contaminação dos corpos hídricos da região de estudo podem ser provenientes da área urbana e do campo nativo, pois apresentaram correlações significativas com as variáveis de mesófilos, 0,71 e 0,65 respectivamente. Esse fato aponta para os efluentes da cidade e para a contaminação originária da pecuária extensiva como principais fontes de contaminação das águas.

Palavras-chave: Uso e Cobertura do Solo; Sistema de Informação Geográfica; Contaminação da Água.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the relationships between land use and limnological variables in an area of 170 km² in the municipality of Itaqui. For this, we used data from satellite images and limnological analysis collected *in situ* during the months of September to November, 2011. The studied area was divided into 12 watersheds in which were identified five classes of land use: rice crop, native grassland, shrub, and riparian forest industry. Statistical inference was based on the use of the Spearman correlation coefficient between limnological variables and the percentage of the areas of land use. The laboratory analysis and sampling procedures followed the recommendations of the Standard Methods. The results analyzed refer to the data that obtained a confidence interval equal or greater than 95% according to the correlation test. However it appears that the effects of contamination of water bodies of the region under study are related to urban areas and native pasture, because they showed significant correlations with the variables of mesophilic bacteria (0.71) and (0.65) respectively. This fact points to the city's wastewater and the extensive cattle ranching as sources of water contamination.

Keywords: Land Use; Geographic Information System; Water Contamination.

1. INTRODUÇÃO

Há um crescente reconhecimento de que a poluição dos recursos hídricos está associada, principalmente, às atividades agropecuárias, sendo estas algumas das principais causas de degradação da qualidade da água (Bariani e Bariani, 2013). A transferência de poluentes, a partir do solo para a água, acarreta em prejuízos significativos da qualidade dos corpos hídricos (Monaghan et al., 2007). Além disso, as políticas públicas de monitoramento da poluição originária de fontes não pontuais no Brasil são pouco analisadas e discutidas (Dowd et al., 2008).

Estudos de monitoramento de variáveis físicoquímicas e microbiológicas da água associados ao uso e cobertura do solo realizados por Monaghan et al., (2007) na Nova Zelândia em um período de 4 anos, entre 2001 a 2005, demonstrou que o uso do solo influencia diretamente na qualidade dos corpos hídricos. No estudo a cima citado foram monitorados 4 pontos em uma microbacia que apresentava 4 classes diferentes de uso da terra (floreas, pecuária, pastagem e culturas para a produção de forragem). Os resultados do estudo de Monaghan et al., (2007) indicaram que os pontos hídricos que estavam circundados pela ocupação de animais (gado leiteiro) obtiveram concentrações elevadas de condutividade elétrica bem como da bactéria *E. coli*. O ponto a montante do curso hídrico, característico de florestas, apresentou em média condutividade elétrica de 87 μS , enquanto o ponto a jusante com características de uso do solo para criação de animais apresentou condutividade elétrica de 235 μS . Segundo a Resolução n° 357 (CONAMA, 2005), a condutividade elétrica acima de 100 μS pode indicar ambientes impactados.

Os resultados dos estudos Monaghan et al., (2007) demonstram a inter-relação entre os ecossistemas terrestre e aquático, onde a metodologia de monitoramento da água que leve em consideração a poluição originária de fontes não pontuais e também as características de uso e cobertura do solo seriam algumas das alternativas que possibilitariam aos proprietários rurais e aos gestores municipais, melhorar e adequar o sistema de produção agropecuário e/ou o tratamento de efluentes sanitários de seu município. O trabalho de Dowd et al., (2008) conclui que o monitoramento de fontes não pontuais será bem sucedido quando se implantarem políticas públicas a nível local.

A presente pesquisa objetiva analisar as relações entre as classes de uso e cobertura da terra (lavoura de arroz; campo nativo; vegetação arbórea; vegetação ciliar; área urbana e área industrial) e as variáveis limnológicas (condutividade elétrica; oxigênio dissolvido; sódio; potássio; potencial de hidrogênio; cloretos; mesófilos e coliformes totais) em doze pontos nas microbacias com características urbanas e rurais do município de Itaquí, buscando identificar as prováveis causas de suas relações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área urbana do município de Itaquí é banhada ao norte pelo rio Uruguai, a leste pelo arroio Cambaí e arroio Chocolate e a oeste pelo arroio Olaria (Figura 1). Essas microbacias correspondentes a esses cursos hídricos são o foco desta pesquisa, foi inclusa ainda parte da microbacia do arroio Sanga da Cruz correspondente a microbacia 5 por esta compreender, ao sul, parte da área urbana.

Localizada na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, na fronteira com a Argentina a 29°06' e 29°14' de latitudes sul e 56°22' e 56°35' de longitudes oeste, a área de estudo corresponde a 170km² (Figura 1).

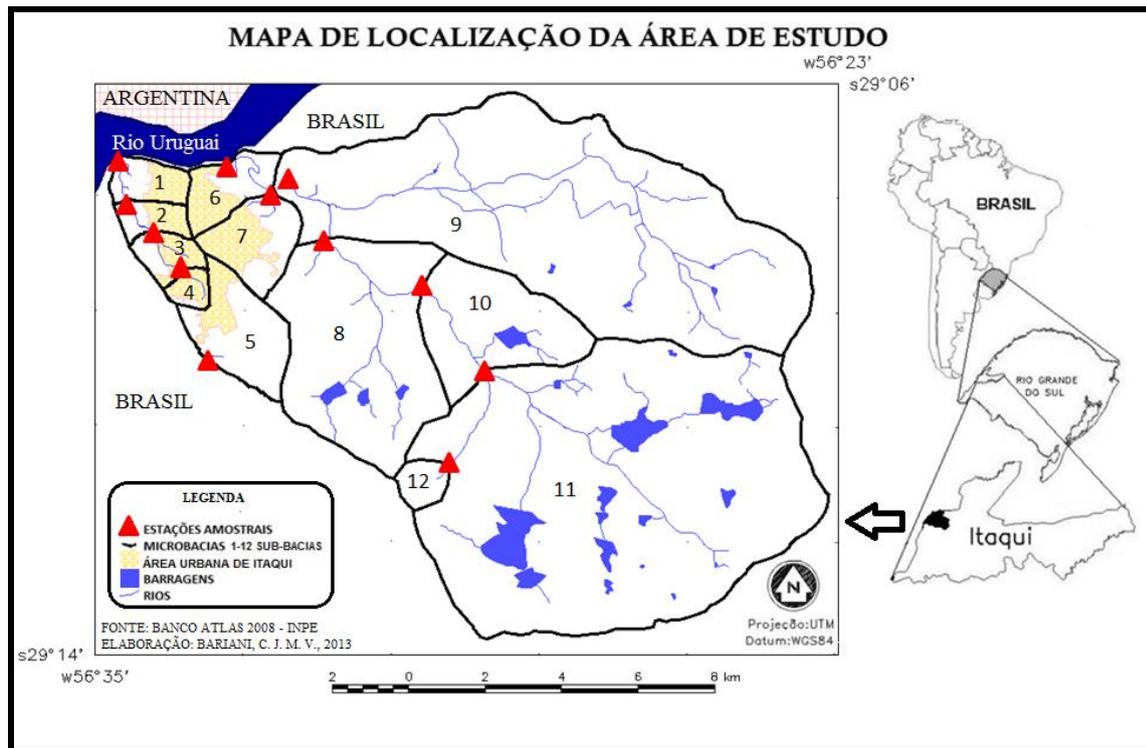


Figura 1 - Localização da área de estudo, Itaquí, Rio Grande do Sul.

2.2. Identificação dos Efeitos das Atividades Antrópicas

A identificação dos efeitos das atividades antrópicas nas microbacias analisadas foi avaliada a partir das etapas metodológicas sintetizadas no fluxograma (Figura 2), sendo as principais: coleta, processamento e interpretação de dados limnológicos e de sistema de informação geográfica e posterior correlação dos resultados obtidos.

Foram analisados *in situ* e coletados doze pontos amostrais selecionados na área de estudos nos meses de setembro, outubro e novembro de 2011. A Figura 1 mostra a distribuição espacial dos pontos amostrais e a sua respectiva sub-bacia hidrográfica. Para o reconhecimento de cada ponto utilizou-se de visitas a campo com GPS Garmim e máquinas fotográficas.

As análises limnológicas foram feitas no Laboratório Interdisciplinar Integrado (LABii), da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) em Itaquí. As variáveis físicoquímicas como oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e potencial de hidrogênio foram feitas *in situ* por meio de sensores portáteis: Oxímetro, modelo MO-900; Condutímetro, modelo Instrutherm CDR870; e Phmetro, modelo Q400HM. As análises de sódio e potássio foram feitas por meio do fotômetro de chama, modelo Q398M2 e as análises de cloretos com o uso de titulação utilizando-se do Método de Morh (Clescerl, 2005). As análises microbiológicas seguiram a metodologia de Contagem de Heterotróficos em Placas (APHA, 1992). Foram utilizados dois meios de cultura, o meio de cultura Nutriente Ágar para a contagem de mesófilos e o meio MacConkey para a contagem de coliformes totais.

A contagem de mesófilos e coliformes totais consiste em calcular o número de bactérias vivas heterótrofas que existem na água. As colônias surgem aos pares ou isoladas e o termo utilizado são de unidades formadoras de colônias (UFC). Essas colônias surgem em meio de cultura propício e com tempo de incubação determinado (APHA, 1992).

Para as análises estatísticas utilizou-seo programa Microsoft Office Excel. Também foi utilizado um complemento estatístico do Excel (Analyse-It, 2009), para verificar os resultados da correlação de Spearman.

Para calcular o coeficiente de correlação de Spearman, foi feita uma planilha no aplicativo Excel contendo os doze pontos amostrados com os resultados de suas respectivas variáveis analisadas. Para determinar os postos de cada variável, em colunas, foram ordenados os valores de cada uma delas do menor para o maior, atribuindo sequencialmente um ordinal de 1 a 12, que correspondem aos chamados postos; para isso foram selecionados sucessivamente os valores numéricos em cada uma das colunas, sempre expandindo a seleção na hora de ordenar em forma crescente. Posteriormente foi criada uma tabela contendo cada uma das 15 variáveis analisadas, rotuladas na primeira linha e na primeira coluna pelo tipo de uso do solo e tipo de análise, calculando em cada célula, na intersecção entre duas variáveis, o coeficiente de Spearman conforme a equação:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N}$$

Esse cálculo foi usado para fins de verificação do mesmo algoritmo que vem implementado em um complemento comercial do Excel (Analyse-it, 2009), usando a função "Correlation", "Spearman" após a seleção dos dados. O resultado do Analyse-it inclui não só o coeficiente de Spearman, r_s , como também o valor, p , da probabilidade de rejeição da hipótese que as variáveis analisadas são independentes quando de fato o são. O valor de p é obtido internamente usando a aproximação t de student (Sheskin, 2003). O mesmo procedimento também pode ser encontrado no programa livre R Estatística, que foi utilizado por meio do módulo R Commander (R Development Core Team, 2011), bastando importar os dados em formato .csv, e escolher "Estatísticas", "Resumos", "Matriz de correlação", obtendo r_s , ou escolhendo "Teste de Correlação" para obter a probabilidade p . Em ambos os programas uma janela permite selecionar as variáveis, em pares, para aplicação do teste. Os resultados obtidos foram coerentes.

Para as variáveis de uso e cobertura da terra levou-se em consideração a percentagem de cada classe e sua área acumulada a montante de cada ponto amostral em cada microbacia, de acordo com a figura 1: i) Ponto amostral 1 recebe a área das microbacias 1 a 4, por estarem sob o mesmo curso hídrico, o arroio Olaria, se tratando da mesma rede de drenagem; ii) O ponto amostral 2 representa a água drenada pelas microbacias 2 a 4; iii) O ponto amostral 3 representa a área de captação das microbacias 3 e 4; iv) Os pontos amostrais 4, 5 e 12 não sofrem influências de nenhuma outra microbacia por se tratarem de áreas onde nascem os cursos hídricos; v) O ponto amostral 6 recebe a área das microbacias 6 a 12 por estarem sob o mesmo curso hídrico, o arroio Cambaí; vi) O ponto amostral 7 representa a água drenada pelas microbacias 7 a 12; vii) O ponto amostral 8 representa a área de captação das microbacias 8 a 12; viii) O ponto amostral 9 recebe a área das microbacias 9 a 12; ix) O ponto amostral 10 representa a água drenada pelas microbacias 10 a 12; e o ponto amostral 11 representa a área de captação das microbacias 11 e 12.

Para o processamento das informações de uso e cobertura do solo foi utilizada imagem com resolução espacial de 2,7 metros, do sensor HRC a bordo do satélite CBERS 2B, referente a órbita 133 no ponto 163D do dia 3 de janeiro de 2010. Por meio da interpretação visual em tela (vetorização) e com o auxílio do programa Spring (Câmara et al., 1996) foi possível identificar seis classes de uso e cobertura da terra.

As classes de uso são: i) lavoura de arroz, que incluiu todas as áreas destinadas ao cultivo de arroz irrigado, estejam elas em pousio, sob preparo, semeadas ou em estádios fenológicos distintos; ii) área urbana, na qual foram consideradas todos os tipos de construções, casas, prédios e ruas; iii) área industrial, incluindo todas as plantas industriais, secadores de arroz e granjas tecnificadas de suínos. As classes de cobertura foram: i) campo nativo, todo o campo destinado a pecuária extensiva e que tenha vegetação nativa; ii) vegetação ciliar, toda vegetação arbustiva e arbórea que se localize nas margens de rios, córregos e barragens; iii) vegetação arbórea, toda a vegetação arbustiva e arbórea que não esta as margens dos cursos hídricos.

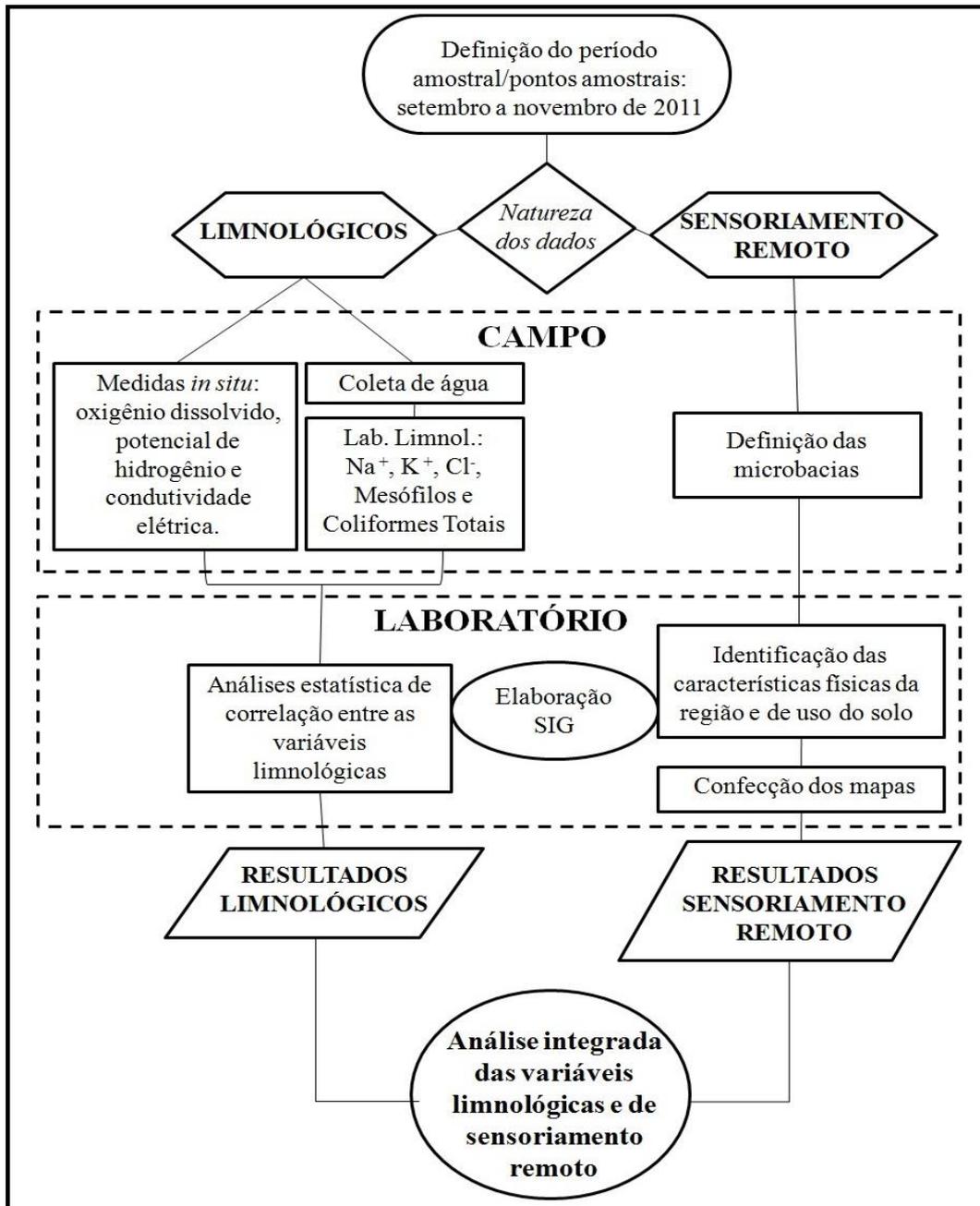


Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando uma visão geral do trabalho, a construção de um banco de dados associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitiu analisar as relações entre variáveis de uso e cobertura do solo e limnológicas de forma consistente e eficaz.

A elaboração de um mapa temático da região (Figura 3) possibilitou quantificar as áreas pertencentes a cada microbacia, onde na Figura 4 é mostrado o percentual de ocupação do solo para cada microbacia analisada.

Com estas análises foi possível perceber que as microbacias localizadas ao lado oeste da área urbana correspondente ao arroio Olaria (Microbacias 1 a 4) são caracterizadas pelo alto percentual de área urbana, entre 65 a 85%. Enquanto que a Microbacia 5 apresenta maior percentual de campo nativo (48%), e as Microbacias 6 a 12 apresentam características predominantes de área orizícolas, com a categoria lavoura acima de 80%.

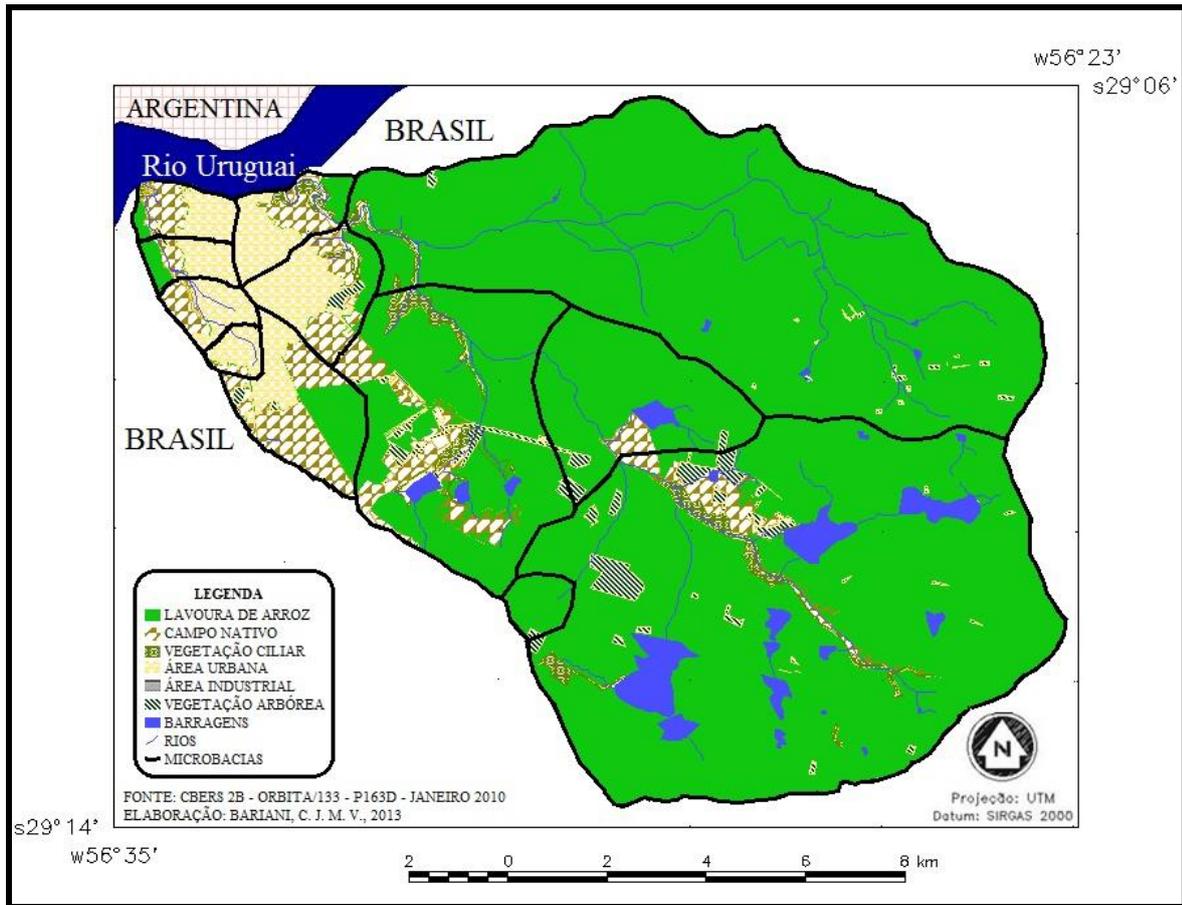


Figura 3 - Uso e cobertura do solo obtido por meio da imagem do satélite CBERS 2B (HRC), 2010.

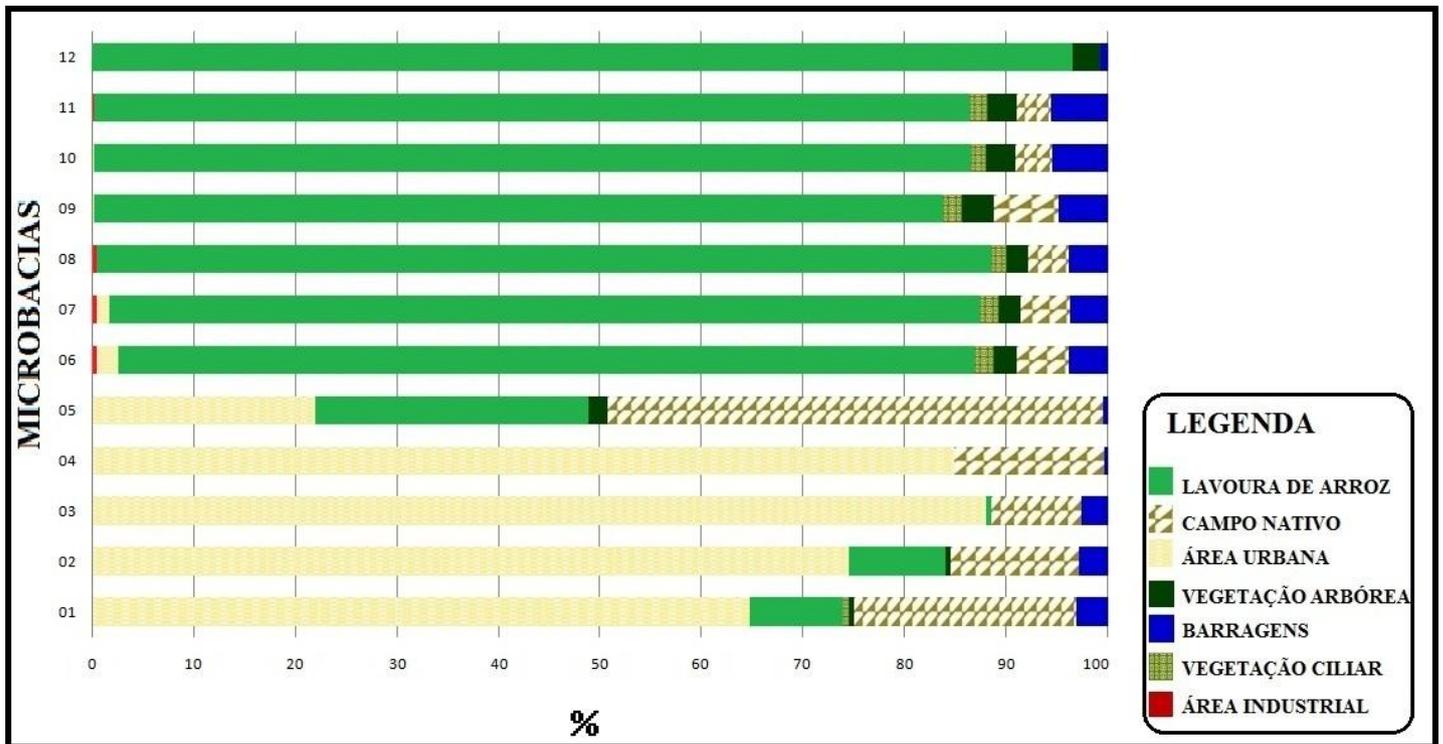


Figura 4 - Gráfico do percentual de uso e cobertura do solo das microbasias avaliadas.

Para analisar os resultados limnológicos e de sensoriamento remoto utilizou-se a correlação de Spearman entre as variáveis físicoquímicas e microbiológicas da água com as classes de uso e cobertura do solo, estas consideradas em porcentagem da área total. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) e a probabilidade de significância (p) entre oito variáveis limnológicas e seis classes de uso da terra. Os resultados que correspondem a mais de 95% ($p < 0,05$) de significância estão destacados em cinza.

Tabela 1 - Matriz de correlação de Spearman entre as variáveis limnológicas e de uso e cobertura do solo.

	CE	OD	Na ⁺	K ⁺	pH	Cl ⁻	ME	C.T
Área	rs: 0,15	rs: -0,40	rs: 0,43	rs: 0,30	rs: -0,72	rs: 0,52	rs: 0,43	rs: 0,63
Industrial	p: 0,71	p: 0,29	p: 0,25	p: 0,44	p: 0,04	p: 0,16	p: 0,25	p: 0,37
Área	rs: 0,35	rs: -0,45	rs: 0,48	rs: 0,39	rs: -0,35	rs: 0,60	rs: 0,71	rs: 0,21
Urbana	p: 0,29	p: 0,17	p: 0,14	p: 0,24	p: 0,29	p: 0,06	p: 0,02	p: 0,69
Lavoura de	rs: 0,24	rs: 0,31	rs: -0,31	rs: 0,01	rs: 0,72	rs: -0,35	rs: -0,72	rs: -0,67
Arroz	p: 0,49	p: 0,36	p: 0,36	p: 0,99	p: 0,01	p: 0,29	p: 0,02	p: 0,22
Mata Ciliar	rs: 0,21	rs: 0,54	rs: 0,18	rs: 0,07	rs: 0,07	rs: -0,50	rs: -0,43	rs: -1
	p: 0,66	p: 0,24	p: 0,71	p: 0,91	p: 0,91	p: 0,27	p: 0,35	p: 0,33
Vegetação	rs: 0,03	rs: 0,28	rs: 0,10	rs: 0,19	rs: 0,19	rs: 0,04	rs: -0,65	rs: -0,56
Arbórea	p: 0,95	p: 0,43	p: 0,79	p: 0,61	p: 0,59	p: 0,92	p: 0,05	p: 0,32
Campo	rs: 0,35	rs: -0,37	rs: 0,44	rs: 0,25	rs: -0,42	rs: 0,43	rs: 0,65	rs: 0,76
Nativo	p: 0,30	p: 0,26	p: 0,18	p: 0,45	p: 0,19	p: 0,19	p: 0,04	p: 0,08

Legenda rs = coeficiente de correlação de Spearman;
 p = probabilidade referente à estatística rs.
 CE Condutividade Elétrica
 OD Oxigênio Dissolvido
 Na⁺ Sódio

K⁺ potássio
 pH potencial de hidrogênio
 Cl⁻ cloretos
 ME mesofilos
 CT coliformes totais

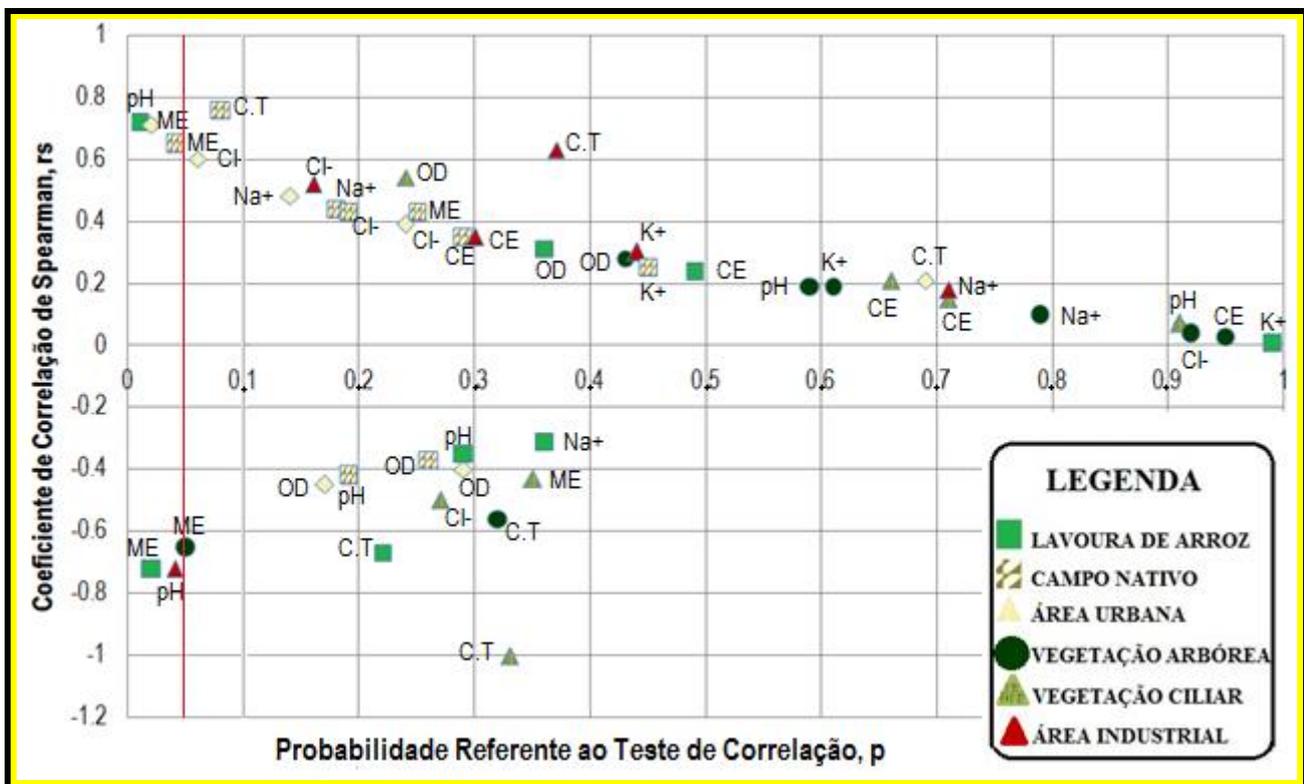


Figura 5 - Gráfico de dispersão indicando os valores do coeficiente de Spearman (r_s) em função da probabilidade da estatística do teste de correlação (p). Valores de p menores que 0,05 (linha vermelha) indicam que as variáveis variam de forma correlacionada, não são independentes. A textura do símbolo (ver legenda) refere-se ao uso do solo, e o rótulo ao tipo de análise, conforme explicado na Tabela 1.

A análise de correlação de Spearman, entre as variáveis limnológicas e de uso e cobertura do solo, indicou ser coerente com aspectos característicos das áreas analisadas, tendo em conta a percentagem da área urbana, lavouras de arroz, mata ciliar, vegetação arbórea e áreas industriais, como pode ser observado na Tabela 1 e na Figura 5.

A classe Industrial apresentou uma correlação negativa com o pH (-0,72). Este fato sugere que as áreas industriais contribuem para a acidez da água, pois quanto maior a área industrial menor será o potencial de hidrogênio desta água. O que pode ser explicado pelo fato de empresas de beneficiamento de arroz e de criação de suínos terem sido inseridas nesta classe de uso do solo (Carvalho, et al., 2000; Barros, et al., 2005; Bonnet, et al., 2008).

A classe Área Urbana apresentou uma correlação positiva com a variável de mesófilos (ME) de 0.71. As bactérias mesófilas são indicadoras de contaminação proveniente de atividades antrópicas, como esgoto sanitário (Borrely, 1995). Esta correlação entre área urbana e bactérias mesófilas pode ser explicada pelo fato do município de Itaquí ainda não possuir uma rede de tratamento de esgoto, o que ocasiona um aumento dessas bactérias nas águas dos cursos hídricos analisados (IBGE, 2011).

A Lavoura de Arroz apresentou correlação positivas com pH (0.72) e correlação negativas com ME (-0.72). Isso sugere que a lavoura de arroz causa menos impacto se comparada com a área urbana da cidade, e talvez possa ter até um efeito depurador (Toledo e Nicolella, 2002; Molozzi, J. et al., 2006) para as variáveis que foram analisadas (mesófilos e coliformes totais), pois quanto maior a área orizícola menor são as concentrações de bactérias.

A classe Vegetação Arbórea apresentou correlação negativas entre ME (-0.65). Este fato corrobora com o exposto, pois as classes de Vegetação, assim como, Lavoura de Arroz mantiveram correlações inversas com as variáveis consideradas proveniente de atividades antrópicas como de urbanização e pecuária.

Com relação à área de Campo Nativo percebe-se uma tendência semelhante a da área urbana, sendo correlações positivas entre as variáveis ME (0.65). Este fato ocorre devido ao campo ser utilizado para a criação de animais, tanto bovinos, como ovinos, caracterizando a pecuária extensiva, com criação de animais sem confinamento, porém geralmente com superlotação e em áreas próximas à cidade. Estas características contribuem para as correlações semelhantes às encontradas na classe Área Urbana, pois da mesma maneira a pecuária contribui para a contaminação bacteriana, por meio dos dejetos desses animais (Amaral, et al., 2004).

Portanto as análises de correlação de Spearman entre a percentagem de área em uma rede de drenagem e variáveis limnológicas em pontos hídricos indicaram ser sensíveis para diferenciar os efeitos da atividade antrópica.

Contudo esta pesquisa deixa em evidência que efeitos de contaminação dos corpos hídricos da região sob estudo são provenientes da área urbana e do campo nativo, pois apresentaram correlações significativas com as variáveis de mesófilos, (0,71) e (0,65) respectivamente. Esse fato aponta para os efluentes da cidade e para a contaminação originária da pecuária extensiva como principais fontes de contaminação das águas. Por outro lado, assim como nesta pesquisa, estudos similares como os de Fernandes et al. (2011) e Bertossi et al. (2013) perceberam que áreas ocupadas por florestas favoreceram a melhoria de alguns parâmetros de qualidade de água.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão da presente pesquisa faz-se necessário revisitar os objetivos propostos inicialmente. O objetivo geral consistiu em *analisar as relações entre as classes de uso da terra (lavoura de arroz; campo nativo; vegetação arbustiva; mata ciliar; área urbanizada e área industrial) e as variáveis limnológicas (condutividade elétrica; oxigênio dissolvido; sódio; potássio; potencial de hidrogênio; cloretos; mesófilos e coliformes totais) em doze pontos nas microbacias com características urbanas e rurais do município de Itaquí, buscando identificar as prováveis causas de degradação ambiental*. Este objetivo foi atingido, pois as duas bases principais da pesquisa: a coleta de dados limnológicos e a integração de dados em um SIG

foram realizadas e permitiram a geração, interpretação e análise dos resultados.

O cruzamento das informações sugere que a contaminação dos corpos hídricos estava relacionada principalmente à poluição proveniente da área urbana e do campo utilizado para pecuária extensiva, indicada pela correlação de 0,71 e 0,65 entre as bactérias mesófilas. A área industrial também se mostrou como uma potencial poluidora, pois a correlação de -0,72 com o pH indica a diminuição do potencial de hidrogênio das águas com o aumento da área industrial que pode ser explicado pela presença de empresas de beneficiamento de arroz e de criação de suínos.

Por outro lado as áreas de lavouras de arroz e vegetação arbórea mantiveram correlações de -0,72 e -0,65 com as bactérias mesófilas indicando, portanto, uma provável recuperação, a nível bacteriano, das águas.

Com o desenvolvimento desta pesquisa foi possível utilizar o potencial do sensoriamento remoto e do sistema de informação geográfica para estudos do ambiente. O ambiente aquático, pontos hídricos analisados, demonstraram-se relacionados aos sistemas terrestres, os quais são passíveis de monitoramento por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

Portanto conclui-se que com as metodologias utilizadas foi possível identificar efeitos das atividades antrópicas nos corpos hídricos na região sob estudo. Esse sistema de monitoramento também mostrou características favoráveis com relação a sua sustentabilidade econômica, pois os procedimentos utilizados, as imagens e o software foram obtidos gratuitamente. Os resultados e metodologias são possíveis de ser levados até os gestores, além da possibilidade das análises e coletas de água ser acompanhadas ou executadas por alunos e professores da rede pública do município, contribuindo para a criação de uma rede de monitoramento ambiental, além de propagar uma consciência ambiental na região.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui; Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Projetos 56348/2010, 455281/2011-4 e 350480/2011-7; e ao Programa de Extensão Universitária do Ministério da Educação e Cultura (PROEXT MEC 2012), projetos Sistema de Integrado de Monitoramento Ambiental da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul (SIMA-FO) e Meio Ambiente: Parceiros em Ação (MAPA). Os autores também agradecem ao Laboratório Interdisciplinar Integrado (LABii) e ao Grupo de Ações Interdisciplinares Aplicadas (UNIGAIA).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, C. M. C. et al. 2004. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902.

American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Pollution Control Federation (WPCF). 1992. *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Mary Ann H. Franson. Madrid: Ed. Diaz de Santos, 1ª. ed., 1816 p.

Analyse-It for Microsoft Excel (version 2. 20). Analyse-it Software, Ltd, 2009. Disponível em: <analyse-it.com>. Acesso em: 10 mai. 2012.

Bariani, C.J.M.V.; Bariani, N.M.V. 2013. Distribuição espacial mensal de variáveis físicoquímicas em cursos hídricos de Itaqui, RS. *Geografia Ensino e Pesquisa*, Santa Maria v. 17, n. 2, p. 167-181.

Barros, F.M. et al. 2005. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, Campina Grande v.9, p. 47-51.

- Bertossi, A.P.A. et al. 2013. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. *Revista Árvore*, Viçosa, v.37, n.1, p.107-117.
- Bonnet, B.R.P. et al. 2008. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, Viçosa, v.32, n.2, p. 331-322.
- Borrely, S.I. 1995. Tratamento de Esgoto sanitário com o uso de acelerador de elétrons. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia associada à Universidade de São Paulo.
- Câmara, G. et al. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, May./Jun.
- Carvalho, A.R. et al. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico químicos da água. *Química Nova*, v. 23, p. 618-622.
- Clescerl, L. S. et al. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. AWWA, 21th.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2005. Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf>. Acessado em: 10 jul. 2012.
- Dowd, B. et al. 2008. Agricultural nonpoint source water pollution policy: The case of California's Central Coast. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. California. vol. 128, Issue3, p. 151-161. Acessado em: <sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090800176X>. Acesso em: 10 de jan. de 2012.
- Fernandes, M. M. et al. 2011. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé - RJ. *Engenharia Ambiental*, v.8, n.2, p.105-116.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2011. *Atlas de Saneamento*. Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, p. 268.
- Molozzi, J. et al. 2006. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.9, p.1393-1398.
- Monaghan, R. M. et al. 2007. Linkages between land management activities and water quality in an intensively farmed catchment in southern New Zealand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, New Zealand, v. 118, p. 211-222.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Sheskin, D.J. 2003. *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*. ISBN 1-58488-440-1, p.1016.
- Toledo, L.G.; Nicolella, G. 2002. Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.181-186.