



ABES RBCiamb

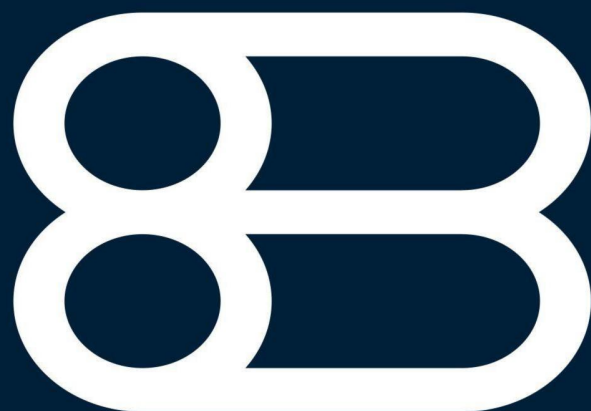
EDIÇÃO 32

Junho/14

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524

ISSN Eletrônico 2176-9478



ABES

Revista Brasileira de Ciências Ambientais



www.abes-dn.org.br

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico 2176-9478

Junho de 2014 Nº 32

Expediente

Editora Geral

Maria do Carmo Martins Sobral

Editor Executivo

Valdir Fernandes

Editores Internacionais

Günter Gunkel - Alemanha

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

Jose Alfaro Joins - EUA

Editores Nacionais

Armando Borges de Castilhos Jr - UFSC

Francisco Suetônio Bastos Mota - UFC

Mário Augusto Gonçalves Jardim - UFPA

Tadeu Fabrício Malheiros - USP

Conselho Editorial

Arlindo Philippi Jr, Adriana Rosseto, Asher Kiperstock, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Cleverson Vitorio Andreolli, Eliza Maria Xavier Freire, Fabiano Toni, Jorge Tenório, Leandro Gonçalves Oliveira, Marco Antonio Almeida de Souza, Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho, Maria de Lourdes Florencio, Miguel Mansur Aisse, Luiz Carlos Beduschi Filho, Wanderley da Silva Paganini

Coordenação

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES

Presidente Nacional da ABES

Dante Ragazzi Pauli

Responsável

Allan Rodrigues

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões:

rbciamb@abes-dn.org.br

Instruções para autores

<http://www.rbciamb.com.br/instrucoes.asp>

Esta é uma publicação em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR



www.ictr.org.br

Editorial

A Associação Brasileira de Engenharia Ambiental (ABES) vem ampliando nos últimos anos suas atividades apresentando um perfil amplo e multidisciplinar incorporando não apenas a visão da Engenharia Sanitária, mas expandindo a área de conhecimento, passando a abranger a Engenharia Ambiental. Essa nova inserção se reflete no aumento de artigos relacionados à temática ambiental que vem sendo submetidos e publicados nos Congressos nacionais e regionais, bem como na Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA).

No cenário atual, de grandes pressões antrópicas sobre os ecossistemas brasileiros, é importante conduzir estudos que incentivem e trabalhem com a ideia de uso sustentável dos recursos naturais, bem como pesquisas que abrangem diferentes áreas do conhecimento voltadas a um mesmo objetivo de desenvolvimento sustentável do país.

Os avanços tecnológicos e sociais vivenciados no Brasil e no exterior dos últimos anos tem refletido em mudanças de paradigmas e direcionamentos da ciência voltados para incorporação de novos temas relevantes e atuais como a gestão de recursos naturais, mudanças climáticas, governança ambiental, prestação de serviços ecossistêmicos, gestão de conflitos, entre outros.

Diante desta demanda significativa de artigos na área de meio ambiente pela comunidade científica acadêmica, bem como pelos atores governamentais e empresariais, a ABES decidiu contribuir para a produção e divulgação do conhecimento científico relacionado às ciências ambientais, com a preocupação crescente, advindas da utilização racional dos recursos naturais e suas relações com o desenvolvimento tecnológico de forma sustentável.

Neste contexto, a ABES passa a partir desta edição a incorporar a Revista Brasileira de Ciências Ambientais - RBCiamb, editada em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ITCR, que vinha assumindo essa revista desde sua criação em 2005.

Durante esses dez anos de existência, a RBCiAmb recebeu cerca de 800 artigos submetidos, dos quais 218 foram publicados em 32 edições. Desde que a Revista Engenharia Sanitária e Ambiental - ESA foi incorporada ao sistema de submissão *on line* do Scielo, 2090 artigos foram submetidos a revista, sendo que mais de 300 na área de meio ambiente, estimularam também esta iniciativa de incorporação desta nova revista com visão interdisciplinar da temática ambiental, que contou com a discussão e adesão de todo Conselho Editorial e Diretoria.

A revista RBCiamb seguirá com grandes temas voltados à Área Ambiental: Políticas e Gestão Ambiental; Recursos Naturais e Ambientais; Controle da Poluição; Gestão de Recursos Hídricos; Tecnologias Ambientais; Mudanças Climáticas e Poluição do Ar; Gestão de Resíduos Sólidos e Governança; Percepção e Educação Ambiental. A revista ESA seguirá com temas mais focados na Engenharia Sanitária, como: Água, Sistema de Abastecimento e Tratamento, Águas Residuárias, Coleta e Transporte, Tratamento de Esgoto Sanitário, Tratamento de Efluentes Industriais, Reúso de Águas, Lodo de Estação de Tratamento, Resíduos Sólidos Urbanos e Industriais.

Esta nova Revista da ABES é direcionada para profissionais de diversas áreas de conhecimento com atuação interdisciplinar e visões distintas que convergem para a temática ambiental. Esta medida se enquadra na estratégia de atendimento às demandas do público alvo da ABES que vem se expandindo da academia e profissionais relacionados à engenharia sanitária e ambiental, para incluir também os envolvidos nos programas de Pós-Graduação de Ciências Ambientais, além de profissionais dos Órgãos Públicos, Consultorias e Organizações não governamentais que atuam na temática ambiental.

Acreditamos que esta nova iniciativa propiciará a ampliação dos espaços de atuação e divulgação da ABES, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país, Contamos com a participação ativa de todos os senhores que fazem da ABES uma das maiores e mais consolidadas associações profissionais brasileiras.

Dante Ragazzi Pauli
Presidente Nacional da ABES

Maria do Carmo Martins Sobral
Editora Geral da Revista RBCiamb

Índice

01 - Projeções de precipitação para o século XXI utilizando sistema de classificação hierárquica de modelos: aplicação para o nordeste setentrional brasileiro

Yvonne Magdalena Campos Lázaro
Cleiton da Silva Silveira
Francisco de Assis de Souza Filho
Wictor Edney Dajtenko Lemos

12 - Diagnóstico preliminar de parâmetros físico-químicos das águas superficiais e subterrâneas do município de Barreiras - BA antes da ampliação do saneamento básico

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos
Oldair Donizeti Leite
Anete Dutra Meira Vieira

24 - Os olhares dos pescadores profissionais e proprietários comerciais, sobre o Rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso

Rosimeire Vilarinho da Silva
Célia Alves de Souza
Aumeri Carlos Bampi

42 - Análise de cenários com proposição de medidas de recuperação ambiental para a micro-bacia do Tijuco Preto, São Carlos-SP

Alfredo A. Ohnuma Jr
Eduardo Mario Mendiondo

52 - Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil

Luciene da Costa Rodrigues
Sandra Mara Alves da Silva Neves
Ronaldo José Neves
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin
João dos Santos Vila da Silva

65 - Monitoramento químico e do potencial genotóxico para o diagnóstico da qualidade de corpos hídricos

Gustavo Marques da Costa
Mara Betânia Brizola Cassanego
Camila Tamires Petry
Tatiane Benvenuti
Maria Angélica Kieling Rubio
Marco Antônio Siqueira Rodrigues
Annette Droste

75 - Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano

Camila Muniz Melo Antunes
Sílvia Cardoso Bittencourt
Tássio Dresh Rech
Aldo Camargo de Oliveira

88 - Avaliação dos aspectos construtivos e vulnerabilidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios municipais de Curitiba (Paraná)

Cristiane Maria Born
Cíntia Mara Ribas de Oliveira
Selma Aparecida Cubas

106 - Metais pesados nos sedimentos ativos de corrente na confluência dos rios Piranhas e Seridó, estado do RN

Mário Tavares de O. Cavalcanti Nt.
Maria Sallydelândia Sobral de Farias
José Dantas Neto

115 - Análise da Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e Nível de Estresse em Trabalhadores da Construção Civil

Hernani Camilo Valinote
Lílian Fernanda Pacheco
Fabiana Pavan Viana
Cibelle Kayenne Martins Roberto Formiga

Projeções de precipitação para o século XXI utilizando sistema de classificação hierárquica de modelos: aplicação para o nordeste setentrional brasileiro

Precipitation forecasts for the XXI century using a hierarchical classification system into climate models: northeast brazil application

RESUMO

Os modelos globais do quarto relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC-AR4) são avaliados para o Nordeste Setentrional do Brasil (NEB) quanto à representação da variabilidade interanual e interdecadal da precipitação para o período de 1901 a 1999 e são analisadas as projeções do cenário A1B. Essa avaliação é realizada utilizando-se os dados do *Climatic Research Unit* (CRU) e a reanálise *20th Century Reanalysis V2* do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). É aplicada a transformada em ondeletas à série de dados para detectar e analisar os padrões de variabilidades existentes no século XX. Os resultados sugerem que os modelos CSIRO_MK3_0_RUN2, GISS_MODEL_E_R_RUN8 e UKMO_HADCM3_RUN1 reproduziram de maneira satisfatória a variabilidade plurianual. Os modelos divergem quanto o futuro da precipitação no NEB, alguns indicam impactos positivos na média anual de até 12% e outros impactos negativos de até 42%.

PALAVRAS-CHAVE: modelos do IPCC, mudança climática e variabilidade de precipitação

ABSTRACT

The global models of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-AR4) are evaluated for the Northern Northeast Brazil (NEB) as the representation of interannual variability and interdecadal precipitation for the period 1901-1999 for the A1B scenario projections. This evaluation is performed using data from the Climatic Research Unit (CRU) and the 20th Century Reanalysis V2 of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). It was applied the wavelet transform to the data set to detect and analyze existing patterns of variability in the twentieth century. The results suggest that CSIRO_MK3_0_RUN2 and GISS_MODEL_E_R_RUN8 UKMO_HADCM3_RUN1 models reproduced satisfactorily the variability. The models differ on the future NEB rainfall, indicating some positive impacts on annual average of 12% and negative impacts up to 42%.

KEYWORDS: IPCC models, climate change and precipitation variability

Yvonne Magdalena Campos Lázaro

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Fortaleza, Ceará, Brasil
yvonnecamp@gmail.com

Cleiton da Silva Silveira

Professor Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (IEDS), Redenção, Ceará, Brasil
cleitonsilveira16@yahoo.com.br

Francisco de Assis de Souza Filho

Professor Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Fortaleza, Ceará, Brasil
assis@ufc.br

Wictor Edney Dajtenko Lemos

Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Fortaleza, Ceará, Brasil
dajtenko@gmail.com

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas devido à ação antropogênica tem sido alvo de discussões e pesquisas científicas em todo mundo (DUURSMA, 2002; KOUSKY 1979; TASCHETTO e WAINER, 2005; IPCC, 2007; MARENGO, 2008). Diversos autores identificaram aumento da temperatura nas últimas décadas, modificando diversas variáveis climatológicas, dentre elas a precipitação (MARENGO e VALVERDE, 2007; MARENGO e SOARES, 2005). Estudos buscam avaliar os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos (HAYLOCK *et al.*, 2006) destas alterações para que possam ser tomadas medidas que minimizem as consequências dessas alterações.

Na região Nordeste do Brasil (NEB), predomina um clima semiárido com intensa variabilidade temporal e espacial de chuvas (SOUZA FILHO, 2006; MARENGO, 2002 e 2004; MOLION, 2002), devido fundamentalmente à atuação simultânea de diversos sistemas atmosféricos de várias escalas e à dinâmica de suas interações. Estes podem variar com as características fisiográficas da região, assim como, pelos padrões anômalos de grande escala de circulação atmosférica global associada ao fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENSO) e ao dipolo do Atlântico, o que modifica frequência, distribuição espacial e intensidade desses sistemas.

Chaves *et al.* (2004), considerando resultados da reanálise do “National Centers for Environmental Prediction” / “National Center for Atmospheric Research” (NCEP/NCAR) dos EUA, identificaram sobre o NEB o aumento da temperatura cerca de 0,6°C, para o período de 1976-2007 em relação a 1948-1975. Sendo que no período de 1992-2007 em relação a 1948-1975, o aumento foi de aproximadamente 1,2°C. Esse trabalho mostrou ainda, fortes indícios de que a variabilidade

natural do clima associada às oscilações do El Niño não é a única responsável pelo aumento de temperatura na região do NEB. Marengo (2007), baseado nas evidências observacionais e tendências observadas no Brasil para o século XX e os modelos do IPCC; apresenta cenários climáticos para o século XXI, para o NEB, a tendência dos modelos é de redução de chuvas acompanhada de um aumento de temperatura para finais do século XXI.

Andreoli *et al.* (2004), utilizaram a transformada em ondeletas para analisar as variações da precipitação em Fortaleza e da temperatura da superfície do mar (TSM) nos oceanos Pacífico e Atlântico para o período de 1856 a 1991, foi identificado um pico dominante de 12,7 anos na série. Confirmou-se, ainda, alta coerência entre a variabilidade de precipitação no norte do NEB e o gradiente inter-hemisfério de TSM no Atlântico na escala interdecadal.

Estas variações, associadas às mudanças climáticas vem sendo discutidos através da publicação de relatórios por o IPCC, com vistas à compreensão de sua ocorrência buscando avaliar e identificar os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos (IPCC, 2007(b)). O quarto relatório (IPCC-AR4, 2007) confirma a projeção da temperatura média da atmosfera global. Os diferentes modelos do

IPCC-AR4 têm cenários divergentes para o campo de precipitação para a região do NEB, alguns projetando aumento de precipitação e outros, redução.

Assim, tendo como base os modelos do IPCC-AR4 e utilizando a transformada em ondeletas (Torrence e Compo, 1998), o objetivo do presente trabalho é avaliar a capacidade destes modelos em representar o padrão de chuvas no século XX, e identificar os modelos que melhor representam a variabilidade interanual e decadal do Nordeste Setentrional do Brasil. Além disso, serão analisadas as projeções das precipitações dos modelos globais IPCC-AR4 para o cenário A1B para o século XXI, buscando identificar tendências nas variações interanuais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Região de Estudo

Utilizou-se uma região de 0° a 10°S de latitude e 33°O a 44°O de longitude sobre o NEB, e uma porção do Oceano Atlântico, conforme mostra a figura 1.

Aquisição dos dados Observados

A base de dados observacionais utilizada para verificar a destreza dos modelos do IPCC sobre o continente é proveniente da “University of East

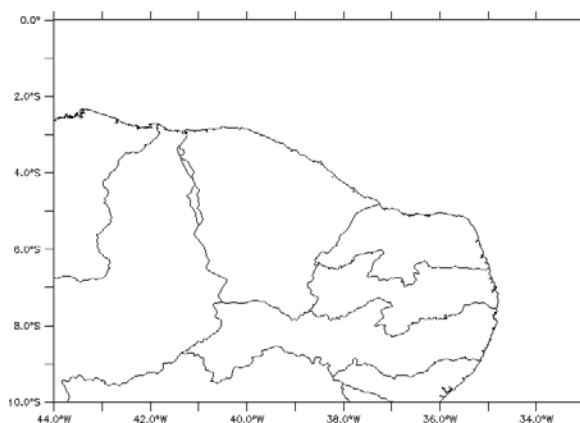


Figura 1- Região de estudo, Nordeste Setentrional brasileiro e parte do Oceano Atlântico

Anglia"/"Climate Research Unit" (CRU) (NEW *et al.*, 1999 e NEW *et al.*, 2001) (<http://badc.nerc.ac.uk/data/cru/>), enquanto sobre o oceano são usadas as reanálises "20th Century Reanalysis V2" (COMPO, 2004; WHITAKER, 2006), fornecidas pelo National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) a partir do site <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>.

O conjunto de dados utilizado corresponde à série anual média de precipitação de 1901 a 1999, com resolução de 0,5 graus para o continente (CRU TS 3.0) e 2,0 graus para o oceano (20th Century Reanalysis V2).

Modelos do IPCC

Os dados provenientes do IPCC são simulações de modelos globais de centros de meteorologia que participaram desse relatório, conforme tabela 1, a partir das próprias observações do século XX. Neste estudo, será realizada uma análise dos dados de previsão climática do 4º relatório do IPCC para o NEB no século XX; foram avaliados os 24 modelos com suas respectivas rodadas, num total de 72.

Para avaliação das projeções para o século XXI para o Nordeste Setentrional do Brasil serão considerados os modelos do cenário A1B. O cenário A1B sugere um pico das emissões de gases estufa na metade do século XXI,

seguido por uma tendência de redução na segunda metade do século XXI (IPCC, 2007).

Métodos de Análise de Séries Temporais – Wavelets

O método utilizado neste estudo para caracterizar as variabilidades tanto de espaço como de tempo no padrão de precipitação, é a Transformada de Wavelets. Este método é recomendado para o estudo de fenômenos transientes, espacialmente heterogêneos e que atuam simultaneamente em várias escalas do escoamento (WENG e LAU, 1994; TORRENCE e COMPO, 1998).

Tabela 1- Modelos que compõem as previsões do IPCC

| Designação do Modelo | Instituição ou Agência; País | Topo do modelo /Resolução |
|----------------------|---|----------------------------------|
| BCC-CM1 | Beijing Climate Center; China | 25 hPa/ T63 (1.9° x 1.9°) L16 |
| BCCR-BCM2 | Bjerknes Centre for Climate Research, Universidade de Bergen; Noruega | 10 hPa/ T63 (1.9° x 1.9°) L31 |
| CCCMA-CGCM3 1-T47 | Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis; Canadá | 1 hPa/ T47 (~2.8° x 2.8°) L31 |
| CCCMA-CGCM3 1-T63 | Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis; Canadá | 1 hPa/ T63 (~1.9° x 1.9°) L31 |
| CNRM-CM3 | Centre National de Recherches Meteorologiques, Meteo France; França | 0.05 hPa/ T63 (~1.9° x 1.9°) L45 |
| CONS-ECHO-G | Meteorological Institute of the University of Bonn (Alemanha), Institute of KMA (Correia do Sul), and Model, and Data Group | 10hPa/ T30 (~3.9° x 3.9°) L19 |
| CSIRO-MK3 | CSIRO; Austrália | 4.5 hPa/ T63 (~1.9° x 1.9°) L18 |
| CSIRO-MK3.5 | CSIRO; Austrália | 4.5 hPa/ T63 (~1.9° x 1.9°) L18 |
| GFDL-CM2.0 | Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, NOAA; Estados Unidos | 3 hPa/ 2.0° x 2.5° L24 |
| GFDL-CM2.1 | Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, NOAA; Estados Unidos | 3 hPa/ 2.0° x 2.5° L24 |
| INM-CM3.0 | Institute of Numerical Mathematics, Russian Academy of Science; Rússia | 10 hPa/ 4° x 5° L21 |
| INGV-SXG2005 | National Institute of Geophysics and Volcanology; Itália | 10hPa/ T106 (1,125° x1,125°) |
| IPSL-CM4 | Institut Pierre Simon Laplace (IPSL); França | 4 hPa/ 2.5° x 3.75° L19 |
| LASG-FGOALS-G1.0 | LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 9804, Beijing 100029; China | 2.2 hPa/ T42 (~2.8 x 2.8°) L26 |
| MPIM-ECHAM5 | Max Planck Institute for Meteorology; Alemanha | 10 hPa/ T63 (~1.9° x 1.9°) L31 |
| MRI-CGCM2.3.2 | Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency; Japão | 0.4 hPa/ T42 (~2.8° x 2.8°) L30 |
| NASA-GISS-AOM | Nasa Goddard Institute for Space Studies (NASA/GISS); Estados Unidos | 10hPa/ 3° x 4° L12 |
| NASA-GISS-EH | Nasa Goddard Institute for Space Studies (NASA/GISS); Estados Unidos | 0.1 hPa/ 4° x 5° L20 |
| NASA-GISS-ER | Nasa Goddard Institute for Space Studies (NASA/GISS); Estados Unidos | 0.1 hPa/ 4° x 5° L20 |
| NCAR-CCSM3 | National Center for Atmospheric Research (NCAR); Estados Unidos | 2.2 hPa/ T85 (1.4° x 1.4°) L26 |
| NCAR-PCM | National Center for Atmospheric Research (NCAR), NSF, DOE, NASA, e NOAA; Estados Unidos | 2.2 hPa/ T42 (~2.8° x 2.8°) L26 |
| NIES-MIROC3.2-HI | CCSR/ NIES/ FRCGC; Japão | 40 km T 106 (~1.1° x 1.1°) L56 |
| NIES-MIROC3.2-MED | CCSR/ NIES/ FRCGC; Japão | 30 km T42 (~2.8° x 2.8°) L20 |
| UKMO-HADCM3 | Hadley Centre for Climatic Prediction and Research, Met Office; Reino Unido | 5 hPa/ 2.5° x 3.75° L19 |
| UKMO-HADGEM1 | Hadley Centre for Climatic Prediction and Research, Met Office; Reino Unido | 39.2 km/ ~1.3° x 1.9° L38 |

Transformada em ondeletas (TO)

A TO é definida em termos de uma integral de convolução entre o sinal analisado $f(t)$ e uma função wavelet conhecida, expressa pela equação 1.

$$C(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi_{a,b}(t)dt \quad (1)$$

Em que os parâmetros a e b variam continuamente em R , com $a \neq 0$, e

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a \in R^+, b \in R \quad (2)$$

Sendo as funções $\psi_{a,b}$ chamadas de ondeletas filhas e são geradas a partir de dilatações e translações da ondeleta-mãe $\psi(t)$. A função ondeleta considerada para a análise foi a de Morlet, dada pela equação 3:

$$\psi(t) = e^{iw_0t} e^{-\eta^2/2} \quad (3)$$

com $w_0 = 6$ e $\eta = t/s$ onde t é o tempo e s é a escala da wavelet.

O algoritmo usado foi o desenvolvido por Torrence e Compo (1998).

Critérios de Avaliação

Utilizou-se como critério de avaliação a representação da variabilidade interanual e interdecadal da precipitação do NEB, pois ela exerce profunda influencia na variabilidade climática sobre o NEB e mostra-se como um importante modulador da variabilidade de mais alta frequência (HASTENRATH, 1981; NOBRE e SHUKLA, 1996; KAYANO e ANDREOLI, 2004).

Para avaliar os modelos do IPCC são calculados os espectros globais anuais sobre a região do

NEB. Em seguida, é feita uma comparação entre os espectros dos dados observados e das rodadas dos modelos do IPCC para que possam ser definidos quais os modelos que possuem melhor desempenho para a região de estudo. As medidas estatísticas utilizadas, cujas definições estão indicadas nesta secção, são: correlação entre espectros (CORREL) (conforme equação 5) e a distância euclidiana das variâncias das bandas (DIST).

$DIST^2$ indica o valor da variabilidade das variâncias das rodadas dos modelos quanto às variâncias dos dados observados por bandas e é definida pela equação:

$$DIST^2 = \sum_{i=1}^3 (Var_{BANDAobs} - Var_{BANDAmod})^2 \quad (4)$$

onde i é o número de bandas avaliadas, $Var_{BANDAobs}$ é a variância por banda da série observada e $Var_{BANDAmod}$ é a variância da banda das rodadas dos modelos do IPCC-AR4. Valores altos de DIST indicam uma distância maior entre as variâncias dos modelos quanto à variância da série observada.

A correlação assume valores entre -1 e 1 que indicam, respectivamente, anticorrelação e perfeita correlação, havendo ainda a total ausência de correlação verificada com um resultado igual a zero, conforme equação 5. Este índice tem a capacidade de detectar correspondência de fase entre as séries, sendo, por construção, insensível a erros de viés.

$$CORREL = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (A_i - \bar{A})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^{i=n} (A_i - \bar{A})^2}} \quad (5)$$

$$AVAL = \alpha_c \left(\frac{CORREL - CORREL_{MIN}}{CORREL_{MAX} - CORREL_{MIN}} \right) + \alpha_r \left(\frac{DIST_{MAX} - DIST}{DIST_{MAX} - DIST_{MIN}} \right) \quad (6)$$

onde n são os anos, P é a previsão de cada ano e A é a análise considerada como observação.

Ao final do cálculo desse índice é feita uma avaliação ponderada (AVAL) para que os modelos possam ser classificados, dada pela equação 6. tal que:

$$\alpha_c + \alpha_r = 1 \quad (7)$$

Sendo, $CORREL_{MIN}$ a menor correlação obtida entre os modelos do IPCC e $CORREL_{MAX}$ a máxima correlação. Assim como, $DIST_{MAX}$ é a máxima distância das variabilidades por bandas das rodadas dos modelos e $DIST_{MIN}$ o mínimo.

As variáveis α_c e α_r assumem valores entre 0 e 1 (conforme equação 7). Para valores $\alpha_c > \alpha_r$, a correlação exerce maior influência na avaliação do modelo, enquanto que para $\alpha_c < \alpha_r$, a distância entre as variabilidades dos modelos possui maior peso na avaliação. Já para $\alpha_c = \alpha_r = 0,5$, as duas métricas utilizadas neste trabalho exercem o mesmo efeito sobre o valor de AVAL. A variável AVAL assume valores entre 0 e 1 que indicam, respectivamente, o pior entre os modelos avaliados e o melhor deles, segundo este critério.

Análise das Projeções

Para o cálculo das anomalias sazonais são consideradas as projeções fornecidas pelos modelos globais do IPCC-AR4 para o cenário A1B no período de 2010 a 2099. Em seguida é feita uma comparação relativa à representação dos modelos para o cenário 20C3M (este cenário indica como os modelos do IPCC representam os padrões de variação do século XX) no período de 1901 a 1999.

As medidas estatísticas utilizadas, cuja definição encontra-se a seguir, é a anomalia na média anual de precipitação.

Para o cálculo da anomalia na média anual considerou-se a equação 8, dada pela diferença entre a média anual do cenário do século XXI e média anual do cenário 20C3M sobre a média anual do século XX:

$$A_{\text{anual}} = \frac{(P_{\text{XXI}}^a - P_{\text{20C3M}}^a)}{P_{\text{20C3M}}^a} \cdot 100 \quad (8)$$

Onde P_{XXI}^a é média da precipitação anual para o cenário do século XXI e P_{20C3M}^a é a média da precipitação anual para o cenário 20C3M.

Para analisar a tendência do século XXI as séries de precipitações anuais dos cenários do século XXI foram normalizadas com base nas características da série do cenário 20C3M de 1901 a 1999. Essa normalização segue a equação 9:

$$Z = \frac{X_{\text{XXI}}^j - \bar{X}_{\text{20C3M}}}{\sigma_{\text{20C3M}}} \quad (9)$$

Onde Z é a precipitação do cenário do século XXI normalizada, X_{XXI}^j a precipitação anual do cenário

A1B para um ano j, \bar{X}_{20C3M} a precipitação anual média do cenário 20C3M na série de 1901 a 1999 e σ_{20C3M} o desvio padrão da série de precipitações anuais do cenário 20C3M.

RESULTADOS

Análises de ondeletas

A análise da série observada foi realizada visando conhecer as relações existentes entre as componentes de diferentes

Espectro Global Wavelet

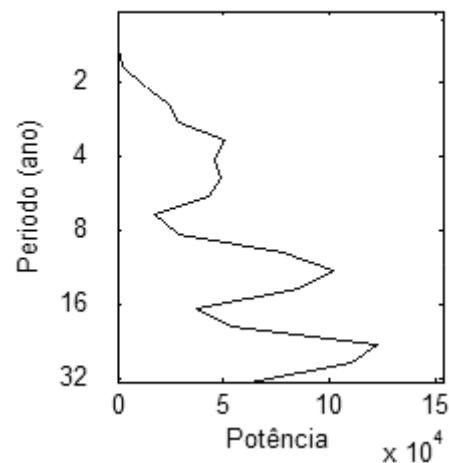


Figura 2 – Espectro global wavelet para o século XX.

períodos, em função da escala temporal do sinal.

Na figura 2 o espectro global da série de dados observados de precipitação CRU/NOAA mostra picos na escala interanual (3,5 e 4,9 anos) e picos para as escalas decadal (11,7 e 23,4 anos), e mostra que ao longo do Século XX esta apresenta três bandas características de (3-6 anos), (9-14 anos) e (19-33 anos), ou seja, ela apresenta oscilações em várias escalas de tempo.

Espectros Globais

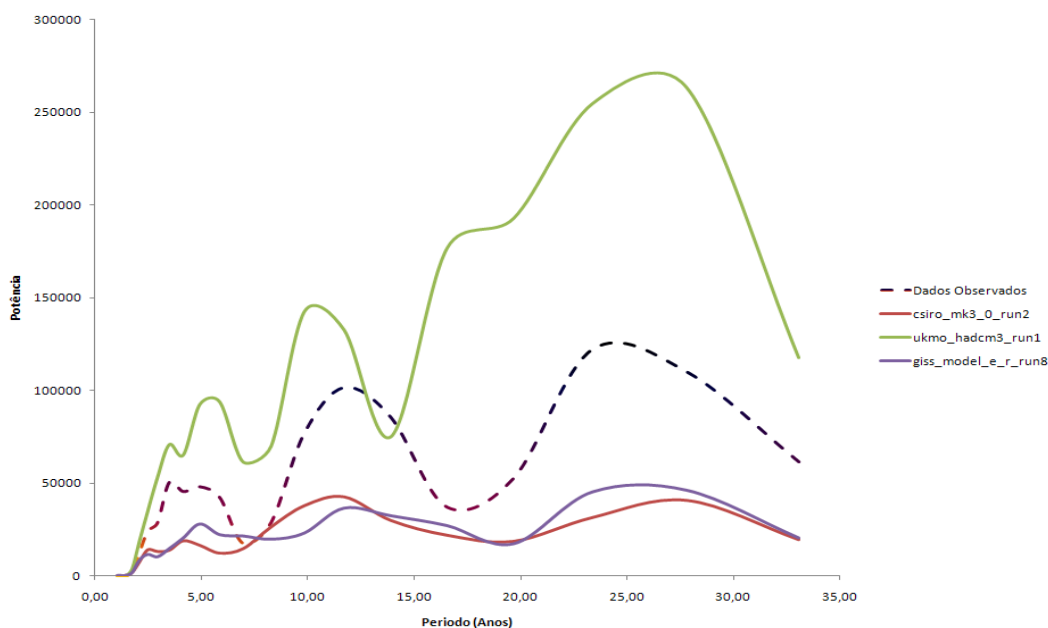


Figura 3 – Espectro da precipitação observada e dos três modelos que tem maior correlação

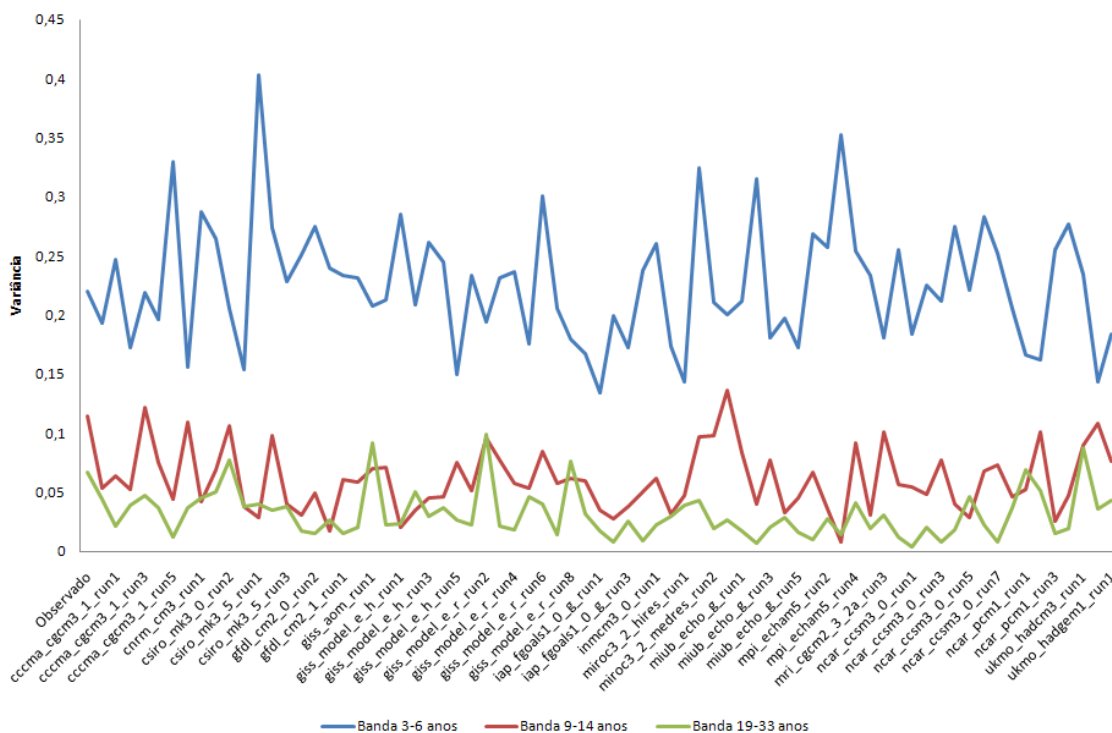


Figura 4 – Variância das rodadas dos modelos do IPCC-AR4 e da série observada por bandas

Na figura 3 são mostrados os espectros globais tanto da série observada quanto pelos modelos do IPCC que apresentam maior CORREL: GISS_MODEL_E_R_RUN8, CSIRO_MK3_0_RUN2 e UKMO_HADCM3_RUN1. No caso do modelo UKMO_HADCM3_RUN1 ele tem uma maior amplitude que as observações, mesmo assim ele capta o comportamento das observações.

Variâncias Espectrais da Série Observada e dos Modelos do IPCC

Para a análise da variância espectral das rodadas dos modelos foram avaliadas as três bandas mais representativas da série observada de precipitação no século XX. As bandas consideradas foram de (3-6 anos), (9-14 anos) e (19-33 anos).

Na figura 4 mostra as variações dos modelos com respeito às bandas consideradas neste estudo. Na banda de 3-6 anos a variância dos dados observados é 0,21, sendo que tal padrão de

variação é bem representado pelos modelos CSIRO_MK3_5_RUN2, GISS_MODEL_R_RUN8 e NCAR_PCM1_RUN2 que possuem variâncias de aproximadamente 0,20. Os modelos CSIRO_MK3_5_RUN1, MPI_ECHAM5_RUN3 e CCCMA_CGCM3_1_RUN5 superestimam a variância observada, enquanto os modelos UKMO_HADCM3_RUN2, MIROC3_2_HIRES_RUN1 e IAP_FGOALS1_0_G_RUN1 subestimam.

Na banda de 9 – 14 anos a variância dos dados observados é 0,11. Os padrões de variação dos modelos CCCMA_CGCM3_1_T63_RUN1, CSIRO_MK3_5_RUN2, MRI_CGCM2_3_2A_RUN3 possuem variâncias aproximadas às observações. O padrão de variação do modelo MIROC3_2_MEDRES_RUN3 superestima a variância observada, enquanto as variâncias dos modelos MPI_ECHAM5_RUN3, GFDL_CM2_0_RUN3,

GISS_MODEL_E_H_RUN1 subestimam.

Na banda de 19 – 33 anos a variância dos dados observados é 0,07. Este padrão de variação é bem representado pelos modelos CSIRO_MK3_5_RUN2, GISS_MODEL_R_RUN8, NCAR_PCM1_RUN1 que possuem variâncias aproximadas às observações. As variâncias dos modelos GISS_AOM_RUN1, GISS_MODEL_E_R_RUN2, UKMO_HADCM3_RUN1 superestimam a variância observada, enquanto as variâncias dos modelos NCAR_CCSM3_0_RUN1, IAP_FGOALS1_0_G_RUN2, MIUB_ECHO_G_2 subestimam.

Na figura 5 mostra-se a variação percentual dos modelos nas três bandas representativas no século XX para o NEB. O modelo CSIRO_MK3_5_RUN1 representa 80% a mais em relação a variabilidade interanual da precipitação observada, na banda de 3 – 6 anos, já o mesmo modelo para a banda de 9 – 14 anos representa 75% a menos da variabilidade nessa

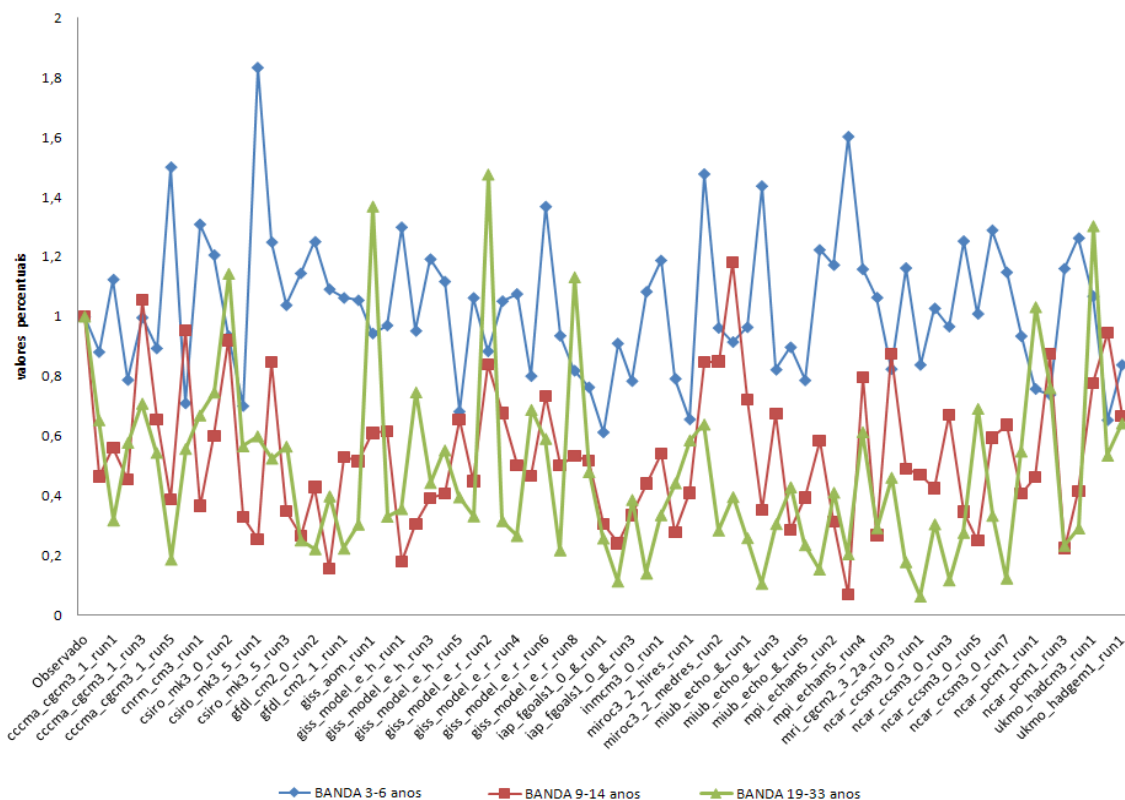


Figura 5 – Variação percentual das rodadas dos modelos do IPCC por bandas com respeito aos dados observados no NEB

faixa, e para a banda de 19 - 33 anos representa 50% a menos da variabilidade interdecadal de precipitação observada no século XX.

O modelo UKMO_HADCM3_RUN1 tem uma boa representação da variabilidade interanual com 6% a mais da série observada na banda de 3 – 6 anos, na banda de 9 -14 anos ele representa 12% a menos da variabilidade nessa faixa e para a banda de 19 – 33 anos ele representa 30% a mais da variabilidade interdecadal observada.

O modelo NCAR_PCM1_RUN2 representa 27% a menos da variabilidade interanual observada, na banda de 9 -14 anos ele representa 13% a menos da variabilidade nessa faixa, já para a banda de 19 – 33 anos o modelo representa 25% a menos da variabilidade interdecadal da série observada.

Classificação dos Modelos do IPCC

A tabela 2 mostra os índices estatísticos CORREL, DIST e AVAL de todas as rodadas dos modelos do IPCC em ordem de classificação, para α_c e α_r igual a 0,5. O modelo CSIRO_MK3_0_RUN2 apresentou correlação superior a 0,89 e distancia inferior a 0,18 em relação à variação por bandas da série observada, seguido pelos modelos UKMO_HADCM3_RUN1 e GISS_MODEL_E_R_RUN8. O modelo MPI_ECHAM5_RUN3 apresentou correlação negativa e a maior distancia, o que levou esse modelo a apresentar AVAL igual a 0, indicando que o mesmo não representa adequadamente os padrões de variação de baixa frequência da série observada no século XX. Os modelos MIUB_ECHO_G_RUN2, IAP_FGOALS1_0_G_RUN2 e MPI_ECHAM5_RUN3 apresentam correlações inferiores aos demais,

associados a distancias superiores a 1,17, por isso obtiveram um AVAL baixo.

Análise das projeções anuais de precipitação do cenário A1B

Na figura 6 é mostrada a anomalia percentual da precipitação anual média sobre o Nordeste Setentrional do Brasil para os dez melhores modelos do IPCC-AR4, segundo a avaliação proposta neste trabalho, que possuem projeções disponíveis para o cenário A1B no período de 2010 e 2099.

Os modelos UKMO_HADCM3_run1 e MIROC3_2_MEDRES_run1 apresentam projeções que indicam que a média das precipitações no século XXI sofreriam decréscimos superiores a 12% para o cenário A1B. Enquanto os modelos CSIRO_MK3_0_run1 e giss_model_e_r_run1 indicam acréscimos de aproximadamente

Tabela 2 – AVAL dos modelos do IPCC-AR4, em ordem de classificação, para o século XX para região Nordeste do Brasil

| Modelos do IPCC | Correl | Dist | Aval | Modelos do IPCC | Correl | Dist | Aval |
|------------------------|--------|------|------|----------------------|--------|------|------|
| csiro_mk3_0_run2 | 0,90 | 0,18 | 0,99 | giss_model_e_r_run9 | 0,35 | 0,75 | 0,49 |
| ukmo_hadcm3_run1 | 0,84 | 0,38 | 0,88 | miub_echo_g_run1 | 0,38 | 0,79 | 0,49 |
| giss_model_e_r_run8 | 0,92 | 0,52 | 0,86 | giss_model_e_r_run3 | 0,32 | 0,76 | 0,47 |
| ncar_pcm1_run2 | 0,78 | 0,38 | 0,85 | giss_model_e_r_run1 | 0,41 | 0,87 | 0,47 |
| giss_model_e_r_run2 | 0,79 | 0,52 | 0,80 | giss_model_e_r_run4 | 0,41 | 0,89 | 0,46 |
| csiro_mk3_0_run1 | 0,78 | 0,52 | 0,79 | ipsl_cm4_run1 | 0,42 | 0,94 | 0,44 |
| giss_aom_run1 | 0,78 | 0,54 | 0,78 | gfdl_cm2_1_run2 | 0,33 | 0,85 | 0,44 |
| mpi_echam5_run4 | 0,68 | 0,47 | 0,77 | giss_model_e_r_run7 | 0,39 | 0,93 | 0,43 |
| cccma_cgcm3_1_t63_run1 | 0,74 | 0,53 | 0,77 | ncar_ccsm3_0_run6 | 0,26 | 0,83 | 0,41 |
| mri_cgcm2_3_2a_run3 | 0,76 | 0,58 | 0,75 | ncar_pcm1_run4 | 0,35 | 0,96 | 0,41 |
| miroc3_2_medres_run1 | 0,77 | 0,62 | 0,74 | ncar_ccsm3_0_run2 | 0,30 | 0,90 | 0,40 |
| giss_model_e_r_run6 | 0,74 | 0,61 | 0,73 | mri_cgcm2_3_2a_run1 | 0,30 | 0,91 | 0,40 |
| cccma_cgcm3_1_run3 | 0,41 | 0,30 | 0,71 | inmcm3_0_run1 | 0,22 | 0,83 | 0,39 |
| miroc3_2_medres_run3 | 0,67 | 0,64 | 0,69 | ncar_ccsm3_0_run4 | 0,34 | 1,01 | 0,38 |
| csiro_mk3_5_run2 | 0,57 | 0,56 | 0,67 | ingv_echam4_run1 | 0,35 | 1,03 | 0,37 |
| ncar_pcm1_run1 | 0,55 | 0,59 | 0,65 | gfdl_cm2_0_run2 | 0,32 | 1,00 | 0,37 |
| bccr_bcm2_0_run1 | 0,53 | 0,65 | 0,62 | mpi_echam5_run1 | 0,29 | 0,97 | 0,37 |
| miroc3_2_medres_run2 | 0,59 | 0,73 | 0,61 | mri_cgcm2_3_2a_run2 | 0,33 | 1,02 | 0,37 |
| cccma_cgcm3_1_run1 | 0,66 | 0,82 | 0,61 | mpi_echam5_run2 | 0,23 | 0,92 | 0,36 |
| giss_aom_run2 | 0,60 | 0,77 | 0,60 | iap_fgoals1_0_g_run3 | 0,23 | 0,93 | 0,36 |
| ukmo_hadgem1_run1 | 0,36 | 0,52 | 0,60 | miub_echo_g_run5 | 0,28 | 1,00 | 0,35 |
| cccma_cgcm3_1_run4 | 0,42 | 0,58 | 0,59 | csiro_mk3_5_run1 | 0,43 | 1,19 | 0,34 |
| ncar_ccsm3_0_run5 | 0,62 | 0,81 | 0,59 | ncar_ccsm3_0_run7 | 0,21 | 0,96 | 0,34 |
| cccma_cgcm3_1_run2 | 0,52 | 0,72 | 0,58 | ncar_ccsm3_0_run3 | 0,18 | 0,94 | 0,33 |
| giss_model_e_h_run5 | 0,54 | 0,77 | 0,57 | mri_cgcm2_3_2a_run4 | 0,21 | 0,98 | 0,33 |
| giss_model_e_h_run3 | 0,60 | 0,85 | 0,57 | gfdl_cm2_0_run3 | 0,22 | 1,04 | 0,31 |
| giss_model_e_r_run5 | 0,41 | 0,65 | 0,56 | gfdl_cm2_1_run1 | 0,10 | 0,91 | 0,30 |
| cnrm_cm3_run1 | 0,51 | 0,78 | 0,56 | giss_model_e_h_run1 | 0,24 | 1,09 | 0,30 |
| csiro_mk3_0_run3 | 0,56 | 0,85 | 0,55 | cccma_cgcm3_1_run5 | 0,29 | 1,13 | 0,30 |
| miub_echo_g_run4 | 0,53 | 0,92 | 0,51 | gfdl_cm2_0_run1 | 0,21 | 1,06 | 0,29 |
| ncar_ccsm3_0_run9 | 0,38 | 0,75 | 0,50 | ncar_ccsm3_0_run1 | 0,16 | 1,09 | 0,26 |
| ukmo_hadcm3_run2 | 0,23 | 0,58 | 0,50 | iap_fgoals1_0_g_run1 | 0,06 | 1,09 | 0,21 |
| giss_model_e_h_run2 | 0,37 | 0,74 | 0,50 | ncar_pcm1_run3 | 0,05 | 1,10 | 0,20 |
| miub_echo_g_run3 | 0,41 | 0,79 | 0,50 | miub_echo_g_run2 | 0,09 | 1,19 | 0,19 |
| csiro_mk3_5_run3 | 0,40 | 0,79 | 0,50 | iap_fgoals1_0_g_run2 | 0,06 | 1,17 | 0,18 |
| miroc3_2_hires_run1 | 0,41 | 0,80 | 0,50 | mpi_echam5_run3 | -0,14 | 1,37 | 0,00 |
| giss_model_e_h_run4 | 0,36 | 0,75 | 0,49 | | | | |

10% para o cenário A1B, anomalia essa também mostrado pelo modelo GISS_MODEL_E_R_run2 para o cenário A1B e pelo modelo CCMA_CGCM3_1_run3 para o

cenário B1. As demais projeções dos outros modelos não indicam impactos significativos na média anual de precipitações no século XXI.

Na figura 7 são mostradas as precipitações normalizadas de quatro dos modelos do IPCC-AR4 (os de maiores tendências positiva e negativa, segundo a Figura 5, que

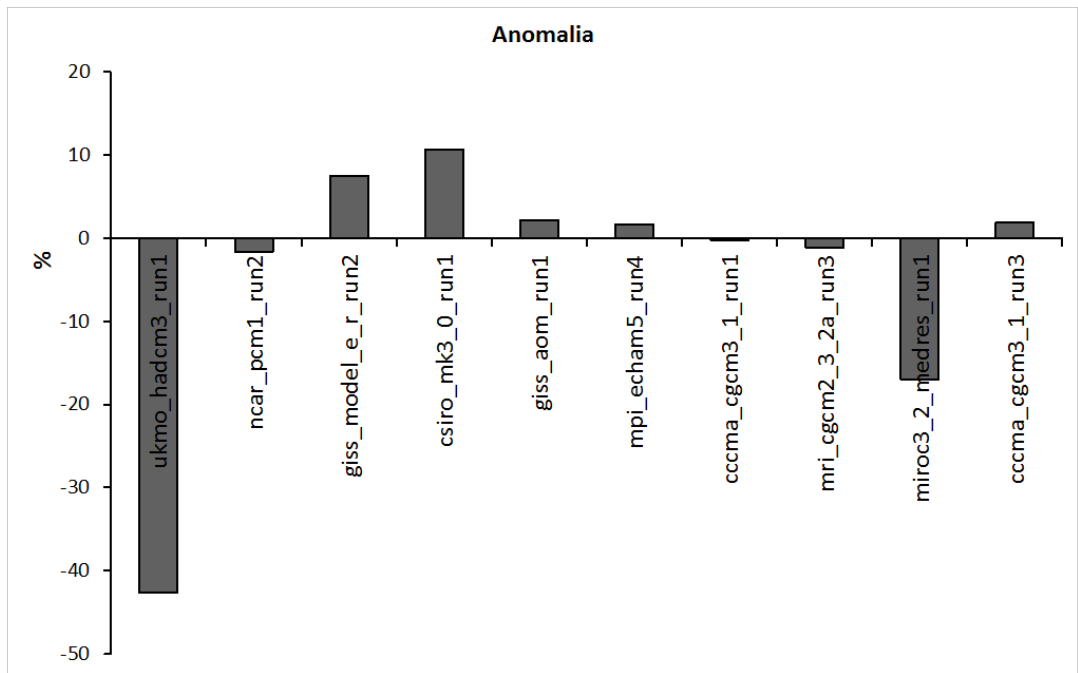


Figura 6 - Anomalia das precipitações anuais no período de 2010 a 2099 em comparação a 1901 a 1999 para Nordeste Setentrional do Brasil para os dez primeiros modelos segundo a avaliação proposta neste trabalho

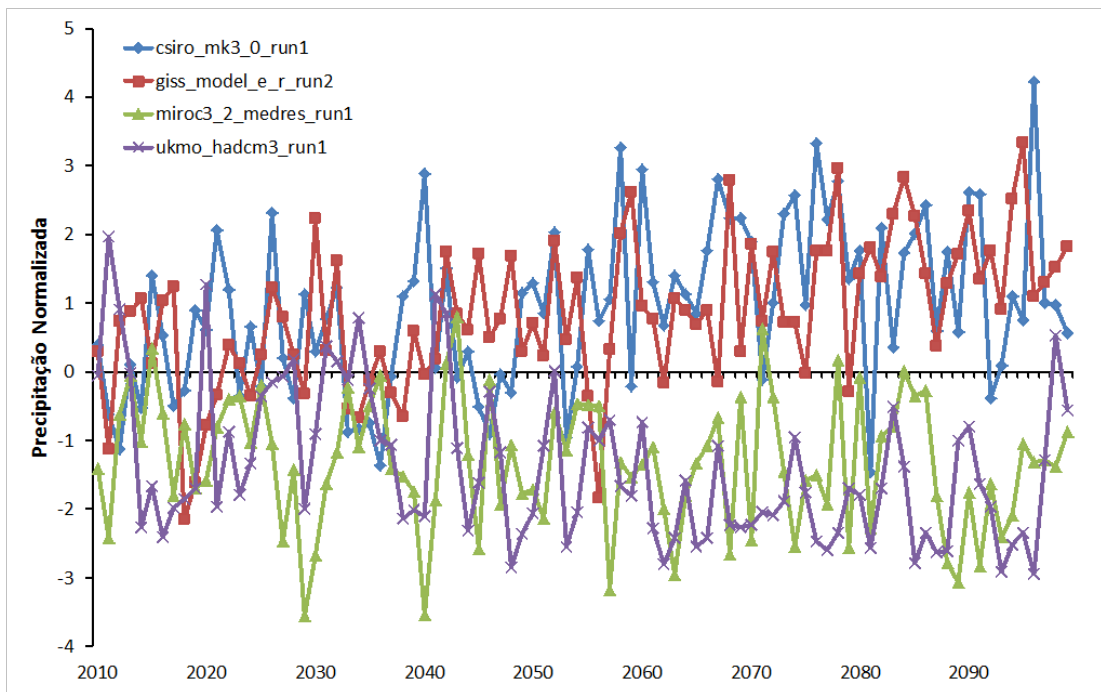


Figura 7 - Séries de Precipitações Normalizadas de 2010 a 2099 dos principais modelos que indicam impactos na média anual de precipitação

estão entre os dez primeiros modelos) para o período de 2010 a 2099 para o cenário A1B. Nesta figura é mostrada uma ideia de magnitude da incerteza associada às projeções dos modelos do IPCC-AR4.

Os modelos com tendência positiva indicam uma clara alternância entre anos secos e chuvosos associados a padrões de variação normais na primeira metade do século XXI, porém a partir da segunda metade do século

esses modelos mostram anos chuvosos mais intensos e anos secos com maior precipitação.

Enquanto os modelos MIROC3_2_MEDRES_RUN1 e ukmo_hadcm3_run1, indicam uma clara tendência negativa em todo

século XXI, associados a valores de precipitação bem inferior ao século XX na segunda metade do século XXI, o que sugere que há mudanças no comportamento dessa variável ou/e existem padrões de variação de baixa frequência que influenciam a mesma.

CONCLUSÕES

A transformada em ondeletas mostra a existência de variações na série de precipitação observada em várias escalas de tempo, no espectro global percebem-se três bandas representativas no século XX para região Nordeste Setentrional do Brasil. Esta variabilidade restringe o uso de alguns modelos do IPCC, pois estes não são capazes de representar o comportamento da série no século XX.

Na análise espectral das rodadas dos modelos do IPCC, quanto à precipitação observada durante o século XX, apresentam grandes divergências em representar a variabilidade interanual e interdecadal de precipitação no NEB.

Aproximadamente 15 rodadas dos modelos globais do IPCC para o NEB apresentam correlações superiores a 0,69 (Tab. 2) em relação à precipitação observada durante o século XX, mostrando que estes modelos são capazes de capturar os padrões de variação interanual e em alguns casos a variação interdecadal.

A avaliação feita com os dados médios sobre a área do NEB (figura 1) apontou o modelo CSIRO_MK3_0_RUN2 como aquele com mais altos valores de AVAL, seguidos pelos modelos e UKMO_HADCM3_RUN1, GISS_MODEL_E_R_RUN8; a partir da figura 4 observa-se que estes modelos conseguem produzir as variabilidades interanual e interdecadal de precipitação durante o Século XX.

Os modelos NCAR_PCM1_RUN3, MIUB_ECHO_G_RUN2, IAP_FGOALS1_0_G_RUN2, IAP_FGOALS1_0_G_RUN1 e MPI_ECHAM5_RUN3 mostram dificuldade de representação do ciclo decadal da precipitação sobre o NEB, com correlações inferiores às demais regiões do domínio, conforme a figura 5.

A avaliação apresentada, sugere que os modelos CSIRO_MK3_0_RUN2, GISS_MODEL_E_R_RUN8 e UKMO_HADCM3_RUN1, reproduziram de maneira satisfatória as variabilidades interanual e interdecadal do padrão de chuvas sobre o NEB, pode-se considerar estes modelos como uma boa opção para avançar na investigação dos efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos da região.

Os modelos do IPCC divergem quanto o futuro da precipitação no Nordeste Setentrional do brasileiro, as divergências dos modelos globais do IPCC-AR4 quanto às projeções interanuais demonstram um alto nível de incerteza existente nessas projeções. Entretanto, estas informações definem uma margem dos possíveis cenários futuros de precipitação do Nordeste Setentrional do Brasil. Podendo ser usada para adoção de políticas e gestão em nível de agricultura, recursos hídricos, impactos sobre o meio ambiente e outras áreas correlacionadas.

Para o cenário A1B, dos dez primeiros modelos, dois indicam impactos positivos na precipitação média anual de até 12% e dois indicam impactos negativos de até 42%, os demais não indicam impactos significativos.

Obviamente, projeções com menos incertezas seriam mais interessantes para os tomadores de decisão, no entanto isto não ocorre nas projeções dos modelos do IPCC para esta região. Artificializar a redução destas incertezas pode

induzir estratégias que levem a grandes arrependimentos. Estratégias robustas precisam considerar as incertezas no nível atual de conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CAPES, CNPq e FUNCAP pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.3, 337-344, 2004.

ANDREOLI, R.; KAYANO, M.; GUEDES, R.; OYAMA, M.; ALVES, M.; A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na Variabilidade de Precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 63-74, 2007.

CHAVES, R. R.; NOBRE, P. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. **Geophysical Research Letters**, v. 31, n. 3, 2004.

DUURSMA, E. **River flow and temperature profile trends; consequences for water resources**. A. de Man, P.E. van Oeveren, S. Montjijn, Heineken, N. V. Company. Amsterdam 2002.

ALBURQUERQUE, I. F.; FERREIRA, N.; da SILVA, M.; DIAS, M. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, Oficina de Textos p. 280, 2009.

GU, D.; PHILANDER, G. H. Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the

past century. **Journal of Climate**, v.8, n. 4, p.864-876, 1995.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E.; DOYLE, M. E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

FILHO, F. A. S.; MOURA, A. D. **Memórias do Seminário Natureza e Sociedade nos Semi-Áridos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 332p.,2006

HASTENRATH, S.; KACZMARCZYK, E. B. On spectra and coherence of tropical climate anomalies. **Tellus**, v.33, n.5, p.453-462,1981.

HAYLOCK, M.; PETERSON, T.; ALVES, L.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, M.; BAEZ, J.; BARROS, V.; BERLATO, M.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.; GRIMM, A.; KAROLY, D.; MARENGO J. A.; MARINO, M.; MONCUNILL, D.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, V.19, n 8, 1490-1512,2006.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge University Press: Cambridge, 23 p, 2007b.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2007: The physical science basis**. Cambridge, 18 p. 2007a.

KANE, R. P. El Niño and La Niña events and rainfall in NE and South Brazil. **Rev. Bras. Geofísica**, v.10,p. 49-59, 1992.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI R. V. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface

temperature and global sea level pressure anomalies. **J. Geophys. Res.**, v. 109, 2004.

KOUSKY, V. E; Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. n107, 1140-1153,1979.

LORENTZ, E. N. Nondeterministic theories of climate change. **Quart. Res.**, v.6. pp. 495-506, 1975.

MARENGO, J. A.; PAIXÃO, J. A.; BRAHMANANDA, V. A influência das Anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de Monção da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 16,1020-1028, 2002.

MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**. 78, p. 79-96, 2004.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. **Impacto das mudanças climáticas no Brasil e Possíveis Cenários Climáticos: Síntese do Terceiro Relatório do IPCC de 2001**. CPTEC-INPE, p. 29 2005.

MARENGO J.A.; VALVERDE, MARIA C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência Campinas**, n8,2007.

MARENGO J. A.; NOBRE, C.A.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO DE OLIVEIRA G.; CAMARGO H.; OYAMA, M.; ALVES, L., The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v.21,495-516,2008.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a

general circulation model. **Journal Atmos. Sci.**, 38, 2653-2675. 1981.

NOBRE C. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança no clima**. In: **Brasil, Presidência da Republica. Núcleo de Assuntos Estratégicos. Mudança do clima: Negociações Internacionais sobre a Mudança do Clima**. Brasília. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da Republica. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. V. 1 parte 2, p. 147-216, 2005.

NOBRE, P.; SHUKLA J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9 n. 19, p. 2664-2479, 1996.

PHILANDER, S.G. **El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation**. Academic Press, INC. San Diego, Califórnia,1990.

TASCETTO, A.; WAINER I., A Influência dos Gases Estufa no Oceano Atlântico Sul: Variabilidade Interanual. **Revista Brasileira de Meteorologia** ,v.20, n.1, 105-120, 2005.

TORRENCE, C.; COMPO, G. P. A practical guide to wavelet analysis, **Bull. Am. Meteor. Soc.**, v.79, n.1, p.61-78, 1998.

WENG, H.; LAU, K. M.: Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over Tropical Western Pacific. **J. Atmos. Sci.**,v51,n17,1994.

Recebido em: jan/2013
Aprovado em: jun/2014

Diagnóstico preliminar de parâmetros físico - químicos das águas superficiais e subterrâneas do município de Barreiras - BA antes da ampliação do saneamento básico

Preliminary diagnosis of physico - chemical parameters of surface and groundwater from Barreiras - BA before the expansion of basic sanitation

RESUMO

O crescimento rápido das cidades estimado pela expansão da população urbana e da industrialização associados à falta de saneamento básico, nas últimas décadas, tem sido responsáveis pela forte pressão sob os recursos hídricos. O presente artigo tem o objetivo de avaliar preliminarmente as características quali-quantitativas de alguns parâmetros físico-químicos, a fim de se verificar o estado atual de poluição proveniente do lançamento de esgotos urbanos em águas superficiais e subterrâneas em pontos amostrais estrategicamente selecionados no município de Barreiras - BA. Variáveis físico-químicas foram analisadas tanto em águas superficiais quanto em águas subterrâneas. Não foram constatadas quaisquer alterações nos parâmetros de qualidade da água superficial. Já os poços com profundidade inferior a 50m foram susceptíveis a contaminação por nitrato.

PALAVRAS-CHAVE: esgoto urbano, água subterrânea, água superficial.

ABSTRACT

The rapid growth of cities estimated by the expansion of the urban population and industrialization associated with basic sanitation, in recent decades, has been responsible for the strong pressure on water resources. The article had as main objective preliminarily assess the quali-quantitative characteristics of some physico-chemical parameters, in order to check the current state of pollution from urban sewage launched into surface and groundwater sampling points in strategically selected in the municipality of Barreiras - BA. Physico-chemical variables were analyzed both in surface waters and in groundwater. There were not any changes in quality parameters of surface water. Already wells with depths less than 50m were susceptible to nitrate contamination.

KEYWORDS: *urban sewage, groundwater, surface water*

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos

Professora Universidade do Estado da Bahia - UNEB
Campus IX
Barreiras, BA, Brasil
crispereira@uneb.br

Oldair Donizeti Leite

Professor Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB
INCT de Energia e Ambiente
Barreiras, BA, Brasil
oldair.leite@gmail.com

Anete Dutra Meira Vieira

Mestre em Ciências Ambientais – Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB
Barreiras, BA, Brasil
anete.meira@gmail.com

INTRODUÇÃO

Além da importância vital da água à manutenção de vida na Terra, a água é um solvente versátil frequentemente usado para transportar produtos residuais para longe do local de produção e descarga. No entanto, lançamentos indevidos de produtos residuais de diversas fontes, como esgotos domésticos, industriais, entre outros, favorecem a deterioração do ambiente de águas superficiais e subterrâneas (MORAES e JORDÃO, 2002; NAIME e FAGUNDES, 2005).

Ao se pensar em recursos hídricos, logo é remetido à classificação de águas superficiais e subterrâneas sob diversas influências antrópicas. As “águas urbanas incluem os sistemas de abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas, a gestão dos sólidos totais, tendo como metas a saúde e a conservação ambiental” (TUCCI, 2008 p.100). E, os rios, como águas superficiais, refletem o uso e a ocupação do solo de sua respectiva bacia hidrográfica sendo, portanto, considerados como coletores naturais da paisagem (GOULART e CALLISTO, 2003; BONNET *et al.*, 2008). Além do mais, deve-se ressaltar que 61 % da população brasileira são abastecidas com águas subterrâneas (LIMA, 2001; IBGE, 2010) o que representa uma demanda significativa de uso e com isso amplia-se a necessidade de garantir a qualidade destas fontes.

O crescimento rápido das cidades estimado pela expansão da população urbana e da industrialização associados à falta de saneamento básico, nas últimas décadas, tem sido responsáveis pela forte pressão sob os recursos hídricos (BECK, 2005; BARRETO, 2008; PELLIZZARO *et al.*, 2008).

Neste sentido, De Almeida *et al.* (1993) revelam que o progresso dos centros urbanos ocorre em função de um custo ambiental elevado, tais como superexploração dos recursos

naturais com significativas reduções de sua oferta, além do aumento da poluição do ambiente aquático. Tais consequências resultam do fato dos sistemas urbanos serem áreas primordialmente de moradia e de consumo dos recursos naturais.

Nos países em desenvolvimento a degradação da qualidade dos corpos hídricos está diretamente relacionada à poluição orgânica (CERETTA, 2004). Dentro dessa ideia, é que a poluição dos corpos hídricos, torna-se constantemente um problema agravante, com consequente alteração de qualidade da água a partir do lançamento de águas residuais domésticas e industriais em águas superficiais. Além destes, outros fatores podem comprometer a qualidade da água de um corpo hídrico, como a ocupação e o uso desordenados do solo, associados à falta de implantação dos serviços de saneamento básico que promovem a degradação crescente deste precioso recurso natural (MORAES e JORDÃO, 2002).

A urbanização proporciona modificação no ciclo hidrológico, principalmente no que tange a redução da área de infiltração devido à impermeabilização do solo. Observa-se que a recarga do aquífero sob uma área urbana ocorre basicamente devido aos vazamentos nas tubulações de água e efluentes e da drenagem de águas pluviais, quando há bacias de infiltração. Estima-se que 90% do suprimento de água fornecido na área urbana terminarão como recarga das águas subterrâneas na forma de efluentes (MELO *et al.* 2011).

Na região Oeste da Bahia a água é tida como um recurso natural limitante do desenvolvimento regional. Assim, o acompanhamento da situação ambiental referente a características quali-quantitativas das águas superficiais e subterrâneas torna-se extremamente importante e necessária, às gerações consumidoras atuais e futuras.

Em Barreiras - BA, município com 137.427 habitantes (IBGE, 2010), o processo de crescimento urbano e populacional tem apresentado um avanço no padrão de crescimento nos últimos 30 anos em função da implantação da fronteira agrícola, ocorrida a partir da primeira metade da década de 80, cuja população girava em torno de 40.000 habitantes. No entanto, há de se considerar que, na mesma medida que houve a expansão da população, no meio urbano, também aumentou a demanda de água, por múltiplos atores sociais, seguida do avanço de lançamentos de produtos residuais nos corpos hídricos urbanos.

A falta de tratamento, bem como o lançamento dos esgotos domésticos e industriais, nas redes pluviais têm resultado na degradação da qualidade da água dos corpos hídricos receptores (BECK, 2005). Consequentemente há potenciais riscos à saúde da população que será abastecida tanto por fontes superficiais quanto subterrâneas. (LIBÂNIO *et al.*, 2005). Neste contexto, parâmetros de qualidade da água urbana são utilizados para caracterizar a poluição orgânica no corpo receptor (SINGH *et al.*, 2005; TUCCI, 2008).

Para a determinação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, o estudo das variáveis físico-químicas e biológicas da água permite determinar a situação real do grau de alteração e/ou perturbação da qualidade da água submetida as mais diversas fontes de poluição (SILVA e JARDIM, 2007).

Uma das consequências mais nocivas num corpo hídrico, em termos ecológicos, é a redução dos níveis de oxigênio dissolvido, causado pelo aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), resultado da biodegradação aeróbia da matéria orgânica (NAGALI e NEMES, 2009). Entretanto, mediante a capacidade de autodepuração de ambientes lóticos, os poluentes podem sofrer processo de diluição

que, quando em mistura com a água (dependente das características do rio bem como as características do poluente) representam poucas alterações nos valores dos parâmetros de análises (GOULART e CALLISTO, 2003).

Constituem-se em importantes etapas na avaliação da qualidade da água: identificação, caracterização e controle das fontes de poluição hídrica. Vários estudos demonstram que as cargas pontuais de nutrientes estão intrinsecamente associadas a qualquer meio perceptível de transporte de poluentes, em especial de águas residuárias domésticas e industriais, sejam eles confinados ou desviados, para as águas superficiais e subterrâneas. Enquanto que as cargas difusas de nutrientes podem ter origem urbana, rural e atmosférica, que geradas em grande extensão e associadas às precipitações pluviométricas atingem as águas superficiais de maneira intermitente (MANSOR *et al.*, 2006). Portanto, além da caracterização quantitativa dos esgotos domésticos a caracterização qualitativa torna-se imprescindível em programas de qualidade da água. Ainda de acordo Silva e Jardim (2007 p.161)

“...a caracterização qualitativa implica em classificá-las em perene ou sazonal, em doméstica ou industrial, em pontual ou difusa e em agropecuária ou urbana, além de sua localização geográfica”.

Estudos realizados por Cleto Filho e Walker (2001), no Município de Manaus/AM, observaram que os valores de temperatura, pH, condutividade elétrica, sedimentos em suspensão em trechos naturais não urbanizados foram significativamente menores daqueles obtidos em trechos sob influência da vegetação, que por sua vez apresentaram menores valores de oxigênio dissolvido quando em comparação ao trecho natural Amazônia. Em outro estudo, Silva e Jardim (2007) demonstraram que a influência de esgoto doméstico, em áreas urbanas e sem um tratamento prévio foi considerada a principal fonte de amônia para o rio Atibaia na região de Campinas/SP com conseqüente ameaça à vida aquática.

O sistema de saneamento básico na cidade de Barreiras dispõe de uma cobertura de rede coletora de esgoto que atinge aproximadamente 22% dos

domicílios, sendo o uso de fossas e sumidouros o sistema predominante. Atualmente, encontra-se em fase de implementação a ampliação da rede de coleta e tratamento do esgoto, a qual foi momentaneamente paralisada em 2013 e retomada as obras a partir de junho de 2014, com previsão de término em junho de 2015.

O cenário previsto é que, a conclusão da obra de esgotamento sanitário, atinja 24 mil ligações e atenda a uma população de aproximadamente 91,2 mil pessoas. Assim, torna-se de extrema importância a existência de trabalhos que avaliem os impactos decorrentes do lançamento de esgoto urbano *in natura* sobre corpos aquáticos superficiais, bem como a potencial contaminação das águas subterrâneas captadas de poços na cidade. Portanto, é de fundamental importância o registro de parâmetros de qualidade dos corpos hídricos, antes desta ampliação e em estudos futuros, após o funcionamento da rede ampliada a fim de comparação da qualidade hídrica urbana.

Diante do atual cenário apresentado, o presente artigo tem o objetivo de avaliar

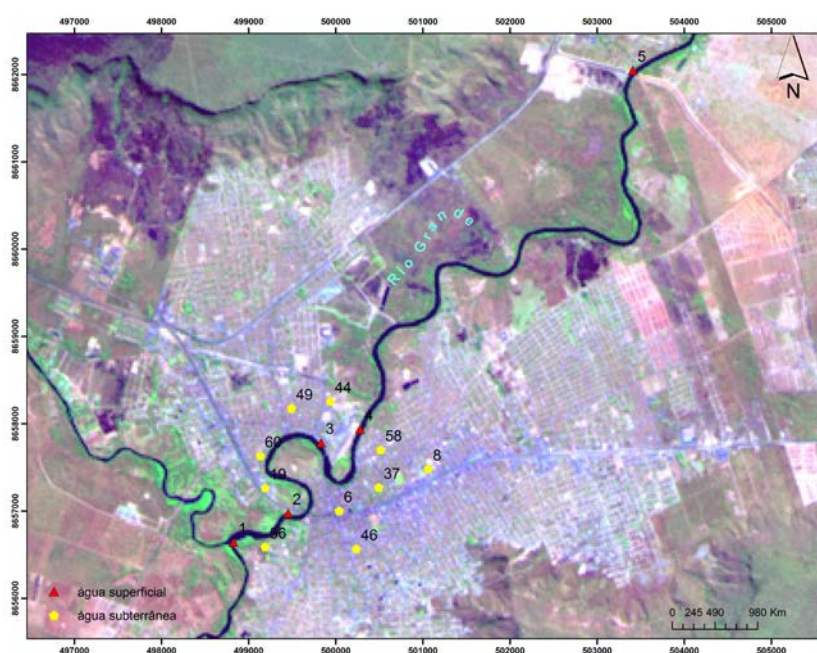


Figura 1- Visualização dos pontos amostrados no rio Grande utilizando imagem de satélite IRS-6.

Tabela 1 – Descrição dos pontos amostrados em águas superficial e subterrânea

| Identificação | Característica | Coordenadas UTM | |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------|
| Rio Grande | | | |
| 1 | Antes da Foz do rio de Ondas | 491965,72 | 8494046,978 |
| 2 | Depois da Foz - Fundo da UFOB | 495775,22 | 8514931,172 |
| 3 | Depois da descarga 1 | 489323,54 | 8519319,194 |
| 4 | Depois do Cais | 500279,40 | 8520838,861 |
| 5 | Antes do Distrito Industrial | 501454,81 | 8560748,923 |
| Poços | | | |
| 49 | < 20m | 499493,61 | 8658179,661 |
| 37 | < 20m | 500497,54 | 8657275,388 |
| 60 | >50m | 499135,63 | 8657635,974 |
| 58 | >50m | 500517,85 | 8657705,093 |
| 46 | >20m | 500238,59 | 8656570,549 |
| 8 | >50m | 501063,82 | 8657486,792 |
| 56 | >50m | 499190,87 | 8656593,384 |
| 6 | < 20m | 500041,29 | 8657006,014 |
| 44 | < 20m | 499940,12 | 8658259,281 |
| 19 | < 20m | 499192,44 | 8657268,839 |

preliminarmente as características quali-quantitativas de alguns parâmetros físico-químicos, a fim de se verificar o estado atual de poluição proveniente do lançamento de esgotos urbanos em águas superficiais e subterrâneas e em pontos amostrais estrategicamente selecionados, no município de Barreiras – BA, considerando as seguintes hipóteses: a) o lançamento de resíduos urbanos provoca alteração dos parâmetros físico-químicos, especialmente quando o corpo hídrico apresenta características impróprias à sua autorrecuperação; b) aquíferos próximos à superfície são também vulneráveis a contaminação por lançamentos indevidos de esgotos urbanos, especialmente por nitratos. Desta forma, as hipóteses acima vão ao encontro à defendida por Von Sperling (2005), onde deduz que a qualidade da água está relacionada com o grau de equilíbrio entre os fatores naturais e antrópicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas, simultaneamente, levantamentos de dados primários, campanhas de campo, em amostragens localizadas em trechos urbanos do rio Grande, bem como em poços comerciais escolhidos aleatoriamente para avaliação dos níveis de nitrato, nitrito, amônia, fosfato, entre outros, resultantes de descargas, tanto pontuais quanto difusas, como lançamentos de esgotos e de resíduos agrícolas.

Foram investigados 5 pontos ao longo do rio Grande e 10 pontos amostrais de poços (Tabela 1 e Figura 1).

A coleta das amostras de águas superficiais e subterrâneas foi realizada nos meses de junho e julho de 2012, respectivamente. Todas as amostras foram coletadas em frascos de polietileno, armazenadas e conduzidas para o laboratório de Química Analítica da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), no município de Barreiras – BA, para as devidas análises conforme as metodologias especificadas em *“Standard Methods for the Examination of Water and*

Wastewater”, editado pela “American Public Health Association” (APHA, 1995).

As variáveis analisadas foram: potencial hidrogênio iônico (pH), turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, nitrogênio nas formas amoniacal, nitrito e nitrato, para as águas superficiais do rio Grande. Enquanto que para as águas subterrâneas determinou-se os parâmetros: condutividade elétrica, pH, amônio, nitrito, nitrato e cloreto (Figura 2).

As variáveis físico-químicas foram espacializadas por meio de técnicas de Geoestatísticas no *software* ArcView 9.3. A análise estatística foi feita por componentes principais (PCA) a partir do *software* Assistat versão Beta 7.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Impactos de esgotos urbanos sob a água superficial do rio Grande

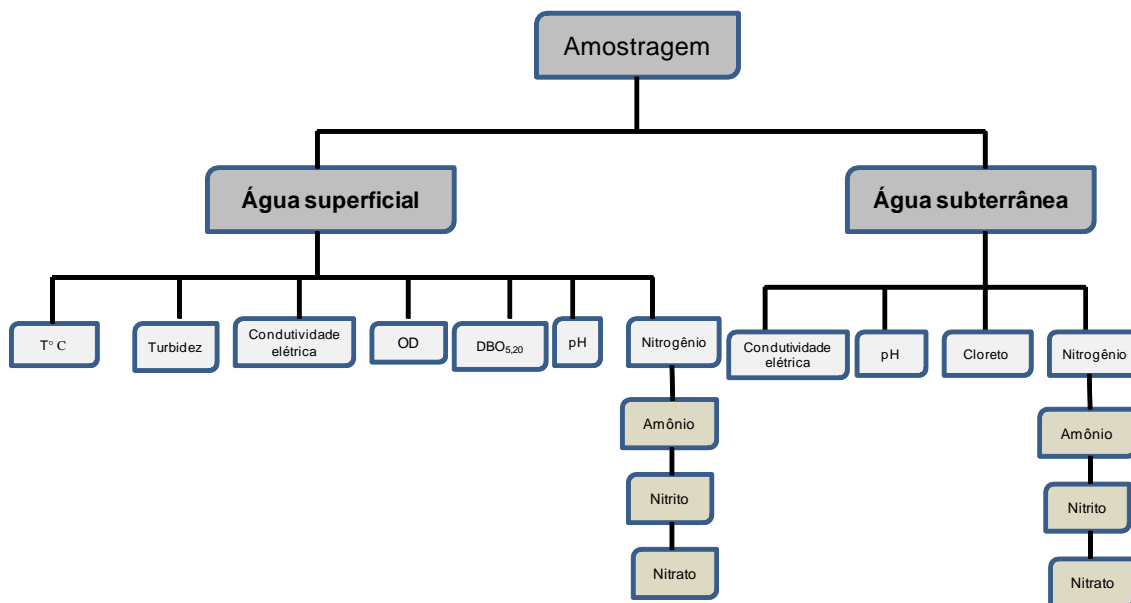


Figura 2 – Esquema das análises realizadas nos distintos pontos de amostragem

A Figura 3 mostra os resultados dos parâmetros físico-químicos ao longo do percurso do rio (águas superficiais). Verifica-se que os parâmetros turbidez, pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido, amônio, nitrito, nitrato e fosfato encontram-se dentro dos limites máximos regidos pela Resolução CONAMA 357/2007, com exceção apenas para o parâmetro DBO, que apresentou uma carga orgânica 26 vezes superior aos valores máximos permitíveis (BRASIL, 2005).

Os maiores valores da concentração de nitrogênio amoniacal ocorreram nos pontos 1 e 4, com valores de 0,46 e 0,11 mg L⁻¹ N, respectivamente. Para os pontos 2, 3 e 5 a concentração encontrada deste elemento foi inferior a 0,08 mg L⁻¹ N. Já em relação ao nitrito e ao nitrato observa-se uma maior concentração somente para o ponto 1. Apesar disto, todas as formas de nitrogênio ocorreram em concentrações conforme os valores máximos permitidos (VPM) na legislação, cujos limites são de 3,7 mg L⁻¹ N amoniacal (pH ≤ 7,5), 2,0 mg L⁻¹ N amoniacal (7,5 < pH ≤ 8,0); 10,0 mg L⁻¹ N-NO₃; e 1,0 mg L⁻¹ N-NO₂. Embora o nitrato presente em águas superficiais seja um indicativo de contaminação dos corpos hídricos, a

baixa concentração de nitrato sugere que a poluição nos trechos analisados do rio Grande é recente, mediante o lançamento contínuo de esgotos domésticos, daí os valores detectáveis de amônia e nitrito, ou que a matéria orgânica proveniente do esgoto por alguma razão não foi completamente degradada, isto porque o nitrato é tido como o último estágio de oxidação do nitrogênio. No entanto, o aparecimento de formas menos oxidadas do nitrogênio, como amônio e nitrito se comportam como um indicador de alteração de águas naturais, em função de lançamentos de esgotos urbanos (CORDEIRO *et al.*, 2011).

Os valores de condutividade elétrica variaram de 38,83 (ponto 2) a 14,8 μS/cm (pontos 3 e 5). Os pontos de maiores valores de condutividade elétrica também foram os que apresentaram maiores valores de turbidez. Neste sentido, quanto mais sólidos dissolvidos estiverem presentes na água maiores serão a turbidez e a condutividade elétrica. Assim, como ocorreu em outros parâmetros de estudos, a turbidez apresenta-se em conformidade com a legislação vigente a qual é de até 100 uT. Cabe ressaltar que a condutividade elétrica não apresenta um valor

máximo determinado pela referida Resolução, porém, por meio de diversos estudos percebe-se que este é um valor baixo (LIBÂNIO, 2010; SÃO PAULO, 2011).

Quanto à temperatura observa-se que quanto “maior a temperatura, menor o teor de oxigênio dissolvido”. Em relação ao pH todos os pontos amostrados ficaram próximo à neutralidade.

Para a análise de DBO_{5,20} houve uma variação de valores, sendo maiores nos pontos 1 e 4, respectivamente, em função de serem pontos de descarga dos esgotos. Interessante demonstrar que no ponto inicial de lançamento a DBO₅ era de 129,28 mg L⁻¹, enquanto que no último ponto ficou em 74,20 mg L⁻¹, o que implica numa taxa de remoção deste material orgânico de aproximadamente de 43%, ao considerar a distância de aproximadamente 450 m de um ponto a outro. Esta baixa eficiência é reforçada quando se observa, de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que os valores encontrados para os trechos do rio em estudo, ou seja, ambiente lótico, estão bem acima dos valores máximos permitíveis, cujo limite máximo pela legislação em vigor é de 5,00 mg L⁻¹ para rio Classe 2. Isto implica em sugerir que a relação

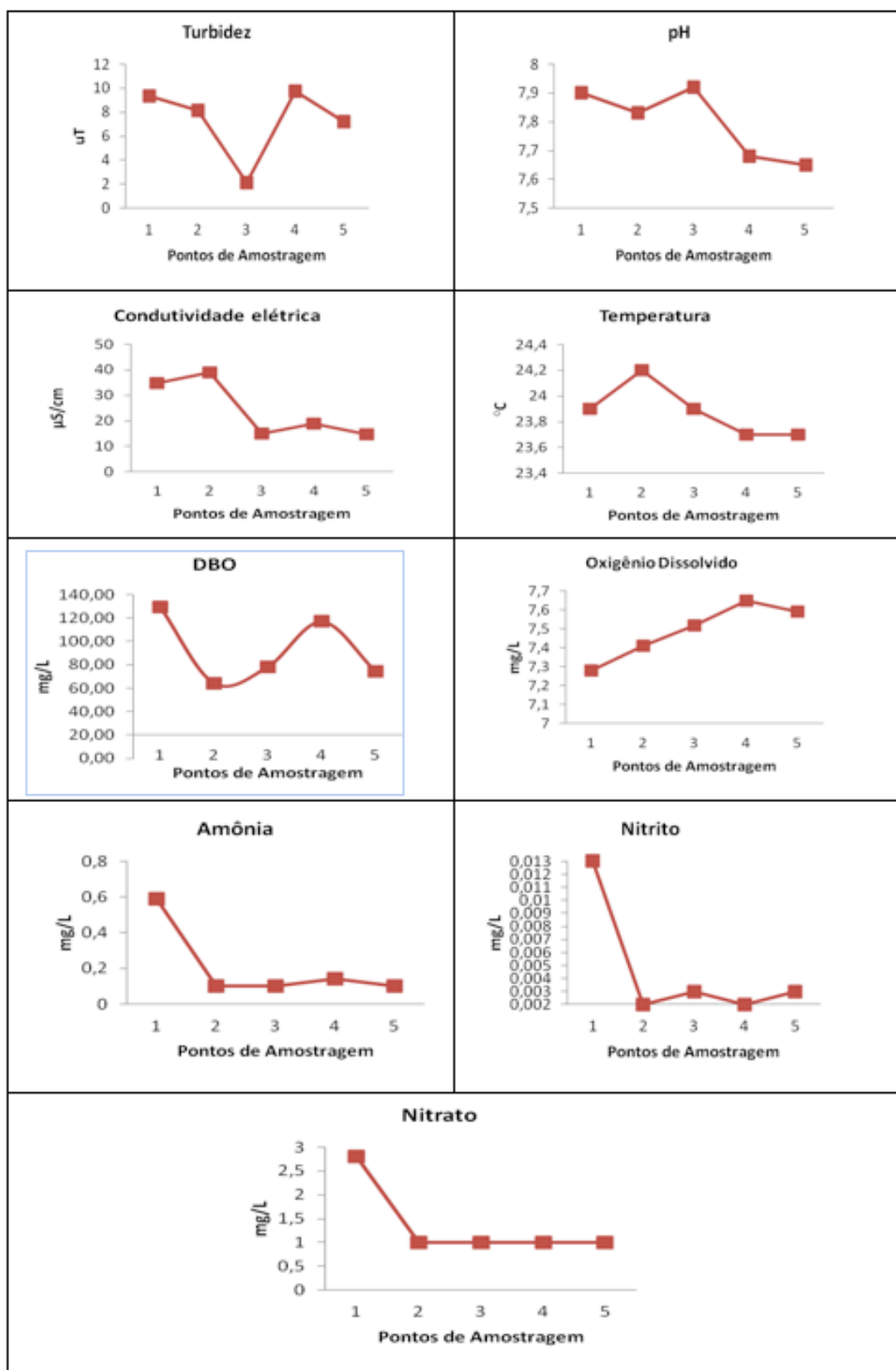


Figura 3 - Concentração dos parâmetros físico-químicos nos diferentes pontos de amostragens nas águas superficiais, rio Grande

alimento/microrganismo não está balanceada, ou seja, a oferta de alimento é superior à capacidade de

remoção da matéria orgânica pela população microbiana presente. Entende-se, neste caso, que

alimento se equivale ao esgoto doméstico. Altos índices de DBO podem gerar a diminuição ou até a

eliminação do OD presente nas águas, numa situação de águas seriamente poluídas.

Em todos os pontos de amostragem os níveis de oxigênio dissolvido foram acima do limite mínimo estabelecidos pela Resolução CONAMA (não inferior a $5,00 \text{ mg L}^{-1} \text{ O}_2$), mesmo após o lançamento contínuo de esgotos domésticos, sem nenhum tipo de tratamento prévio. Isto mostra que, apesar desta carga de despejo, o rio Grande ainda possui excelente capacidade de autodepuração, o que sugere que determinada situação é favorecida pela aeração natural de suas águas. Estes dados são antagônicos aos encontrados por Latuff (2004), onde observou que córregos que sofrem com o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, resultado do adentramento à mancha urbana, apresentaram índices médios de OD em torno de $2,67 \text{ mg L}^{-1}$. Portanto, resultados como estes, levam a acreditar que a resposta para este padrão advém do próprio comportamento das águas do rio Grande, nos trechos estudados, cuja maior superfície de contato da água com o ar e com as correntezas facilitam a aeração. Além do mais, outro fator que corrobora esta hipótese, diz respeito ao fato de que a coleta destes pontos não se sucedeu em período chuvoso, e por esta razão, não podemos contar com o efeito de diluição da matéria orgânica ocasionado pelas chuvas, portanto a re-oxigenação torna-se muito clara, evidenciando mais uma vez o comportamento dessas águas. Todavia, a entrada de oxigênio no rio é muito maior do que o seu consumo o que justifica a não totalidade do consumo de OD, visto que a taxa deste parâmetro ficou dentro da normalidade e não próximo a anoxia.

Em sistemas aquáticos não poluídos, a matéria orgânica de origem biológica é o material mais oxidado pela degradação aeróbica (MELO *et al.*, 2009), o qual ocorre preterivelmente em águas ricas em

oxigênio como, por exemplo, a do rio Grande. Sob situações de frequentes lançamentos de esgotos domésticos, em sistemas aquáticos, haveria de se esperar uma substancial redução dos níveis de OD em função da elevada demanda de oxigênio pelos microrganismos decompositores da matéria orgânica, que sob tais circunstâncias ocorreria a depleção do OD. Porém, se o mesmo ambiente aquático, que recebe grande aporte de esgotos também tem grande capacidade contínua de aeração, proveniente do processo de aeração das águas, esta redução não ocorre.

Quanto à produção de oxigênio, a reatuação atmosférica é considerada como o principal processo de *input* de oxigênio no corpo hídrico. Segundo Andrade (2010 p.17) “esse processo se dá por meio da transferência de gases, que é um fenômeno físico no qual moléculas de gases são trocadas entre o meio líquido e gasoso pela sua interface”.

Cruzando os dados de DBO e OD percebe-se que a DBO é proporcionalmente inversa ao OD, ou seja, à medida que aumenta as taxas de DBO, maior é a redução dos níveis de oxigênio presente no meio para estabilização da matéria orgânica (LATTUF, 2004). Estes dados são condizentes com os resultados de OD e DBO, onde segundo a Figura 3, percebe-se que a exceção do ponto 4, os demais mostraram que quanto maior os

valores da DBO maior o consumo de OD, o que demonstra que o despejo do esgoto, embora não reduza a qualidade da água, torna o rio Grande vulnerável à pressão antrópica.

A Figura 4 mostra o gráfico de *score* das duas primeiras componentes. Conjuntamente explicam 83,02% de toda a informação. A primeira componente corresponde ao parâmetro DBO, que sozinha, representa 61,26%. Enquanto isto o parâmetro condutividade elétrica (21,76%) expressa a segunda componente. Os dados demonstram que a primeira componente está positivamente correlacionada com os níveis de nitrogênio (amoniaco, nitrito e nitrato) e turbidez e, como já visto, negativamente correlacionada com os níveis de oxigênio dissolvido. Isto permite explicar que à medida que aumenta o *input* de matéria orgânica aumenta a concentração da DBO e conseqüentemente alarga a demanda de oxigênio para a estabilização da matéria. Já a condutividade elétrica apresenta uma correlação positiva com a turbidez, DBO e todas as formas inorgânicas do nitrogênio aqui estudadas, o que explica o fato de que o aumento de sólidos dissolvidos na água favorece a maior turbidez e condutividade elétrica. Porém, a condutividade elétrica apresenta uma alta correlação negativa com o oxigênio dissolvido, de maneira que o aumento do

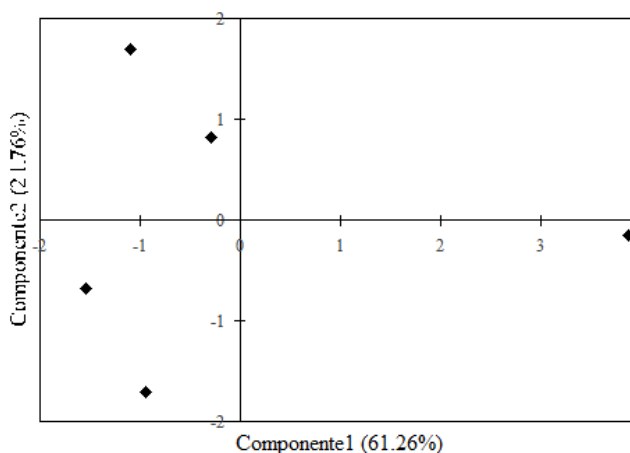


Figura 4 – Resultado da análise PCA em cinco amostras de água superficial

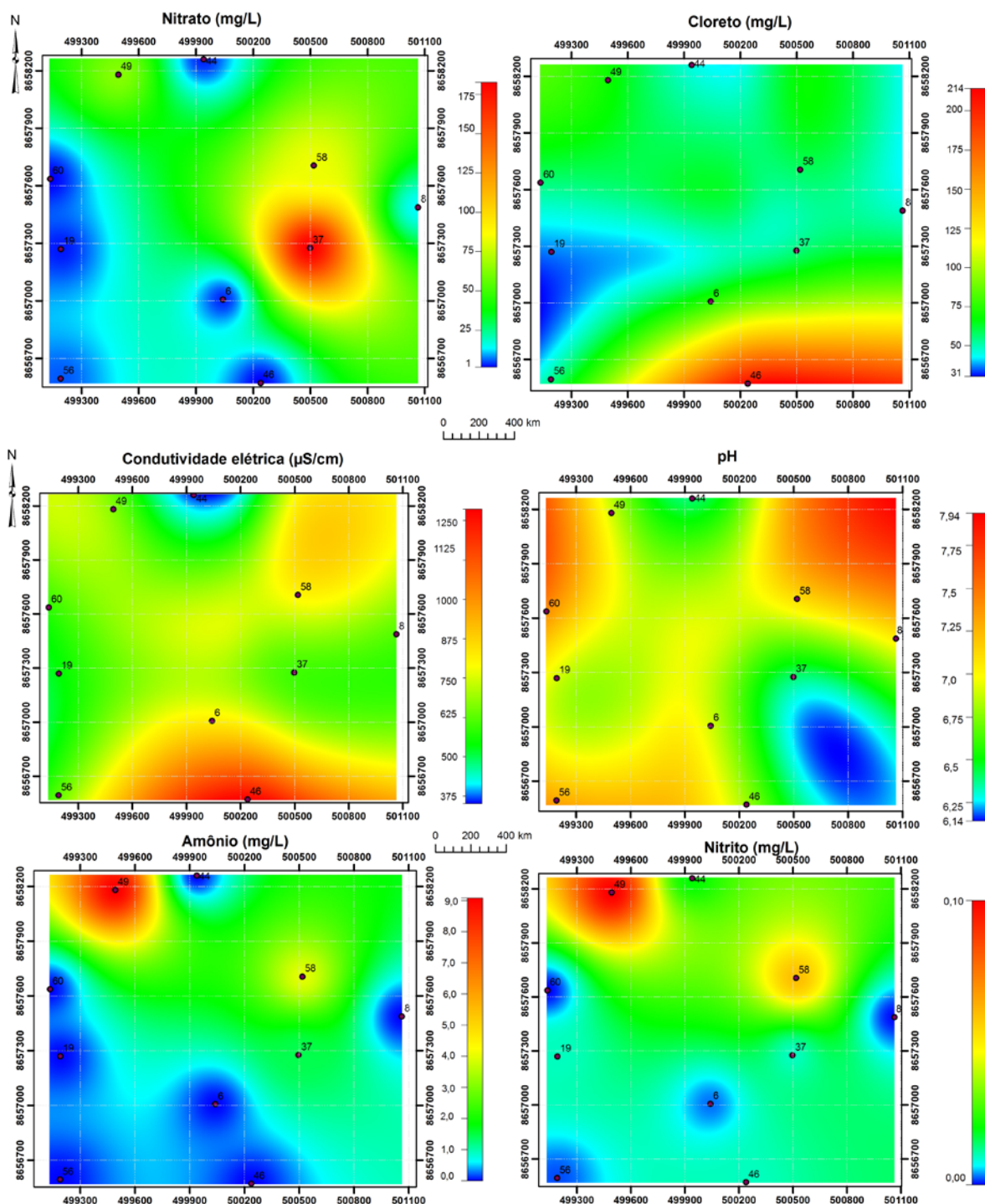


Figura 5 – Espacialização da concentração dos parâmetros físico-químicos nas águas subterrâneas

primeiro incide em redução significativa do segundo.

Impactos de esgotos urbanos sob os parâmetros de qualidade de águas subterrâneas

A Figura 5 demonstra o comportamento dos parâmetros

físico-químicos dos poços em análises.

Em 30% das amostras analisadas observou-se a concentração de $N-NO_3$ acima de 10 mg L^{-1} , que é o máximo permitido pela resolução CONAMA 396/08 (BRASIL, 2008). Os pontos em que as concentrações de $N-NO_3$ extrapolaram o VMP foram 58, 37 e

49, cujos valores foram 18,67; 41,26 e $14,21 \text{ mg L}^{-1} N-NO_3$ respectivamente. Dentre as concentrações que estiveram abaixo do VMP, os valores variaram de 0,32 a $3,12 \text{ mg L}^{-1} N-NO_3$. Mesmo estando dentro do VMP pela legislação brasileira, observa-se também riscos de alertas de contaminação por atividades antrópicas no ponto 8

cujo valor está acima de $3,00 \text{ mg L}^{-1}$ conforme determina a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA (1997), servindo, portanto, como ponto importante de monitoramento visando a tomada de ações preventivas. Além disso, os pontos 58, 37, 49 e 8 localizam-se em área de ocupação mais antiga da cidade de Barreiras, ocorrida nas décadas de 1970 e 1980, o que reflete o efeito da ocupação urbana sob as águas subterrâneas.

As águas subterrâneas utilizadas para o consumo humano são geralmente utilizadas sem qualquer tipo de tratamento prévio, por esta razão, os valores fora do padrão tornam-se preocupantes. A ocorrência do nitrato em águas subterrâneas reflete uma contaminação antiga a partir de lançamentos de dejetos humanos ou provenientes de fertilizantes químicos. O consumo humano dessas águas com altos índices de nitrato provoca sérias consequências à saúde, isto porque o nitrato se converte em nitrito no sangue humano que por sua vez se liga a hemoglobina, produzindo metahemoglobina, o que resulta na inibição do transporte de oxigênio no sangue (SILVA e ARAÚJO, 2003; DELPLA *et al.*, 2009).

No contexto que estão situados os pontos amostrados, que é área urbana, praticamente se exclui a influência do uso de fertilizantes sobre os níveis de nitrato nas águas subterrâneas analisadas. O nitrato é o poluente de maior frequência em águas subterrâneas (CONEJO *et al.*, 2007). Diversos estudos mostram o impacto dos problemas sanitários sobre a qualidade das águas subterrâneas, principalmente pela elevação das concentrações de nitrato e dos indicadores microbiológicos de contaminação (ALABURDA e NISHIHARA, 1998; SILVA e ARAÚJO, 2003; NASCIMENTO e BARBOSA, 2005).

O saneamento “*in situ*”, que utiliza fossas para o recolhimento

dos resíduos humanos e domésticos, sob determinadas condições hidrogeológicas, representam um risco para a contaminação do aquífero (MUCHIMBANE, 2010), pois o nitrato é muito solúvel, muito móvel e pode ser removido das camadas superiores do solo para a água (BOWER, 1978).

Para a forma de nitrogênio amoniacal foi observado um percentual de 20% das amostras com concentrações acima do valor máximo permitido que é de $1,5 \text{ mg/L}$, com destaque para os pontos 58 e 49 cujos valores foram de $3,08$ e $7,05 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NH}_4$, respectivamente. A existência dessas concentrações elevadas pode ser proveniente de uma poluição recente ou ainda de uma possível redução do nitrato a amônio por bactérias presentes no solo. Além disso, por ser a primeira etapa da estabilização do nitrogênio a contaminação por amônio também pode ter sido beneficiada por construção precária dos poços e pela falta de proteção do aquífero (ALABURDA e NISHIHARA, 1998), o que implica na contaminação dessas águas subterrâneas. Para o nitrito não houve, em nenhuma das amostras, valores superiores ao estabelecido pela legislação ($1,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ N-NO}_2$).

Quanto ao pH, as águas subterrâneas variaram de 6,4 a 7,4,

com caráter aparentemente neutro. Os teores de cloretos oscilaram de $36,73$ a $208,69 \text{ mg L}^{-1}$ (pontos 19 e 46, respectivamente), ou seja, em conformidade com o padrão determinado pela legislação que considera $250,0 \text{ mg L}^{-1}$ como o valor máximo aceitável. Em relação à condutividade elétrica os valores encontrados variaram de $360,3$ a $1285,0 \text{ }\mu\text{S/cm}$ (pontos 44 e 46, respectivamente). Percebe-se uma boa relação deste com o cloreto, visto que o aumento de ambos os parâmetros reflete a transferência dos constituintes da fossa para o aquífero, o que talvez explique os altos valores encontrados, principalmente da condutividade elétrica nos pontos de estudos. Interessante ressaltar que este último não indica padrão de potabilidade, mas sugere a presença de íons dissolvidos na água. O lançamento de efluentes associado à própria composição química da rocha que compõe o solo podem ser os responsáveis pelos altos valores da condutividade elétrica (FROTA JÚNIOR *et al.*, 2007), visto que em solos argilosos, como os Latossolos Vermelho-Amarelos, na área de estudo, com maior teor de argila, consequentemente conduzem mais eletricidade do que os solos arenosos (MACHADO *et al.*, 2006).

Parte da variância ocorrida nas análises em PC1 (37,65%) é

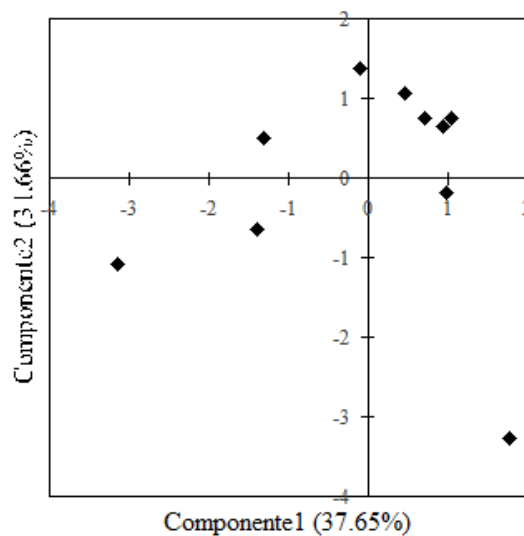


Figura 6 – Resultado da análise PCA nas dez amostras de água subterrânea

devida a condutividade elétrica, enquanto que em PC2 a variância é explicada pelo parâmetro nitrato (31,66%), que juntos representam 69,31% de toda a informação do comportamento das amostras analisadas (Figura 6).

Como consequência, os dados demonstram certo contraste entre condutividade elétrica e nitrato, cuja correlação é negativa, ou seja, 44% da redução do nitrato podem estar associadas a níveis crescentes de condutividade elétrica. Por outro lado, o aumento da concentração do cloreto vem acompanhado dos valores crescentes de condutividade elétrica, correlação altamente positiva ($R^2=0,83$) proveniente íons dissolvidos nas águas de poços.

CONCLUSÕES

Observou-se, em resposta aos esgotos lançados, que o rio Grande, nos trechos analisados, possui uma grande capacidade de autodepuração. Sendo assim, vale ressaltar que a qualidade de suas águas provém das características físico-químicas próprias do rio, sobretudo, àquelas relativas à capacidade de áreação que favorecem um comportamento do poluente em direção à sua diluição e degradação. No entanto, a carga orgânica dos esgotos lançados, comprovado pelos altos valores de DBO, em alguns trechos do rio, reflete a presença de um passivo ambiental nestes pontos estudados;

Quanto aos poços estudados, detectou-se contaminação por nitrato em 30% das amostras e risco de contaminação deste elemento em 10% das amostras. Já para o nitrogênio amoniacal constatou-se valores acima do VMP para 20% das amostras. Estes valores sugerem uma contaminação contínua desses poços, isto porque o amônio representa uma contaminação recente, e a presença do nitrato uma contaminação antiga. Portanto, este estudo demonstrou uma

contaminação importante nas águas subterrâneas o que valida a hipótese de que os poços com profundidade inferior a 50 m foram, realmente, susceptíveis a contaminação por nitrato;

O parâmetro condutividade elétrica, por si só, não indica padrão de potabilidade, mas sugerem alterações ambientais em águas superficiais e subterrâneas;

Desta forma, outros estudos devem ser conduzidos a fim de estabelecer um programa de monitoramento da qualidade de águas subterrâneas, especialmente quanto às formas de nitrogênio amoniacal e nitrato, à promoção da saúde pública da população consumidora desta fonte de água.

Ademais, estes estudos preliminares, irão corroborar para avaliação futura e acompanhamento do efeito da ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico, em curso, sobre os parâmetros ambientais avaliados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento que apoiaram o desenvolvimento deste trabalho: CNPq, FAPESP, CAPES e INCT de Energia e Ambiente.

REFERÊNCIAS

ALABURDA, J. NISHIHARA, L.

Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços.

Revista Saúde Pública, v.32, n.2, p.160- 165, 1998.

ANDRADE, L.N. Autodepuração dos corpos d'água. *Revista da Biologia*, v.5, p. 16-19, 2010.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed., Washington, 1998. 1162 p.

BARRETO, D. Perfil do consumo da água residencial e usos finais da

água. *Ambiente Construído*, v.8, n.2, p.23-40, 2008.

BECK, M. B. Vulnerability of Water Quality in Intensively Developing Urban Watersheds. *Environmental Modelling & Software*, v.20, n.4, p. 381-400, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 396**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: 2008. Diário Oficial da União, 07 de abril de 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março 2005.

BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Revista Árvore*, v. 32, n.2, p.311-322, 2008.

BOWER, H. **Groundwater hydrology**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1978.

CERETTA, M. C. **Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena – Município de Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus /AM- Amazonia Central. *Acta Amazônica*, v. 31, n. 1, p. 69-89, 2001.

CONEJO, J.G.L.; COSTA, M.P.; ZOBY, J.L.G. [Coord.] **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Caderno de Recursos Hídricos, 5. ANA: Brasília, 2007. 124 p.

CORDEIRO, M. R.; RODRIGUES, S. M.; SOUZA, P. R. N.; FERREIRA, M. I. P. Avaliação da contaminação de efluentes domésticos em poços sobre área de restinga. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 5, n. 1, p. 89-102, 2011.

DE ALMEIDA, J.R.; ORSOLON, A.M.; MALHEIROS, T.M.; PEREIRA, S.R.B.; AMARAL, F.; SILVA, D.M. **Planejamento ambiental – caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum. Uma necessidade, um desafio.** Ed. Thex Ltda: Biblioteca Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 1993. 154p.

DELPLA, I.; JUNG, A. V.; BAURES, E.; CLEMENT, M.; THOMAS, O. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. **Environment International**, v. 35, n.8, p. 1225-1233, 2009.

FROTA JUNIOR, J. J.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; BEZERRA, A. M. E.; SOUZA, B. F. S. Influencia antrópica na adição de sais no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu (CE). **Ciência Agrônômica**, v.38, n.2, p. 142-148, 2007.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, n. 1, ano 2, p.1-9, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010.** Disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2012.

LATUFF, M. O. Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora-MG. **Geografia**, v.13, n.1, p.21-55, 2004.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade da água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n.3, p. 219-228, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2010. 494p.

LIMA, J.E.F.W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo.** Documentos: 33. Embrapa Cerrados. Planaltina, 2001, 46p.

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.1023-1031, 2006.

MANSOR, M. T. C.; TEIXEIRA FILHO, J.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p.715-723, 2006.

MELO, C. A.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C. Perfil espacial e temporal de poluentes nas águas da represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 32, n.6, p.1436-1441, 2009.

MELO, J. G.; VASCONCELOS, M. B.; ALVES, R. S.; SOARES, N. C. Problemas de manejo de águas subterrâneas em ambientes urbanos: o caso do município de Natal, RN. In: **Anais do XIX Simpósio**

Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió – AL, 2011.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MUCHIMBANE, A. B. D. A. **Estudo dos indicadores de contaminação das águas subterrâneas por sistemas de saneamento "in situ" Distrito Urbano 4, cidade de Maputo - Moçambique.** 2010. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NAGALLI, A.; NEMES, P. D. Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.7, n.2, p. 131-144, 2009.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão –Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, v.32, n.1, p.27-35, 2005.

NASCIMENTO, S.A.M.; BARBOSA, J.S.F. Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, bacia do rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n.4. p.543-550, 2005.

PELLIZZARO, P. C.; HARDT, L.P.A.; BOLLMANN, H. A.; HARDT, C. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná. **Cadernos Metrôpoles**, v. 19, p. 221-243, 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Relatório de qualidade das águas superficiais.** Apêndice C. Significado ambiental e sanitário das

variáveis de qualidade. São Paulo, 2011. 36p.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M.
Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para a amônia no Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n.2, p. 160-168, 2007.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S.
Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques - case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 538, n.1-2, p.355-374, 2005TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n. 63, p.97- 112, 2008.

UNITED STATES. **Environmental Protection Agency-EPA; Emission Inventory Improvement Program. Volume II: Introduce to the Stationary Point Souce Emission Inventory Development**, 1997.

Disponível em:

http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume02/ii01_may2001.pdf. Acesso em: 20 julho 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.

Recebido em: fev/2013

Aprovado em: jun/2014

Os olhares dos pescadores profissionais e proprietários comerciais, sobre o Rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso

The conceptions of the professional fishermen and business owners about Paraguay River in Caceres, Mato Grosso

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada no município de Cáceres/MT, com objetivo de identificar as diferentes percepções sobre o rio Paraguai, na visão de dois grupos de usuários: pescadores profissionais e proprietários de pousadas e restaurantes localizados às margens do rio. A pesquisa qualitativa foi a metodologia utilizada, tendo a entrevista semiestruturada como procedimento para a coleta de dados. O estudo revelou os diferentes olhares que os usuários pesquisados possuem sobre o rio Paraguai e mantêm uma relação de trabalho muito forte com rio, visto que suas atividades profissionais dependem dele. Os dados mostraram que os dois grupos percebem os principais problemas ambientais que estão ocorrendo no rio Paraguai, os associam a causas antrópicas e, ainda, apontam possíveis soluções.

PALAVRAS-CHAVE: Percepção ambiental, Rio Paraguai, problemas ambientais, pescadores profissionais, proprietários comerciais

ABSTRACT

This research was developed in Cáceres-MT, and its goal was to identify the different perceptions about Paraguay River, with two groups of users: professional fishermen and owners of hostels and restaurants located on the banks of the River. The qualitative type research was the methodology used in this work, having the semi structured interview as the procedure for the data collection. The research revealed the different conceptions that searched users have about Paraguay River, and also that these maintain a very strong working relationship with the River, 'cause their professional activities depend on it. This work presented that the two groups notice the main environmental problems that are occurring in the River and associate the anthropogenic causes and also suggest possible solutions.

KEYWORDS: *environmental perception, Paraguay River, environmental problems, professional fishermen, business owners*

Rosimeire Vilarinho da Silva

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado de Mato Grosso
Mato Grosso, MT, Brasil
rosimeirevilarinho@hotmail.com

Célia Alves de Souza

Professora do Departamento de Geografia e do Programa de Pós Graduação Mestrado em Ciências Ambientais
Universidade do Estado de Mato Grosso
Mato Grosso, MT, Brasil
celiaalvesgeo@globomail.com

Aumeri Carlos Bampi

Professor do Departamento de Educação e do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais
Universidade do Estado de Mato Grosso
Mato Grosso, MT, Brasil
aumeribampi@gmail.com

INTRODUÇÃO

A margem esquerda do rio Paraguai, no perímetro urbano de Cáceres, é ocupada por residências, ruas, áreas de recreação, comércio, indústrias, ancoradouros e área portuária. Próximo ao rio verifica-se a presença de pousadas, bares e restaurantes, que são frequentados por moradores de Cáceres e turistas vindos de diferentes regiões do Brasil, bem como do exterior.

Essas atividades realizadas na margem ou na calha do rio contribuem para degradação ambiental, pois se observa que restos orgânicos e químicos são lançados no rio, ocasionando sérios problemas como poluição, contaminação da água e assoreamento do rio.

O processo histórico de desenvolvimento da região de Cáceres está vinculado à navegação no rio Paraguai. Na última década, ocorreu um crescimento expressivo da navegação, principalmente pelo uso de barcos de pequeno e médio porte, bem como a navegação com grandes embarcações e comboios de chatas para transporte de grãos. As atividades econômicas realizadas são: pesca profissional e amadora, turismo e escoamento de grãos.

Neste sentido, optou-se trabalhar com duas categorias de usuários do rio Paraguai, que mantêm um contato contínuo com o rio, pois exercem suas atividades profissionais nesse espaço, que são os pescadores profissionais e proprietários de pousadas e restaurantes localizados às margens do rio Paraguai. O estudo da percepção ambiental é de fundamental importância. Por meio dele é possível conhecer a cada um dos grupos envolvidos, facilitando a realização de um trabalho com bases locais, partindo da realidade do público alvo, para conhecer como os indivíduos percebem o ambiente em que convivem, suas fontes de satisfação e insatisfação (FAGGIONATO, 2007).

O presente trabalho teve por objetivo identificar a percepção ambiental de dois grupos de usuários do rio Paraguai: pescadores profissionais e proprietários comerciais situados às suas margens, visando obter dados sobre esse meio, sob o olhar desses usuários que possam fomentar possíveis projetos de manutenção e recuperação desse ambiente.

Com o crescimento desordenado da população mundial, têm aumentado também as preocupações com o meio ambiente, uma vez que uma população em crescimento necessita de recursos naturais disponíveis para uso.

Atualmente, têm-se inúmeros problemas ambientais tanto em escala local, regional como global, que afetam e podem afetar ainda mais a vida dos seres humanos, assim como de todos os seres vivos do planeta. De acordo com Capra (2006, p. 23),

“os principais problemas de nossa época [...] não podem ser entendidos isoladamente. São problemas sistêmicos, o que significa que estão interligados e são interdependentes”.

Berna (2003, p. 160) ressalta que “as árvores não são derrubadas, a fauna sacrificada ou o meio ambiente poluído porque nossa espécie desconhece os impactos dessas ações sobre a natureza”, mas por conta do modelo de desenvolvimento estabelecido nas relações sociais da espécie humana.

A causa ambiental está vinculada aos processos socioeconômicos, que são responsáveis pela forma de apropriação e uso dos recursos naturais e pelos problemas resultantes dessa apropriação. Desse modo, o que está em jogo para a construção da sustentabilidade é o “estabelecimento de políticas ambientais que criem regras de convívio social reguladoras do acesso e do uso dos recursos

ambientais” (LAYRARGUES, 2009, p. 21). Os problemas ambientais não são apenas resultados sobre como a espécie humana se relaciona com o meio ambiente, mas também como se relaciona consigo mesma.

Nesse sentido, Carvalho (2004) salienta que, o conceito socioambiental orienta-se por uma racionalidade complexa e interdisciplinar e pensa o meio ambiente não como um campo de interações entre a cultura, a sociedade e a base física e biológica dos processos vitais, no qual todos os termos dessa relação se modificam dinâmica e mutuamente.

Tal perspectiva considera o meio ambiente como espaço relacional, em que a presença humana, longe de ser percebida como extemporânea, intrusa ou desagregadora, aparece como um agente que pertence à teia de relações da vida social, natural e cultural e interage com ela. Assim, para o olhar socioambiental, as modificações resultantes da interação entre os seres humanos e a natureza nem sempre são nefastas; podem muitas vezes ser sustentáveis, propiciando, não raro, um aumento da biodiversidade pelo tipo de ação humana ali exercida.

Para compreender melhor as questões de percepção ambiental na área, recorreu-se aos seguintes aportes teóricos: meio ambiente, educação ambiental e percepção ambiental. Nesse sentido, Os termos “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável”, por exemplo, estão associados às dimensões econômicas, ambientais e sociais, sendo a ênfase e o tratamento conceitual dependente da área de formação dos profissionais envolvidos na discussão (OLIVEIRA e CORONA, 2008).

O meio ambiente deve ser compreendido não apenas nos seus aspectos biológicos e físicos, mas como “um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relações dinâmicas e em constante interação os aspectos naturais e sociais”

(REIGOTA, 2006, p. 21). De acordo com Zart (2006, p. 13), o conceito de meio ambiente deve ir

"além das dimensões biofísicas, quanto à vegetação, o hídrico, a fauna, os solos, a atmosfera. Envolve da mesma forma a dimensão sociocultural que é constituída pelos processos epistemológicos e societais, portanto, as configurações dos conhecimentos, das técnicas, das estruturas e das relações sociais."

É a partir desse entendimento sobre meio ambiente que se vislumbram sujeitos que possam adquirir conhecimentos, habilidades, valores, ou seja, que tenham um comprometimento diante da prevenção e da solução dos problemas ambientais de sua comunidade (CASTRO; CANHEDO JÚNIOR, 2005). No que se refere a problemas ambientais da comunidade, a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Tecnologia) tem chamado atenção para resolução de dificuldades locais, pois, a preocupação com sua resolução é muito importante: "implica em que sejam capazes de perceber os problemas existentes em determinada realidade, elucidar suas causas e determinar os meios de resolvê-los" (CASTRO; CANHEDO JÚNIOR, 2005, p. 407).

Assim, é necessário o desvelamento das percepções sobre o meio ambiente que estão em construção ou que já estão arraigadas nos sujeitos a serem investigados/pesquisados, visto que são pelas percepções demonstradas por essas pessoas que se pode perceber a relação que estabelecem com o ambiente.

A Educação Ambiental foi instituída em 1999, por intermédio da Lei nº 9.795, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental. No seu artigo 1º, define-se Educação Ambiental como:

"Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltada para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade."

Com o envolvimento do indivíduo e da coletividade, verifica-se que a proteção ao meio ambiente deixou de ser apenas papel de governantes e ambientalistas, passando a ser uma tarefa de todos os cidadãos tanto em nível local quanto global. Assim, de acordo com Jacobi (2003, p. 430):

"A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assume um papel cada vez mais desafiador demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais que se complexificam e riscos ambientais que se intensificam."

Nesta perspectiva, a educação ambiental torna-se de suma importância, pois é por meio dela que se pode chegar até os indivíduos, tanto pela educação formal como não formal. Ainda, segundo Jacobi (2003), a educação ambiental precisa estar situada em um contexto de educar para a cidadania, pois se concretiza na possibilidade de cada pessoa ser portadora de direitos e deveres, portanto, corresponsável na defesa da qualidade de vida, o que nos leva a entender que "Educação Ambiental não é somente aquisição de conhecimento, mas também a mudança de comportamento, a determinação para a ação e busca de soluções para os problemas" (VICTORINO, 2000, p. 28).

De acordo com Reigota (2006), é preciso ficar atento ao se definir educação ambiental, pois não deve se limitar à preservação de espécies vegetais e animais e dos recursos naturais, mas o que deve ser levado em conta são as relações estabelecidas entre a humanidade e

a natureza. Para esse autor, educação ambiental deve ser definida "como educação política, no sentido que prepara os cidadãos para exigir justiça social, cidadania nacional e planetária, autogestão ética nas relações sociais e com a natureza" (REIGOTA, 2006, p. 10).

Gadotti (2000, p. 96) também compreende a educação ambiental pela mesma perspectiva de Reigota (2006):

"A Educação Ambiental vai muito além do conservacionismo. Trata-se de uma mudança radical de mentalidade em relação à qualidade de vida que está atrelada diretamente ao tipo e convivência que mantemos com a natureza e que implica atitudes, valores, ações. Trata-se de uma opção de vida por uma relação saudável e equilibrada, com o contexto, com os outros, com o ambiente mais próximo, a começar pelo ambiente de trabalho e doméstico."

Sendo assim, a educação ambiental precisa provocar mudanças nessas relações, sejam elas sociais, econômicas, sejam culturais entre o homem e natureza. Sendo ela uma ação política, precisa levar os indivíduos a uma compreensão e conhecimento do que é meio ambiente, dos problemas ambientais e que adquiram competência para propor possíveis soluções. De acordo com Oliveira e Corona (2008, p. 70):

"A Educação Ambiental tendo conhecimento dos valores e ações que os sujeitos possuem frente ao meio ambiente será capaz de elaborar propostas que venham a atingir grande parte da sociedade, visando provocar mudanças mais efetivas que contribuam para a sustentabilidade ambiental."

As questões ambientais vêm ocupando espaços nas políticas de governos, nos diferentes meios de comunicação, e também sendo discutida pela sociedade, com o

entendimento de que é necessário repensar, mudar as relações com o meio ambiente.

Neste sentido, a educação ambiental é fundamental no processo de sensibilização da população, tanto a educação formal como não formal, uma vez que é a partir da educação que se pode empoderar os diferentes usuários para participarem ativamente dos processos de gestão desse recurso natural. Sendo necessário, portanto, uma corresponsabilidade entre o poder público e a população local, no sentido de criar leis de uso, manutenção e recuperação desse ambiente.

A UNESCO, durante o Congresso de Belgrado em 1972, definiu educação ambiental como um processo que visa:

"Formar uma população mundial consciente e preocupada com o ambiente e com os problemas que lhe dizem respeito, uma população que tenha os conhecimentos, as competências, o estado de espírito, as motivações e o sentido de participação engajamento que lhe permitam trabalhar individual e coletivamente para resolver os problemas atuais e impedir que se repitam (VICTORINO, 2000, p. 28)."

Assim, a educação ambiental, não é somente aquisição de conhecimentos, mas uma mudança de comportamento e uma busca de soluções dos problemas. É de suma importância, portanto, conhecer a percepção que esses usuários têm sobre o rio Paraguai, a fim de que, a partir das percepções reveladas, seja possível entender como percebem esse meio que estão inseridos.

Entende-se por percepção ambiental a capacidade que o homem tem de perceber o ambiente no qual está inserido e que pode traduzir-se em proteção e cuidado (FAGGIONATO, 2007). Um dos sentidos da palavra *perceber* é

"formar perfeita ideia de" (BUENO, 1984, p. 850). Nesse sentido, o processo de formação dessa "perfeita ideia" é muito subjetivo fazendo haver diferentes maneiras de se perceber algo, inclusive distintas maneiras de se perceber o ambiente em que se situa. Devido à existência de diferentes vieses que a percepção pode seguir, "é de suma importância o estudo da percepção ambiental para compreender melhor as inter-relações entre homem e o ambiente, suas expectativas, anseios, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas" (FAGGIONATO, 2008, p. 01.) De acordo com Tuan (1980, p. 14), "percepção é uma atividade, um estender-se para o mundo", ou seja, é uma experiência individual, de abrangência social.

Nesse contexto, identificar como os sujeitos percebem o meio ambiente é muito importante, pois "é um meio de compreender como os sujeitos dessa sociedade adquirem seus conceitos e valores, bem como compreendem suas ações e se sensibilizam com a crise socioambiental" (OLIVEIRA; CORONA, 2008, p. 70).

Compreender suas ações e se sensibilizar com a crise socioambiental é um importante passo para a busca do ponto de equilíbrio entre sociedade e natureza. É nesse sentido que se faz necessário ampliar as percepções acerca do ambiente em que se vive e atua. Teixeira (2007), afirma que chegar de fato a esse tão esperado ponto de equilíbrio entre sociedade e natureza não é tão simples; entretanto, é possível agilizar os passos em sua direção, "ampliando nossas percepções sobre a Teia da Vida, que une todos nós, e a consciência de que nossas atitudes para com o meio ambiente definirão o cenário que a humanidade encontrará daqui para frente" (TEIXEIRA, 2007, p. 22).

Segundo Tuan (1980), o contato com o meio ambiente natural está cada vez mais limitado. Há somente algumas situações

especiais que favorecem essa interação, como recreação, turismo, passeios, etc., pois "o que falta às pessoas nas sociedades avançadas é o envolvimento suave, inconsciente com o mundo físico, que prevaleceu no passado, quando o ritmo da vida era mais lento [...]" (TUAN, 1980, p. 110).

As atividades perceptivas enriquecem constantemente a experiência do indivíduo que, por meio dessa experiência se apega cada vez mais ao lugar, desenvolvendo então sentimentos topofílicos (MACHADO, 1996). De acordo com Tuan (1980, p. 05), topofilia "é o elo afetivo entre a pessoa e o lugar ou ambiente físico", ou seja, são os sentimentos que o ser humano possui em relação a determinado lugar e que são formados a partir de sua cultura, de sua experiência no contexto de seu grupo social.

As pesquisas a respeito da percepção ambiental consolidaram-se durante a década de 1970, como uma das linhas dos estudos do ambiente humano, a partir da criação do Grupo de Trabalho sobre a Percepção do Ambiente, pela União Geográfica Internacional (UGI) e do Projeto 13: Percepção da Qualidade Ambiental, no Programa Homem e a Biosfera da UNESCO. O grupo da UGI trabalhava com uma série de estudos sobre os "riscos do meio ambiente" e os "lugares e paisagens valorizados". O projeto da UNESCO dedicava-se ao estudo da percepção do meio ambiente, tendo como linha-mestre uma contribuição para uma gestão harmoniosa dos recursos naturais (AMORIM FILHO, 1996).

A percepção ambiental é de suma importância para entender como estão sendo estabelecidas as relações entre as pessoas e esse meio, que é o rio Paraguai. A partir desse entendimento, esperamos que possam, então, surgir propostas de gestão que contemplem o uso desse recurso natural com sustentabilidade.

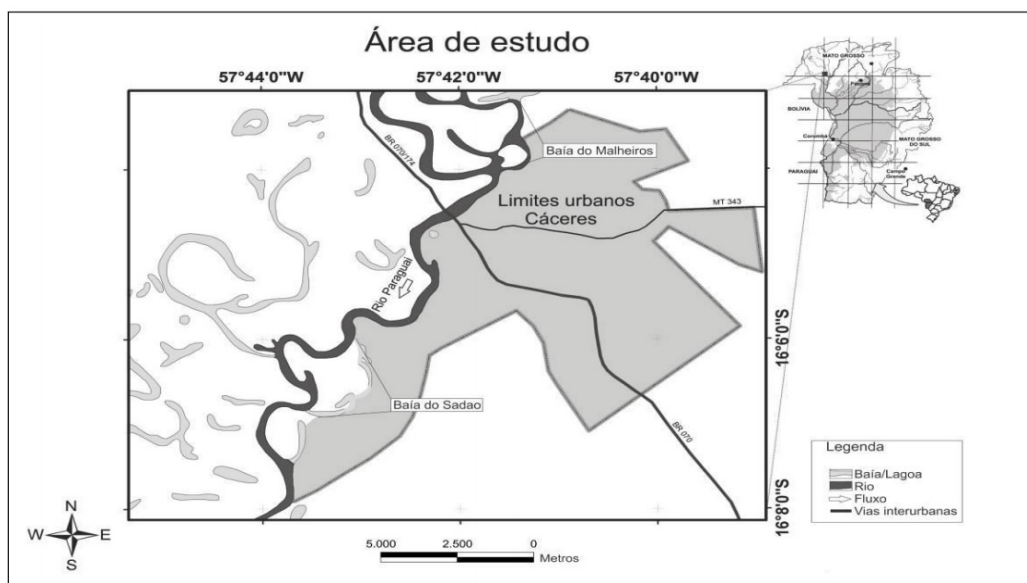


Figura 1 - Localização da área de estudo

MATERIAIS E MÉTODO

Neste item será abordada a área de estudo, sua caracterização histórica e os procedimentos metodológicos utilizados.

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Cáceres, a sudoeste do Estado de Mato Grosso, com pescadores profissionais e proprietários de estabelecimentos comerciais localizados a margem esquerda do rio Paraguai (Figura 1).

Caracterização da área de estudo

A ocupação da região sudoeste do Estado de Mato Grosso iniciou por volta do século XVIII por diferentes processos de colonização. Com o propósito de incrementar a fronteira sudoeste do Estado, foi criado o povoado de Cáceres, que inicialmente foi denominado de Vila Maria do Paraguai, criado por conta da sua posição geográfica, localizada à margem do rio Paraguai (COSTA E SILVA, 1994). Segundo Souza *et al.* (2008, p. 07):

"As primeiras residências e casas comerciais da cidade de Cáceres

foram construídas às margens do Rio Paraguai e em sua planície de inundação, pela necessidade de abastecimento de água e pelo fato de todo o comércio ocorrer em torno do porto de Cáceres."

A partir da década de 1970, políticas de integração nacional, implementadas pelo Governo Federal, objetivaram anexar os grandes vazios demográficos ao processo produtivo brasileiro (SEPLAN/MT, 2002) e o município sofreu um intenso processo de migração. A consequência desse movimento populacional foi o desenvolvimento agrícola, motivando o processo de emancipação das populações dos novos núcleos econômicos. Sendo assim, inúmeros municípios emanciparam-se de Cáceres, reduzindo sua área geográfica e produtiva (COSTA E SILVA, 1994).

Na atualidade, o município de Cáceres tem uma população estimada de 87.942 habitantes, de acordo com os dados do Censo realizado em 2010, em uma área de 24.398 km² (IBGE, 2011). A pecuária continua sendo uma de suas principais atividades econômicas, sendo que o município possui um dos maiores rebanhos de gado bovino do Brasil (IBGE, 2011). O setor de comércio e de serviços representa 97% das empresas em

atividade (SEPLAN, 2007). Na navegação, possui importância regional devido à pesca e ao escoamento de produtos.

O rio Paraguai nasce na Serra do Araporé (também conhecida como Serra das Pedras de Amolar) no Planalto Central do Brasil. Percorre uma extensão de 2.693 km² em território brasileiro, drenando a porção sul e sudoeste do Estado de Mato Grosso (CARVALHO, 1994).

Sua bacia hidrográfica tem uma área total de 1.095.000 km², abrangendo terras do Centro-Oeste (Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), da Bolívia, da Argentina e do Paraguai, sendo o rio Paraguai o principal canal de drenagem da bacia. Os rios integrantes deste sistema (planície) caracterizam-se por possuir escoamento lento. O rio Paraguai é navegável em todo seu curso. Os seus principais afluentes são: da margem direita os rios Jauru, Sepotuba, e Cabaçal. E da margem esquerda os rios Cuiabá (com os seus afluentes São Lourenço e Piquiri), Taquari, Miranda (com seu afluente Aquidauana) e Apa, sendo este constituinte do limite sul do Pantanal brasileiro e fronteira territorial do Brasil com o Paraguai (CEBRAC, 2000).

Procedimentos metodológicos utilizados

Para a realização desta pesquisa, optou-se por trilhar os caminhos da pesquisa qualitativa, pois nela o pesquisador procura “[...] ver o mundo através dos olhos dos atores sociais e dos sentidos que eles atribuem aos objetos e às ações que desenvolvem” (GOLDENBERG, 2005, p. 32). A pesquisa qualitativa tem como objeto de estudos,

"o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (MINAYO, 2000, p. 21-22)."

Assim sendo, para a realização da coleta de dados, foi utilizada a entrevista semiestruturada, pois essa modalidade permite ao entrevistador uma flexibilização com relação ao roteiro, que foi previamente elaborado, admitindo, portanto, se necessário corrigi-lo. Nesse formato de entrevista, há uma relação de interação entre entrevistador e entrevistado, não estabelecendo, portanto uma posição hierárquica entre ambos (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Definição dos sujeitos

No início da proposta deste trabalho, tinha-se a ideia de pesquisar grupos que tivessem um contato permanente com o rio Paraguai. O objetivo era investigar sua percepção ambiental no que se refere à interação entre sujeito/meio ambiente, identificando sua ação em relação ao meio ambiente e aos problemas ambientais relacionados ao rio.

Definiram-se esses grupos como usuários; mas foram identificados diferentes grupos que fazem uso do rio. Então, qual grupo

seria representativo e indicado a participar da pesquisa?

De acordo com Flick (2009, p. 47), na pesquisa qualitativa os pesquisadores:

"[...] estão interessados nas pessoas que estão ‘realmente’ envolvidas e têm experiência com a questão em estudo. Portanto, em busca de casos fundamentais em função da experiência, do conhecimento, da prática, etc., que queremos estudar. Assim, nossa amostra deve ser representativa, não no sentido estatístico ou por representar a realidade em uma população básica; nossos casos devem ser capazes de representar a relevância do fenômeno que queremos estudar em termos de experiência e envolvimento dos participantes de nossa pesquisa com esses fenômenos".

Neste sentido, ao analisar os diferentes grupos de usuários do rio Paraguai, optou-se por dois: proprietários de pousadas, bares e restaurantes, e pescadores profissionais, pelo fato de manterem um contato contínuo com o rio, por exercerem suas atividades profissionais nesse espaço.

O primeiro grupo (proprietários de pousadas, bares e restaurantes) foi definido com base em uma pesquisa prévia junto a SEMATUR (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo – Cáceres/MT) sobre os estabelecimentos comerciais situados às margens do rio Paraguai. Por intermédio desse órgão, obteve-se uma lista com os estabelecimentos comerciais do município de Cáceres que trabalham com as atividades citadas, sem especificar se eram localizadas às margens do rio. Foi feita uma observação da área, identificando os estabelecimentos comerciais que atuam como pousadas, bares e restaurantes, e estão localizados às margens do rio.

O segundo grupo (pescadores profissionais) foi definido a partir de informações da colônia de pescadores. Um primeiro contato foi realizado com a presidente da colônia, momento em que foram explicitados os objetivos da pesquisa e o porquê de realizá-la com os pescadores profissionais. Assim, foi solicitado acesso aos dados (endereço e telefone) dos pescadores para que fosse possível contatá-los. A presidente informou que os dados eram confidenciais e sugeriu que a pesquisadora permanecesse nas dependências da colônia e conversasse com os pescadores que ali vão todos os dias.

A coleta de dados

A coleta de dados foi realizada entre os meses de fevereiro a abril de 2010, e o instrumento utilizado foi a entrevista com roteiro semiestruturado, pois, de acordo com Lüdke e André (1986, p. 34), ela “permite correções, esclarecimentos e adaptações que a tornam sobremaneira eficaz na obtenção das informações desejadas”. No roteiro da entrevista foram abordados os aspectos socioeconômicos e os relacionados à percepção ambiental dos entrevistados em relação ao rio Paraguai (Apêndice B e C).

As entrevistas com os pescadores foram realizadas nas dependências da colônia de pescadores no período já mencionado. Por um período de 15 dias, houve a permanência da pesquisadora nas dependências da Colônia, onde abordava os pescadores, explicava os objetivos da pesquisa e solicitava que concedessem entrevista. Houve muitas negativas, pois muitos pescadores são tímidos, outros têm medo de falar ou simplesmente não gostam de conceder entrevista. Entre os 26 que foram abordados, 20 pescadores (sendo que deste grupo 01 era do sexo feminino) aceitaram participar da pesquisa.

Dentre esses, 18 autorizaram a gravação das entrevistas e dois solicitaram que fossem escritas pela entrevistadora à medida que falavam.

As entrevistas com os proprietários de comércios às margens do rio foram realizadas nas dependências de cada estabelecimento comercial e seguiram o mesmo padrão do grupo anterior, abordagem e explicação dos objetivos da pesquisa. Dentre os dez proprietários procurados para conceder entrevistas, somente cinco se dispuseram a participar da pesquisa. Entre os motivos da negativa, alegaram não possuir conhecimento sobre o rio Paraguai, e também por estarem pouco tempo naquela atividade comercial no local. Tem-se como hipótese de que um dos motivos da negativa com relação à entrevista deve-se ao fato de que o uso do rio Paraguai é um assunto polêmico, principalmente em se tratando de estabelecimentos comerciais situados às suas margens, portanto ficaram receosos em conceder entrevista. Dos cinco entrevistados, somente dois autorizaram a gravação da entrevista, os outros três solicitaram que a entrevistadora somente escrevesse as falas.

A análise dos dados

Os dados foram analisados na perspectiva da análise de conteúdo (BARDIN, 1979). O emprego desse método é importante porque ele se presta para o estudo das motivações, atitudes, valores, crenças, tendências, que são também princípios do estudo da percepção.

A fase de análise e interpretação dos dados seguiu o esquema proposto por Triviños (2009), iniciando com a realização das entrevistas, transcrição, leitura e análise, categorização/classificação e interpretação. A análise interpretativa foi amparada em três aspectos: nos resultados alcançados no estudo (respostas aos

instrumentos), e na fundamentação teórica e na experiência pessoal da investigadora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio Paraguai é um ambiente rico em biodiversidade e oferece diferentes serviços ambientais, que são os benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas (FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Os serviços ambientais são definidos como:

"A capacidade da natureza de fornecer qualidade de vida e comodidades, ou seja, garantir que a vida, como conhecemos, exista para todos e com qualidade (ar puro, água limpa e acessível, solos férteis, florestas ricas em biodiversidade, alimentos nutritivos e abundantes etc.), ou seja, a natureza trabalha (presta serviços) para a manutenção da vida e de seus processos e estes serviços realizados pela natureza são conhecidos como serviços ambientais (NOVION, 2011, p. 02)."

Esses serviços incluem serviços de produção: alimento e água; serviços de regulação: regulação de enchentes, de secas, da degradação dos solos, e de doenças; serviços de suporte: formação dos solos e os ciclos de nutrientes, e serviços culturais: o recreio, valor espiritual, valor religioso e outros benefícios não materiais (HASSAN *et al.*, 2005; REID *et al.*, 2005).

Os serviços ambientais não possuem um valor definido, mas são fundamentais para:

"O bem-estar e sobrevivência da humanidade, pois deles dependem as atividades humanas. A continuidade ou manutenção desses serviços, essenciais à sobrevivência de todas as espécies, depende, diretamente, de conservação e preservação ambiental, bem

como de práticas que minimizem os impactos das ações humanas sobre o ambiente (NOVION, 2011, p. 02)."

A Avaliação Ecológica do Milênio foi solicitada no ano 2000 pela ONU (Organização das Nações Unidas) e foi realizada entre 2001 e 2005. Teve por objetivo avaliar as consequências que as mudanças nos ecossistemas podem trazer para o bem-estar humano e as bases científicas das ações necessárias para melhorar a preservação e o uso sustentável desses ecossistemas (REID *et al.*, 2005).

Os serviços prestados pelo ambiente são fundamentais para o bem-estar humano e constituem a base da Avaliação Ecológica do Milênio. Seus resultados devem servir de subsídio para tomada de decisões dos governos em relação ao uso dos recursos naturais (GOMES; GUARIM, 2008).

Sendo o rio Paraguai um ecossistema, a população da região de Cáceres depende em muito desses serviços e qualquer modificação no rio altera tanto a vida humana, como também a vida de inúmeras espécies vegetais e animais.

Partindo do pressuposto de que o homem é um ser social, não pode ser entendido fora de suas relações com os outros e com o mundo, pois, por meio de uma prática reflexiva, pode transformar-se e transformar também sua realidade, por meio de um processo contínuo de aprendizagem (MAMEDE; FRAISSAT, 2003). Assim, considera-se importante analisarem-se as relações que são estabelecidas entre os homens e o ambiente em que vivem.

Na interação entre o homem e o rio Paraguai é possível identificar diferentes tipos de relacionamentos, pois existem grupos variados de pessoas que o utilizam e que nem sempre possuem os mesmos interesses ou as mesmas necessidades. Cada um possui um objetivo diferente em relação ao rio:

Tabela 1 - Tempo de pesca profissional no rio Paraguai

| Tempo de pesca profissional | Quantidade de pescadores | Porcentagem |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| 01 a 05 anos | 03 | 15% |
| 06 a 10 anos | 02 | 10% |
| 11 a 15 anos | 03 | 15% |
| 16 a 20 anos | 05 | 25% |
| 21 a 25 anos | 02 | 10% |
| 26 a 30 anos | 03 | 15% |
| 31 a 40 anos | 02 | 10% |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

Tabela 2 - O que o rio Paraguai representa para os pescadores

| Categorias | Quantidades de pescadores | Porcentagem |
|---------------|---------------------------|-------------|
| Sobrevivência | 16 | 80% |
| Vida e beleza | 04 | 20% |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

trabalho, lazer, estudos, entre outros.

O olhar dos pescadores profissionais sobre o rio Paraguai

Foram entrevistados 20 pescadores profissionais de Cáceres/MT, sendo 19 do sexo masculino e um do sexo feminino. A idade dessas pessoas variou entre 32 e 66 anos. Esses pescadores são profissionais da pesca cadastrados junto à Colônia de Pescadores de Cáceres/MT (Colônia Z-2)¹. A Colônia de Pescadores Z-2 possui em seu banco de dados 543 pescadores profissionais cadastrados; desse total, 422 são do sexo masculino e 121 do sexo feminino.

Segundo Medeiros (1999), a Colônia Z-2 de Cáceres é uma entidade civil com modelo de estatuto dado pela portaria nº 47, de 26 de dezembro de 1973, do Ministério da Agricultura, fundada em 03 de junho de 1982 por meio da Portaria nº 046, da Confederação Nacional dos Pescadores. Hoje ela tem uma área de atuação que abrange os municípios de Vila Bela

da Santíssima Trindade, Porto Esperidião, Pontes e Lacerda, São José dos Quatro Marcos, Mirassol d'Oeste, Caramujo e Cáceres do Estado de Mato Grosso e ainda o município de Cabixi do Estado de Rondônia.

Todos os pescadores entrevistados são residentes no município de Cáceres, distribuídos em diferentes bairros, tanto da área central como também da área periférica. A maioria deles é de origem cacerense, e os que não são vivem há muito tempo na cidade. Dentre eles, somente 25% moram próximo do rio Paraguai. Esses pescadores exercem a atividade pesqueira como profissão no rio Paraguai como meio de prover sua subsistência e de sua família (Tabela 1).

Muitos deles informaram que já pescavam muito antes da exigência da carteira profissional de pesca, outros dizem pescar desde criança. Alguns deles, eventualmente, exercem outras atividades, como guias turísticos e piloteiros², principalmente no período da piracema³.

Segundo eles, a pesca profissional é uma forma melhor de sobrevivência do que se sujeitar a ser empregado de alguma empresa, conforme o relato a seguir:

"O emprego aqui é uma dificuldade danada, não tem serviço, você vai trabalhar pra ganhar um salário, com um salário você vai passar fome com sua família e hoje não, o rio Paraguai dá mais de um salário, chega até dois salários por mês, então quando tá bom de peixe dá até três salários e agora se nós vai ser empregado dos outros, vai ser mandado e não vai ganhar aquele dois salários, vai ganhar um salário é o mau pagamento que tem aqui, o desemprego, a dificuldade. Eu acho que se vai caçar um emprego, numa fazenda sofre mais que tudo (pescador, 18 anos de pesca profissional)."

Foi indagado aos pescadores o que o rio Paraguai representa para eles e qual sua relação com esse recurso natural. De

turistas aos lugares mais promissores para a pesca.

³ Período em que a pesca está proibida, por conta do período de desova e reprodução dos peixes.

¹ Usa-se a letra Z para designar a zona de pesca, no caso zona de pesca nº 2 ou Z-2.

² Piloteiros: são os pilotos dos barcos que levam os pescadores (turistas) para pescar, conhecem muito bem o rio, e levam os

acordo com as respostas, foram levantadas seis categorias (sobrevivência, fonte de renda, fonte de renda e lazer, beleza e riqueza, beleza e trabalho), que, por sua semelhança, foram agrupadas em duas categorias de respostas (Tabela 2).

Observa-se que o rio Paraguai representa, para 80% dos entrevistados, uma forma de sobrevivência, ou seja, um meio é de obter fonte de renda para seu próprio sustento e também de sua família. Eles veem o rio como um recurso, de onde retiram o pescado, que é vendido posteriormente, gerando, então, renda. Nesse sentido, quanto à percepção que possuem do rio, em primeiro lugar há a questão da fonte de renda para sua sobrevivência. Esse modo de ver o rio remete a uma forma de visão antropocêntrica desse ambiente, ou seja, os recursos naturais estão em função da espécie humana (REIGOTA, 1997). Acredita-se que esse modo de ver o ambiente, voltado para os aspectos mais imediatos, dá-se pelo fato do rio fazer parte do dia a dia dos pescadores, do seu modo de vida, de sua sobrevivência. Seguem algumas das respostas dos pescadores:

"O rio Paraguai representa em minha vida fonte de renda, por causa que é do rio Paraguai que eu tiro o sustento da minha família. Então até hoje graças a Deus eu vivo do rio, com o que eu tiro do rio que eu mantenho a minha família, minha despesa, tudo é do rio (Pescador, 29 anos de pesca profissional)."

"É o maior fruto do mundo. É a sobrevivência da região. Eu tiro a minha sobrevivência do rio (Pescador, 18 anos de pesca profissional)."

"É nossa fonte de renda, dependo dele pra sobreviver, então temos que zelar dele,

senão ele vai acabar. (Pescador, 17 anos de pesca profissional)."

Em pesquisa realizada com moradores de áreas urbanas, Jacobi (2003) também concluiu que eles dão mais ênfase aos aspectos de degradação ambiental mais ligados à sua vida cotidiana. As percepções estão geralmente mais vinculadas aos constrangimentos e desconfortos que esses problemas causam em suas atividades rotineiras.

Segundo Tuan (1980), o agricultor e/ou o camponês possuem um apego à terra, porque conhecem a natureza e ganham a vida com ela. Desse mesmo modo, acontece com os pescadores com relação ao rio, pois o rio torna-se parte deles, o que se traduz em uma intimidade, dependência material; o rio, para eles, transforma-se também em uma grande quantidade de lembranças.

Quando indagados sobre como é sua relação com o rio, 100% dos pescadores informaram que mantêm uma relação de trabalho muito forte com o rio Paraguai e reconhecem sua importância para sua sobrevivência por intermédio do pescado que é comercializado.

Nesse sentido, preocupam-se com os problemas ambientais existentes, uma vez que eles podem e comprometem em parte o seu modo de vida, de subsistência. Demonstram grande preocupação com os problemas desse ambiente. Reconhecem que existe muita degradação no rio e que isso tem afetado o trabalho deles enquanto pescadores, conforme a fala abaixo:

"Na verdade o rio Paraguai pra mim é tudo, (...), ele é minha vida desde que eu me entendo por gente. Eu criei já onze filhos e ainda tô criando, dependendo desse rio, então pra mim ele é tudo. E seria muito difícil hoje com a escassez do pescado com a evolução de tudo que aconteceu, nós estamos perdendo o rio. É preciso ser feita alguma coisa pra que isso

não venha a acabar um dia [...], porque eu tenho visto quando eu comecei a ação pesqueira há 40 anos atrás, o peixe era igual um trânsito aqui, tinha congestionamento de peixe e hoje a gente num teim, quando pega um peixe num lugar logo já tem 50, 70, 80, 90 embarcação junto, quer dizer qual é o peixe que resiste, qual é a natureza que vai aguentar, essa coisa por muito tempo. Então eu achava que tinha que ser feito alguma coisa pra num ter esse impacto muito grande que a natureza tá sofrendo, porque nós tamo perdendo muita coisa, a fauna, a flora (Pescador, 40 anos de pesca profissional)."

Percebe-se, pelas falas dos pescadores, que o rio muitas vezes é visto apenas como um recurso. Sendo assim, faz-se necessário realizar um trabalho de educação ambiental, sensibilizando todos os seus usuários para um uso com responsabilidade e sustentabilidade, uma vez que é preciso gerir os recursos comuns de forma que atendam as atuais e as futuras gerações (SAUVÉ, 2005). Desse modo, a educação ambiental integra uma verdadeira educação, pois trata da "gestão de nossas próprias condutas individuais e coletivas com respeito aos recursos vitais extraídos deste meio" (SAUVÉ, 2005, p. 317). Os pescadores foram indagados sobre suas recordações, lembranças relacionadas ao rio Paraguai, (Tabela 3).

Constatou-se que os pescadores possuem muitas recordações do rio e que a maioria delas está relacionada aos aspectos físicos do rio. E as mais recorrentes estão ligadas a sua atividade profissional, ou seja, a pesca. As respostas mostram uma percepção sobre como eram as condições do rio há alguns anos, com grandes quantidades de peixes, vegetação nas margens do rio e pouco assoreamento, como se pode ver pelas respostas dadas às questões, conforme exemplos a seguir:

Tabela 3 - As recordações dos pescadores relacionadas ao rio Paraguai

| Lembranças | Frequência de respostas |
|---|-------------------------|
| Presença de muitos peixes | 06 |
| Presença de matas na beira do rio | 04 |
| Pouco assoreamento | 03 |
| Maior profundidade do rio | 03 |
| Maior proteção do rio | 02 |
| Existência de muitos lugares pra pescar | 02 |
| Ausência de lembranças | 02 |
| Riqueza do rio | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

Tabela 4 - As modificações observadas no rio Paraguai ao longo dos anos pelos pescadores

| Modificações observadas | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Aumento do assoreamento | 10 |
| Diminuição das matas na beira do rio | 07 |
| Diminuição da quantidade de peixes | 06 |
| Aumento da quantidade de embarcações | 04 |
| Sem mudanças | 02 |
| Mudança do curso do rio | 01 |
| Aumento da quantidade de turistas no rio | 01 |
| Diminuição da profundidade do leito do rio | 01 |
| Diminuição das águas | 01 |
| Lançamento de produtos tóxicos no rio | 01 |
| Mudanças nos canais do rio | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

"Eu tenho recordação do rio Paraguai (pausa) sobre os peixe que tinha há 15, 20 anos atrás. Você andava daqui até na ponte, você pegava 30, 40 pacú e agora não (Pescador, 13 anos de pesca profissional)."

"Ah!!! Pra falar a verdade até meu corpo arrepiá, falar a verdade pra você. Que eu lembro de antigamente não tem nem comparação, porque você chegava nessa beira de rio, sê armava a rede onde você queria, se colocava a rede aqui, sê armava, tinha árvore, muitas plantações, muita fruta pro passarinho, hoje não tem mais nada, [...] tá acabando tudo (Pescador, 20 anos de pesca profissional)."

"Tenho boa lembrança, que ele era muito rico de peixe, hoje ele tem muito peixe ainda, mas bom

de peixe ele era antigamente, 18 anos quando eu comecei, ele era fantástico o peixe por exemplo o que eu pegava com um dia e uma noite, hoje eu tô gastando quase 15 dias pra pegar (Pescador, 18 anos de pesca profissional)."

De acordo com Tuan (1980, p. 112), "para viver o homem deve ver algum valor em seu mundo". Dessa forma, o pescador também não é exceção, pois sua vida é basicamente gerida pelos ciclos do rio, da natureza, uma vez que depende totalmente das condições oferecidas por esse elemento para sua sobrevivência. Ainda de acordo com Tuan (1980, p. 137), "as pessoas atentam para aqueles aspectos do meio ambiente que lhes inspiram respeito ou lhes prometem sustento e satisfação no contexto das finalidades de suas vidas", são os valores que vão sendo

construídos. Perguntou-se aos pescadores quais as modificações percebidas no rio Paraguai ao longo dos anos (Tabela 4).

As modificações apontadas mostram que os pescadores vêm acompanhando as transformações nesse ambiente ao longo dos anos. E apontam diversos fatores de mudanças, dentre as respostas, as mais recorrentes são o desmatamento das margens, diminuição dos peixes e aumento no número de embarcações. Isso se dá pelo fato de que essas alterações, nesse ambiente, afetam diretamente o seu trabalho enquanto pescadores, por isso ficam mais evidentes, como demonstram as falas abaixo:

"O peixe diminuiu, mais turista, perseguição, não consegue pescar por causa dos turistas (Pescador, 07 anos de pesca profissional)."

Tabela 5 - Causa das modificações observadas no rio Paraguai ao longo dos anos pelos pescadores

| Causas das modificações observadas | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Embarcações com motor de alta potência | 12 |
| Desmatamento | 07 |
| Aumento na frequência de queimadas nas margens | 05 |
| Aumento de turistas no rio | 03 |
| Falta de cuidado, respeito com o rio | 03 |
| Aumento da população | 03 |
| Forças da natureza | 02 |
| Legislação ineficiente | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

"Diminuiu o peixe, desabou tudo, hoje só se vê terra, acabou as matas (Pescador, 18 anos de pesca profissional)."

"O leito era mais profundo, hoje tem muita esbarrançamento, tem muitas embarcações, ele tá assoreado (Pescador, 17 anos de pesca profissional)."

Revelam o que mais tem afetado o seu trabalho, pois eles associam essas modificações à diminuição do pescado. O aumento na área de turismo vem aumentando também o uso de embarcações rápidas no rio, as quais aumentam a incidência de ondas no canal que causam a queda de barranco, modificando então as características do rio (SILVA, 2006). Quando indagados sobre as possíveis causas das modificações no rio, obtiveram-se vários apontamentos (Tabela 5).

As respostas que mais aparecem são as grandes embarcações, o desmatamento, as queimadas e a diminuição do pescado. Apontam serem as embarcações a causa principal de tantas modificações no rio, pois elas fazem grandes ondas que batem no barranco e o derrubam, causando o assoreamento do rio. O desmatamento também é outro fator, pois é retirada a cobertura vegetal que possui a função de proteger as margens, que, segundo eles, tem prejudicado muito o rio, pois deixam a área marginal sem proteção alguma; as queimadas

também são apontadas como fatores que contribuem para as mudanças no rio Paraguai. Conforme as falas abaixo:

"Eu acho que pode ser feito por exemplo é diminuir um pouco as embarcação veloz dentro d'agua. Se diminuísse um pouco, pelo menos. 40% já melhora bastante inclusive o nosso peixe do Pantanal não sobe mais por causa disso, muito número de embarcação dentro d'agua e atrapalha o peixe subir, antigamente ele subia o ano inteiro [...] (Pescador, 18 anos de pesca)."

"Tão acabando com o nosso rio, o nosso rio a cada dia mais tá acabando, com desbarrancamentos o com as embarcações grandes, com motor forte que joga aquela água que vai lavando, desbarrancando, e outro desmatando, o que não é certo, [...] tem quilômetros de beira rio desmatado, [...] tá tudo desmatado, como vai viver num lugar desse? [...] (Pescador, 18 anos de pesca profissional)."

"Quem tá fazendo isso daí é o homem que tá desmatando, acabando com a beira do rio (...) Ainda dá tempo de proibir esse negócio de desmatamento de beira de rio, fazer essa chacraçada que tão fazendo. Esses pecuarista aí desmatando botando fogo pra poder criar

capim para criar gado leiteiro. As autoridades tem que acabar (Pescador, 29 anos de pesca profissional)."

A pesquisa mostra que os pescadores, enquanto usuários do rio, não atribuem também a si próprios uma parcela dessas modificações que aconteceram no rio, como a pesca com rede, que por muitos anos foi praticada por muitos pescadores.

Com relação à quantidade de embarcações no rio, os entrevistados apontam que o fluxo tem aumentado muito ao longo dos anos, principalmente de barcos com motores de alta potência, o que foi confirmado por Souza *et al.* (2008), que verificaram, em sua pesquisa realizada em 2004, que houve um aumento considerável na navegação no rio Paraguai nos últimos anos.

Relacionado à diminuição do pescado, associam-na basicamente à pesca predatória, principalmente na época da piracema; aos turistas, que, segundo eles, levam grandes quantidades de pescado, muitas vezes acima do limite permitido. E também à velocidade e à quantidade de embarcações no rio.

Sabe-se que o desmatamento de margens é fator que acelera o processo de assoreamento do leito do rio, além de causar danos à flora e à fauna, trazendo consequências negativas para o ambiente. A vegetação tem muita importância na contenção dos processos erosivos, bem como na

Tabela 6 - O que poderia ser feito pra reverter as modificações observadas no rio Paraguai

| Sugestões | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Fiscalizar o rio | 11 |
| Colocar limite de velocidade para as embarcações no rio | 10 |
| Ter vontade política para reverter e recuperar o rio | 05 |
| Reflorestar as margens | 04 |
| Controlar a quantidade de turistas no rio | 04 |
| Proibir a pesca por um período pra que o rio se recuperasse | 03 |
| Promover ações de Educação Ambiental | 03 |
| Conscientizar todos | 02 |
| Colocar os pescadores para fiscalizar o rio | 01 |
| Tirar o pescador de barranco | 01 |
| Criar uma legislação que obrigassem os usuários a soltar alevinos no rio | 01 |
| Cumprir a legislação | 01 |
| Diminuir as queimadas | 01 |
| Fazer turismo de contemplação | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

manutenção da estabilidade dos barrancos e na qualidade da água (FOSCHINI, 2008).

Foi perguntado aos pescadores se ainda é possível reverter as mudanças apontadas e a maioria (85%) respondeu que ainda é possível fazer alguma coisa para modificar essas mudanças e sugeriram algumas alternativas para reverter a situação (Tabela 6).

Segundo eles, é preciso realizar trabalhos de sensibilização, ações educativas com toda a população usuária do rio, o que pressupõe uma gestão compartilhada desse recurso entre todos os atores sociais envolvidos. E supõe maior compromisso dos órgãos fiscalizadores, realização de projetos de recuperação das margens. De acordo com os entrevistados, seria também necessário colocar um limite de velocidade no rio, para que não houvesse ondas grandes derrubando o barranco. Quanto a essas sugestões, seguem algumas das respostas:

"Ainda dá tempo de proibir esse negócio de desmatamento de beira de rio, fazer essa chacraíada que tão fazendo.

Esses pecuarista aí desmatando botando fogo pra poder criar capim para criar gado leiteiro. As autoridades tem que acabar (Pescador, 29 anos de pesca profissional)."

"Claro que dá, eu acho que tem que ter mais conscientização de todos, não só do pescador profissional, nem do morador, mas de todo o pessoal que ocupa o rio (Pescador, 40 anos de pesca profissional)."

"Colocar limite de velocidade no rio, pois é as onda das embarcações que assoreia o rio (Pescador 17 anos de pesca profissional)."

"Proibir a pesca por 5 anos, reflorestar as margens, assim o peixe vai aumentar (Pescador, 18 anos de pesca profissional)."

"O que tem que ser feito é fechar essa pesca por 3, 4 anos e incentivar esses pacuarista da beira do rio a reflorestar a beira do rio de novo, parar com essas embarcação que tá andano por aí, é eles que tão acabando, se parar ainda volta, se reflorestar a

beira do rio. Quem conheceu aquela época pra ver hoje, dá dó, mas tem jeito sim, mas se não fizer isso, cada vez vai piorar (Pescador, 29 anos de pesca profissional)."

Teoricamente, Pelicioni e Moraes (2005) afirmam que é necessário fazer um trabalho tanto de recuperação das áreas degradadas como também de educação ambiental que estimule o desenvolvimento de ações e prepare os indivíduos para a compreensão dos problemas existentes, suas causas e consequências, buscando cada vez mais uma relação equilibrada com o meio ambiente.

Os pescadores foram questionados em relação às ações que poderiam realizar, enquanto pescadores, para a conservação e manutenção do rio Paraguai (Tabela7).

Predominaram as respostas que apontavam para atividades de limpeza do rio, bem como do acampamento utilizado para a atividade pesqueira. Essas respostas, mais uma vez, evidenciam que sua percepção de ambiente é muito focalizada em suas atividades diárias. Aparecem também nas

Tabela 1 - Ações sugeridas pelos pescadores para conservação do rio Paraguai

| Ações | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Retirar todo o lixo do acampamento | 11 |
| Recolher o lixo que encontra | 07 |
| Não jogar lixo | 04 |
| Ajudar a retirar o lixo do rio quando fechar a pesca (mutirões de limpeza) | 03 |
| Cuidar do rio | 02 |
| Não deixar cair combustível na água | 02 |
| Ajudar na conscientização das pessoas | 02 |
| Não desmatar | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em fev/2010

respostas as atividades de mutirão de limpeza do rio, que são realizadas por ONGs (Organizações não governamentais) e por instituições públicas, como a Universidade do Estado de Mato Grosso. Em sua maioria, citaram o mutirão de limpeza realizado pelo “Capitão Renato”, um sargento da Marinha, aposentado, que possui barcos para passeios turísticos na região. Todos os anos, logo após o fechamento da pesca, ele articula juntamente com órgãos públicos a limpeza do rio, a partir de trabalho voluntário. Apontam também como culpados pela grande quantidade de lixo que existe na beira do rio, os pescadores de barranco. Afirmam que é a população da cidade que mais suja o rio e não os turistas, pois, segundo eles, os turistas, principalmente os estrangeiros, fazem mais o turismo de contemplação e são muito educados. Citam que o rio precisa de mais fiscalização dos órgãos responsáveis durante todo o ano e apontam como alternativa para ajudar nessa fiscalização os pescadores profissionais.

Em relação à pesquisa realizada no que se refere à ajuda para manutenção do rio Paraguai, os pescadores têm a seguinte visão:

"Quando fecha a pesca, retiro todo o lixo da beira do rio, cuido muito do rio. O pescador da cidade suja muito o rio, deixa lixo pendurado até em árvore na beira do rio. Pescador profissional que tem a

consciência que vive do rio traz o seu lixo embora (Pescador, 17 anos de pesca profissional)."

"O pescador profissional em si a maior parte do lixo ele traz, quem deixa o lixo é a população que vai passar o fim de semana. Eu acho que tem que fazer grandes campanhas em cima disso ou usar um tipo de multa (Pescador, 40 anos de pesca profissional)."

"Eu falo sempre com tudo mundo. Uns falam que não é área da gente isso não é meu, é meu, é seu e de todo o mundo. Eu vejo assim ali no rio é preciso fazer um serviço vigoroso por lei, uma comissão de autoridade policial obrigar todo mundo que tá pescando ali, passeando, tomando banho a fazer a limpeza, se não bater vigorosamente eles não cumprem não (Pescador, 39 anos de pesca profissional)."

Nas interlocuções, percebe-se que os pescadores possuem um sentimento muito grande em relação ao rio Paraguai e se preocupam com ele, emocionam-se e acompanham com preocupação as mudanças que ocorreram e ocorrem. Eles possuem um conhecimento muito grande sobre o rio, construído na labuta diária no rio, e assim interagem com ele.

O olhar dos proprietários de pousadas e restaurantes sobre o rio Paraguai

Os estabelecimentos comerciais que estão situados às margens do rio Paraguai, em Cáceres/MT, no trecho compreendido entre a Baía do Malheiros, a Baía do Sadao, são um total de dez estabelecimentos (bares, pousadas e restaurantes). Desses, somente cinco proprietários se dispuseram a participar da pesquisa, sendo três do sexo masculino e dois do sexo feminino. A faixa etária variou entre 20 e 58 anos de idade (Tabela 8).

Os proprietários são pessoas oriundas de outras regiões do país e que exercem há algum tempo uma atividade comercial às margens do rio Paraguai; também utilizam o rio para garantir o seu sustento. Para eles, o rio Paraguai representa “beleza e sustento”, conforme os trechos das entrevistas citados a seguir:

Tabela 8 - Identificação dos proprietários de estabelecimentos comerciais ao longo do rio Paraguai no trecho estudado

| Entrevistados | Origem | Idade | Ramo de atividade | Tempo na atividade |
|-----------------|--------|-------|-------------------|--------------------|
| Proprietário 01 | MG | 50 | Pousada | 03 anos |
| Proprietário 02 | SP | 56 | Pousada | 08 anos |
| Proprietário 03 | SP | 58 | Restaurante | 13 anos |
| Proprietário 04 | MT | 20 | Pousada | 06 anos |
| Proprietário 05 | SP | 53 | Restaurante | 19 anos |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em mar/2010

"O rio Paraguai é um dos rios mais bonitos do Brasil, é o que se houve aqui, tanto em natureza quanto em peixe, tem muitos peixes ainda no rio. Ele é tudo pra mim, dá pra tirar proveito do rio, tanto comercial quanto lazer. Tem que fazer um pacto. Na área urbana tem muita erosão em decorrência da navegação esportiva e comercial (barcos hotel), desbarrancamento e assoreamento (Proprietário nº 02)."

"O rio Paraguai é muito lindo, eu moro na beira do rio há 13 anos. Ele é o sustento das famílias carentes é e sempre foi. Vejo também pelo próprio usuário do rio o desprezo das pessoas com a questão da higiene (Proprietário nº 03)."

Para esses entrevistados o

rio Paraguai é de suma importância para toda a região de Cáceres, por ser um ambiente natural, caracterizado por muitas belezas naturais. Serve como meio principal de geração de renda para a região, seja por intermédio do peixe comercializado, seja pelo turismo, bem como, garante o alimento a inúmeras famílias carentes.

Esses empresários, assim como os pescadores, mantêm uma relação de trabalho muito forte com o rio, visto que as suas atividades comerciais estão diretamente ligadas a ele, e desenvolvem-nas justamente por estarem nesse local, o que se torna um atrativo para turistas e também para a população de Cáceres. Um dos entrevistados afirma:

"Posso dizer que é a mais próxima possível, porque eu tiro

minha sobrevivência dele, eu tiro meu sustento dele, claro que de uma forma diferente da maioria da população, porque todo mundo gosta de pescar ... tirar o peixe pra comer, e eu não tiro o peixe pra sobreviver de outra forma, como forma de renda, mas ... é assim a afinidade que eu tenho com ele (Proprietário nº 04)."

Solicitou-se aos proprietários que apontassem os problemas percebidos em termos de degradação ambiental no rio Paraguai (Tabela 9).

Foram apontados pelos proprietários como os principais fatores de degradação do rio: a falta de cuidado com o rio pelas pessoas que o utilizam; a falta de fiscalização dos órgãos competentes; a pesca predatória, os pescadores de barrancos, que, segundo os

Tabela 9 - Problemas apontados pelos proprietários

| Problemas | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Presença de Lixo | 02 |
| Draga de areia no rio | 02 |
| Esgoto sem tratamento jogado no rio | 02 |
| Usuários de fim de semana | 02 |
| Falta de fiscalização | 02 |
| Diminuição dos peixes | 02 |
| Retirada da mata ciliar | 02 |
| Desmatamento | 02 |
| Retirada da mata ciliar | 02 |
| Pescadores de barranco | 02 |
| Falta de controle na quantidade do pescado retirado do rio | 02 |
| Falta de cuidado com o rio | 01 |
| Pesca predatória | 01 |
| Degradação | 01 |
| Circulação de muitas embarcações no rio | 01 |
| Falta de investimento do governo nos órgãos fiscalizadores | 01 |
| Assoreamento | 01 |

Tabela 2 - Medidas para uso e conservação do rio Paraguai

| Medidas | Frequência de respostas |
|--|-------------------------|
| Oferecer treinamento para os pescadores profissionais | 03 |
| Realizar parcerias entre instituições públicas para discussão dos problemas existentes | 03 |
| Fiscalizar o rio | 03 |
| Acabar com a corrupção dos órgãos fiscalizadores | 02 |
| Conscientizar os pescadores de barranco | 02 |
| Criar uma estrutura para o turismo de Cáceres | 02 |
| Realizar mutirões de limpeza do rio | 01 |

Fonte: SILVA, R. V., Trabalho de campo realizado em mar/2010

empresários, contribuem em muito com o lixo deixado nas margens do rio, o assoreamento e o grande fluxo de embarcações de alta potência.

Os proprietários reconhecem os problemas relativos à degradação ambiental que estão ocorrendo no rio, e responsabilizam as pessoas que fazem uso do rio. Afirmam que é necessária uma fiscalização mais eficiente, sendo importante garantir que os órgãos responsáveis pela fiscalização tenham condições materiais e humanas de exercer o seu trabalho. Observa-se que, apesar de fazerem uso do rio para suas atividades profissionais, não se veem como um agente causador dos problemas ambientais; atribuem-nos aos pescadores de barranco, ribeirinhos e aos usuários de fim de semana. Conforme demonstrado nas falas dos entrevistados, citadas a seguir:

"O Lixo, a falta de cuidado com o rio. Os ribeirinhos (pescador de barranco) são os que depredam o rio, não cuidam do seu lixo, não tem educação. [...]. Eles desbarrancam ou cortam as árvores, não respeitam o rio. [Ex. se tem uma árvore atrapalhando sua pesca, ele corta] (Proprietário nº 02)."

"É um rio muito bonito, mas está sendo judiado pelos pescadores ribeirinhos. O ribeirinho não respeita o alevino, joga lixo, não respeita as pessoas, ele pesca e se não for peixe de interesse dele joga o peixe fora ali mesmo

no barranco (Proprietário nº 01)."

Solicitou-se também aos proprietários que indicassem medidas para uso e conservação do rio Paraguai (Tabela 10).

Os entrevistados apontaram que é necessário oferecer treinamento para os pescadores profissionais, pois, de acordo com eles, são os pescadores profissionais que praticam a pesca predatória e incentivam os turistas a praticá-la.

Observa-se, a partir das entrevistas realizadas, que há um conflito implícito entre os proprietários desses estabelecimentos e os pescadores profissionais, conforme demonstram as falas dos proprietários abaixo:

"Enquanto houver pescador profissional não há solução para o rio com relação ao pescado por causa da pesca predatória. O turista não causa problema, ajuda a preservar o rio, porém quando não consegue pescar, é incentivado a fazer a pesca predatória pelos piloteiros (Proprietário nº 02)."

"As instituições precisam fazer parcerias para discutir os problemas existentes. Se não cuidar do rio Paraguai, essa beleza vai se acabar, se o ser humano não ajudar a cuidar (Proprietário nº 03)."

"Acabar com a corrupção dos órgãos fiscalizadores, dar

treinamento para os pescadores profissionais, para não vender peixe para os turistas, pois os mesmos levam grandes quantidades de peixes. Imagina um barco com 20 turistas cada um levando 20 kg de peixes, é muito peixe que sai do rio. O turista deveria levar o que ele próprio pescar. Turista não pesca, eles vem é pra beber, farrear e depois compram um monte de peixe dos pescadores (Proprietário nº 01)"

De acordo com Guimarães (2003), a gestão dos problemas ambientais só irá realmente se efetivar com a participação dos diferentes atores envolvidos, pois,

"a não participação, de qualquer que seja o ator social, principalmente os mais antagonizados pelos problemas ambientais, decompõe a realidade reduzindo-a e simplificando-a, não dando conta da complexidade e somente possibilitando intervenções parcializadas (GUIMARÃES, 2003, p. 187)."

Assim, os atores sociais que mais sofrem com os problemas ambientais do rio Paraguai são aqueles que dependem dele para viver, pois suas atividades profissionais estão diretamente ligadas a ele. Nesse sentido, é necessário um trabalho de educação ambiental com todos os grupos sociais que fazem uso dos serviços

oferecidos pelo rio, para que todos possam contribuir nas discussões e planejamentos de estratégias de recuperação e manutenção desse meio.

Desse modo, Guimarães (2003, p. 192), aponta que: “a Educação Ambiental crítica das desigualdades sociais e dos desequilíbrios nas relações entre sociedade e natureza, percebe os problemas ambientais decorrentes dos conflitos entre interesses privados e coletivos”; pois, muitas vezes o que leva algum grupo de ator social a participar de processos de gestão são interesses privados, particulares sobre o meio ambiente.

O olhar dos dois grupos de usuários sobre o rio Paraguai

Por meio da análise dos olhares de cada grupo pesquisado, pode-se dizer que os dois grupos fazem uso dos serviços que o rio oferece, cada um a sua maneira, como forma de garantir sua sobrevivência.

Percebe-se que existe um sentimento “topofílico” entre os pescadores e o rio, que é o “termo que associa sentimento com lugar” (TUAN, 1980, p. 129), resultado de sua experiência individual e diária com esse recurso natural. Os pescadores definem esse sentimento, conforme esta fala: “o rio é nossa vida” (Pescador, 27 anos de pesca profissional). Sentimento esse estabelecido na relação homem e natureza (rio), construídos ao longo dos anos por meio de uma experiência muito pessoal com esse ambiente.

Diferentemente do que foi verificado por Costa e Guarim Neto (2010), em sua pesquisa com pescadores do rio Teles Pires, na qual relatam que há muita insatisfação com a profissão de pescador, nesta pesquisa, cujos resultados estão sendo apresentados, o grupo de pescadores do rio Paraguai não emite qualquer sentimento de

insatisfação com a profissão, apesar dos problemas enfrentados como diminuição do pescado, assoreamento do rio, aumento de turistas e de embarcações no rio, que, segundo eles, também prejudicam a pesca.

Para o outro grupo pesquisado, o de proprietários, o rio Paraguai é percebido de forma mais distante, ou seja, não se percebe um envolvimento profundo, como vi claramente haver entre os pescadores. Eles possuem sentimento em relação ao rio, que é despertado pelas belezas, pela imponência que o rio oferece. Não há uma afetividade explícita, como verificada no primeiro grupo. Acredita-se que isso se deve ao fato de que, apesar de trabalharem às margens do rio, muitas vezes esse contato é superficial, não estabelecendo, portanto, vínculos mais fortes com o ele.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo trilhou os caminhos da pesquisa qualitativa, por meio da entrevista semiestruturada. O uso dessa modalidade de entrevista permitiu uma maior interação entre a pesquisadora e os sujeitos pesquisados. A metodologia utilizada revelou o olhar de dois grupos de usuários sobre o rio Paraguai, demonstrando como esses sujeitos percebem e interagem com esse recurso natural. Os pescadores profissionais, por trabalharem todos os dias no rio, adquiriram um sentimento de pertencimento em relação a ele, ao afirmarem que o rio é sua vida, sua sobrevivência.

Contudo, na primeira etapa, ocorreram dificuldades com relação ao acesso aos sujeitos pesquisados, pois cinco pescadores se negaram a participar da pesquisa, alegaram não gostar de conceder entrevistas. E também cinco proprietários não quiseram conceder entrevista, disseram não possuir conhecimento suficiente sobre o rio Paraguai.

Os dois grupos tem o rio Paraguai como um meio de sobrevivência, pois tiram dele o seu sustento, cada um com as especificidades do seu trabalho. Os entrevistados percebem os problemas que estão ocorrendo no rio e demonstram grande preocupação com o futuro, pois falam disso com uma tristeza ao recordar como era o rio anos atrás. No entanto, os proprietários, assim como os pescadores, não veem as suas atividades como prejudiciais a esse ambiente, portanto, não se consideram responsáveis pelos problemas ambientais existentes.

Nesse sentido, a pesquisa mostrou que é de suma importância a realização de atividades educacionais na área de educação ambiental que envolva os diferentes usuários do rio Paraguai, bem como, uma gestão compartilhada do rio. Esta pesquisa pode subsidiar projetos de gestão e educação ambiental, uma vez que ela trouxe um diagnóstico socioambiental de dois grupos de usuários sobre o rio Paraguai. Buscar o envolvimento, a opinião, o conhecimento dos atores sociais é fundamental, pois, pode garantir o sucesso dos planos de gestão, uma vez que, os atores sociais têm de se sentir parte do processo, para que haja o seu engajamento.

REFERÊNCIAS

- AMORIM FILHO, O. B. Topofilia, topofobia e topocídio em Minas Gerais. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. (Org.) **Percepção ambiental: a experiência brasileira**. São Paulo: Studio Nobel; São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos, 1996.
- BARDIM, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Martins Fontes, 1979.
- BERNA, V. Jornalismo ambiental. In: SANTOS, J. E; SATO, M. **A contribuição da educação**

ambiental à esperança de Pandora. São Carlos: RiMa, 2003.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Estabelece a Política Nacional de Educação Ambiental.** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivi>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

BUENO, F. S. **Dicionário escolar da língua portuguesa.** 11. ed. Rio de Janeiro: FAE, 1984.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** Trad. Newton Roberbal Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia.** Rio de Janeiro: CPMR, 1994.

CASTRO, M. L.; CANHEDO JÚNIOR, S. G. Educação ambiental como Instrumento de Participação. In: PHILIPPI Jr., A.; PELICIONE, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade.** Barueri, SP: Manole, 2005.

CEBRAC. **Realidade Pantanal: impactos ambientais da navegação atual no alto rio Paraguai.** Brasília, DF: WWF. Brasil (Relatório Institucional - WWF, CEBRAC, ICV), 2000.

COSTA E SILVA, P. P. **Breve história de Mato Grosso e de seus municípios.** Cuiabá, 1994.

COSTA, R. V.; GUARIM NETO, G. O saber local de pescadores do Rio Teles Pires, Alta Floresta, MT: a conectividade com a Educação Ambiental em espaços não-escolarizados. In: SANTOS, J. E.; GALBIATI, C.; MOSCHINI, L. E. (Org.). **Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura.** v. 2 – São Carlos: Rima Editora, 2010.

FAGGIONATO, S. **Percepção Ambiental.** Disponível em:

<<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa.** Tradução Roberto Cataldo Costa; Consultoria, supervisão e revisão técnica desta Dirceu da Silva. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONSECA, V. L. I., NUNES SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Revista Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.

FOSCHINI, R. C. Trajetória das leis protetoras das APPs e o conflito com a lei de uso e ocupação do sol. Periódico Eletrônico - **Fórum Ambiental da Alta Paulista.** v. IV, ano 2008.

GADOTTI, M. **Pedagogia da Terra.** São Paulo: Petrópolis, 2000. (Série Brasil Cidadão).

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais.** 9. ed. Rio de Janeiro: Record, 2005.

GOMES, I. R.; GUARIM, V. L. Serviços Ambientais. In: GUARIM, V. L. M. S.; VILANOVA, Sílvia R. F. (Org.) **Parques urbanos de Cuiabá, Mato Grosso: Mãe Bonifácia e Massairo Okamura.** Cuiabá, MT: Entrelinhas: EdUFMT, 2008.

GUIMARÃES, M. Educação ambiental e a gestão para a sustentabilidade. In: SANTOS, J. E.; SATO, M. **A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora.** São Carlos: RiMa, 2003.

HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends.** The Millennium Ecosystem Assessment Series. Vol. 1. Washington: Island Press, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE. Cidades. Cáceres/MT.** Disponível

em: <<http://www.ibge.gov.br/cidades>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

JACOBI, P. Meio ambiente e educação para a cidadania: o que está em jogo nas grandes cidades? In: SANTOS, J. E.; SATO, M. **A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora.** São Carlos: RiMa, 2003.

LAYRARGUES, P. P. Educação ambiental com compromisso social: o desafio da superação das desigualdades. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org.) **Repensar a educação ambiental: um olhar crítico.** São Paulo: Cortez, 2009.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, L. M. C. P. Paisagem Valorizada: A Serra do Mar como Espaço e como Lugar. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. (Org.) **Percepção ambiental: a experiência brasileira.** São Paulo: Studio Nobel; São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos, 1996.

MAMEDE, F.; FRAISSAT, G. Construindo com arte o nosso meio ambiente. In: SANTOS, J. E.; SATO, M. **A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora.** São Carlos: RiMa, 2003

MEDEIROS, H. **Impactos das políticas públicas sobre os pescadores profissionais do Pantanal de Cáceres, Mato Grosso.** 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, USP, São Paulo/SP, 1999.

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (Org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

NOVION, H. P. I. **O que é serviço ambiental?** Disponível em: <<http://pib.socioambiental.org/pt/c/terras-indigenas/servicos-ambientais/o-que-e-servico-ambiental>>. Acesso em: 16 maio 2011.

OLIVEIRA, K. A.; CORONA, H. M. P. A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais. **Revista Científica ANAP-Brasil**, n. 1, p. 53-72, julho/2008.

PELICIONI, M. C. F.; J. C. Agenda 21, Comunidade saudável e população indígena. In: PHILIPPI Jr., A.; PELICIONE, M. C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri, SP: Manole, 2005.

PIAIA, I. I. **Geografia de Mato Grosso**. Cuiabá: EdUNIC, 1997.

REID, W. V. et.al. **Relatório-Síntese da Avaliação Ecosistêmica do Milênio, (Síntese Geral)**. 9 de maio de 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org>>. Acesso em: 20 maio 2010.

REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1997. (Questões da nossa época; v. 41).

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2006. (Coleção Primeiros Passos).

SAUVÉ, L. Educação ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, maio/agosto, 2005.

SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento) (2002). **Histórico de ocupação do Estado de Mato Grosso**. Disponível em: <<http://www.qmdmt.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 27 jul. 2009.

SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento). **Censo 2007**. Disponível em: <<http://www.indicador.seplan.mt.go>

v.br/censo/2007>. Acesso em: 24 jul. 2009.

SILVA, A. **Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres-MT**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá/PR, 2006.

SOUZA, C. A.; SOARES, J. C. O.; SILVA, L. N. P. Pantanal mato-grossense: ocupação da planície e navegação no rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã/MT. In: SANTOS, J. E.; GALBIATI, C. (Org.). **Gestão e educação ambiental: água, biodiversidade e cultura**. v. 1, São Carlos: Rima Editora, 2008.

TEIXEIRA, A. C. Educação ambiental: caminho para a sustentabilidade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental/Rede Brasileira de Educação Ambiental**. n. 2, p. 21-30, fev/2007. Brasília; Rede Brasileira de Educação Ambiental, 2007.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2009.

TUAN, Y. F. **Topofolia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1980.

VICTORINO, C. J. A. **Canibais da natureza: educação ambiental, limites e qualidade de vida**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

ZART, L. L. **Educação ambiental crítica: o encontro dialético da realidade vivida e a utopia imaginada**. Cáceres – MT: Unemat Editora, 2004.

Recebido em: abr/2012
Aprovado em: mai/2014

Análise de cenários com proposição de medidas de recuperação ambiental para a micro-bacia do Tijuco Preto, São Carlos-SP

Scenario analysis to propose measures for the environmental recovery of Tijuco Preto micro-basin, São Carlos-SP

RESUMO

O artigo objetiva analisar cenários ambientais para compor o Plano Diretor do Município de São Carlos-SP com medidas de recuperação ambiental para bacias urbanas a partir de simulações hidrológicas. As medidas propostas incluem medidas compensatórias para micro e macro-drenagem. A metodologia utiliza base regional para espacializar bacias embutidas com uma classificação de uso e ocupação do solo para os anos: 1962, 1972 e 1998. São simulados cenários retrospectivos de 50 anos, 40 anos e 15 anos, e cenários prospectivos de 10 anos, com (CPD) e sem Plano Diretor (SPD). O resultados para o planejamento ambiental (CPD) indicam melhorias na carga de poluição hídrica e prevê a recuperação das funções hidrológicas e ambientais. Recomendam-se avaliar novos cenários de planejamento e instrumentação de monitoramento para bacias sem dados, conforme o programa PUB - Predictions in Ungauged Basins (Sivapalan *et al.* 2003).

PALAVRAS-CHAVE: cenários ambientais, Plano Diretor, simulação hidrológica, bacias urbanas

Alfredo A. Ohnuma Jr

Professor Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, RJ, Brasil
akira@uerj.br

Eduardo Mario Menciondo

Professor Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, Universidade de São Paulo São Carlos, SP, Brasil
emm@sc.usp.br

ABSTRACT

The research aims to analyze environmental scenarios for Master Plan to the city of São Carlos-SP with environmental remediation measures for urban watersheds using hydrological simulations. Measures include compensatory measures for micro-and macro-drainage. The methodology uses regionally-based nested basins (Menciondo e Tucci, 1997) with a classification of land-use in years: 1962, 1972 and 1998. The simulations involve retrospective scenarios through 50 years, present state (1998) and prospective scenarios of 15 years with and without Master Plan. The results for environmental planning (CPD) indicate improvements in charge of water pollution and provides for the recovery of hydrological and environmental functions. It is recommended in evaluating new planning scenarios and monitoring instrumentation for basins without data as the PUB program - Predictions in Ungauged Basins (Sivapalan *et al.*, 2003).

KEYWORDS: *environmental scenarios, Master Plan, hydrologic simulation, urban basins*

INTRODUÇÃO

De acordo com o *World Resources Institute*, com base no relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecosistêmica do Milênio em UNESCO (2003), é necessário que políticas ambientais se preocupem com as consequências futuras das atividades atuais a partir do desenvolvimento de cenários de mudanças a longo e curto prazo. A finalidade está em fornecer o bem-estar humano e o progresso em direção a sustentabilidade socioambiental.

Os cenários de avaliação ambientais se apresentam não como formas de prever o futuro, mas sim como indicadores prováveis para que a ciência possa afirmar sobre as consequências das alternativas plausíveis que venham a ser adaptadas para os próximos anos. Wright (2005) reconhece a construção de cenários como metodologia apropriada para reconhecer a imprevisibilidade do futuro, no entanto Regra *et al.* (2013) entendem os cenários como uma ferramenta administrativa fundamental para orientar tomada de decisões além das medidas convencionais.

A utilização de ferramentas hidrológicas capazes de identificar problemas potenciais decorrentes da urbanização auxilia na fase de composição de Planos Diretores Urbanos. Sivapalan *et al.* (2003) indicam que as ferramentas de previsão de bacias se baseiam em situações anteriores que se revelam como guias alternativos para o futuro, sendo que os dados da bacia e dos modelos derivados tornam-se também guias úteis para a previsão de respostas hidrológicas em bacias similares.

Embora as características das bacias urbanas sejam responsáveis primariamente pela estimativa dos parâmetros hidrológicos, é importante destacar que existem incertezas devido às heterogeneidades dos aspectos

quantitativos e da natureza dinâmica do ciclo hidrológico.

Entre as variadas formas de aglomerado humano em áreas urbanas, existem as de maior potencial para a ocorrência de impactos ambientais. Dentre elas, encontram-se as áreas de fundo de vale que são ocupadas irregularmente devido a ausência de regulamentação e planejamento. Silva e Porto (2003) apontam a necessidade de integração da gestão dos sistemas urbanos a partir do uso dos recursos hídricos, inclusive controle da drenagem urbana, habitação, viário e transporte público.

O presente estudo foi realizado em meados de 2005 e as previsões de cenários utilizaram como base de análise mais atual a imagem de 1998 para classificação de uso e ocupação do solo. Tomaram-se como base de espaçamento períodos intercalados de cinco anos (2005, 2010 e 2015), tendo em vista progressão de crescimento abrangendo evolução histórica 1960-2000 (Peres e Mendiondo, 2004).

OBJETIVOS

Este trabalho visa analisar cenários de planejamento para a recuperação ambiental de bacias urbanas a partir de diretrizes instaladas em lotes urbanos, na micro e macrodrenagem. É proposto especificamente avaliar hidrogramas simulados para chuvas de projeto com períodos de retorno de até 50 anos.

METODOLOGIA

São elaborados cenários com e sem intervenção (CPD e SPD) para avaliar o incremento de vazões máximas associado sobretudo ao aumento de áreas impermeáveis e ocupações irregulares. O CPD é motivado pelo controle do uso e ocupação do solo, desde que

associadas às outras medidas para contenção dos volumes não suportados pelo dimensionamento atual dos canais. O SPD caracteriza-se como cenário de tendência ou de ocupação descontrolada a fim de observar alterações significativas no coeficiente de escoamento e nas vazões de pico.

Prever cenários a curto, médio e longo prazo requer análise de dados quantitativos que muitas vezes não estão disponíveis. No entanto, para bacias com poucos dados, os parâmetros podem ser melhorados a partir de medições de campo, imagens de satélite, classificação de uso e ocupação do solo urbano e outros.

A extensão temporal utiliza cenários retrospectivos de até 50 anos (1962) e cenários prospectivos até o ano 2015. Esses cenários se apropriam das imagens analisadas com representação de cenários futuros intercalados de 5 em 5 anos, com a seguinte classificação: cenários de tendência e cenários de intervenção. Os cenários de tendência definem ocupações desordenadas e sem controle, com indicação de crescimento desordenado, ocupações das várzeas e desequilíbrio do habitat natural. Considera-se portanto ocupação sem planejamento e o descontrole é caracterizado por ocupações de áreas ribeirinhas, modificações em canais naturais (retificação em concreto) e implantação de rodovias marginais. Os cenários de intervenção incluem a elaboração de propostas para Planos Diretores a partir da inclusão de critérios técnicos de recuperação ambiental da bacia. As diretrizes de intervenção tem como finalidade ordenar o pleno desenvolvimento das funções eco-hidrológicas da área, ou seja, aquelas capazes de promover a funcionalidade do sistema hídrico, além de garantir a preservação das condições naturais do ambiente.

Ao longo da série de bacias embutidas são realizadas classificações de uso e ocupação do

solo, conforme registro foto-aéreo. As imagens definem áreas potenciais de planejamento e áreas ociosas para ocupação desordenada. A regulamentação de áreas não edificáveis apoia-se em mapas georreferenciados, delimitando-as como de risco iminente de deterioração e impactos ambientais, com a devida preocupação decorrente dos problemas gerados por inundações à jusante da bacia.

O Plano Diretor

Essencialmente, define-se a atuação do Plano Diretor (PD) como um instrumento de política de desenvolvimento do município e de ocupação urbana. A partir do PD são esperadas propostas como meios para garantir e incentivar a participação popular na gestão do município, bem como para apontar rumos para um desenvolvimento local economicamente viável, socialmente justo e ecologicamente equilibrado. O PD indica diretrizes para proteger o meio urbano, áreas

de mananciais, áreas verdes e o patrimônio histórico local.

Como parte integrante do processo de planejamento municipal, a Lei do Plano Diretor do município de São Carlos PMSC (2005) institui: (a) que sejam realizadas obras para adequação do sistema de drenagem quando não houver a possibilidade de relocação da população residente para outra área (art. 89); (b) que o projeto de drenagem constituído por poços de infiltração, bacias de retenção de águas pluviais, dispositivos de dissipação de energia, pavimentos permeáveis e demais componentes do sistema, devem ser concebidos e implantados de tal modo que a vazão de escoamento seja mantida dentro das condições originais da área antes de ser urbanizada, reduzindo-se o impacto da urbanização nos fundos de vale e nos corpos d'água (art. 103) e (c) o coeficiente de permeabilidade como a relação existente entre a área permeável e a área do terreno deve ser igual a 15% em Zona de Ocupação Induzida (art. 160), sendo

a bacia do ATP situada nesta Zona.

As diretrizes do Plano Diretor Municipal estão associadas às medidas propostas pelos cenários ambientais do presente estudo. Adiante são discutidas obras realizadas no âmbito do Projeto Pro-Tijuco (FIPAI/PMSC, 2003) e concluídas em 2005, mesmo ano de realização deste estudo.

Caracterização socioambiental da bacia de estudo do Alto Tijuco Preto, São Carlos-SP

Localizada no município de São Carlos-SP, a micro-bacia urbana do Alto Tijuco Preto (ATP) integra a micro-bacia do Tijuco Preto, que por sua vez engloba uma das 14 micro-bacias urbanas principais do município (Figura 1 à direita). O Córrego do Tijuco Preto corresponde a um dos afluentes que compõem a bacia hidrográfica do Rio Monjolinho, que integra a bacia do Rio Jacaré-Guaçu, e que é um dos afluentes do Rio Tietê. A seleção da

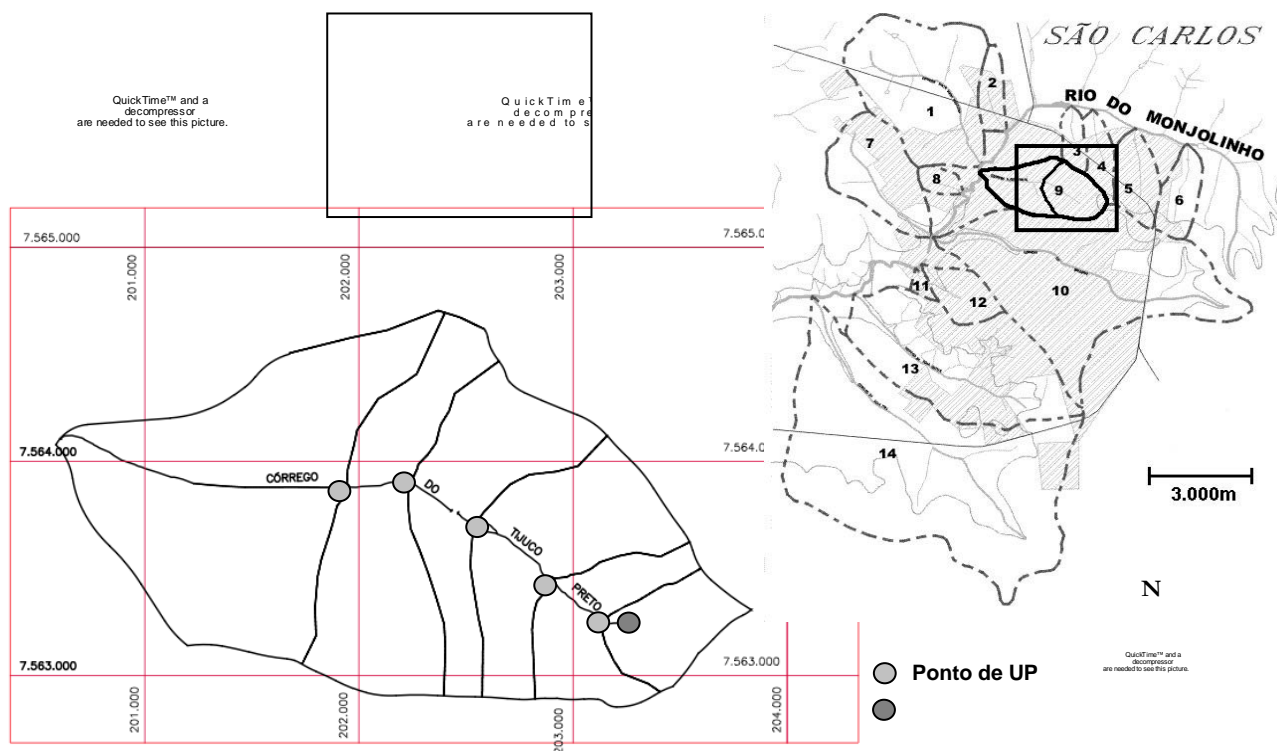


Figura 1 - Micro-bacia do Alto Tijuco Preto, São Carlos/SP

bacia deve-se ao crescente processo de urbanização da área e a existência da ação de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Ministério Público.(MP - TAC, proc. N.º. 332/95).

A bacia do ATP está delimitada conforme metodologia que se baseia em bacias embutidas proposto por Mendiondo & Tucci (1997), onde são caracterizadas “sub-bacias” ao longo da área de intervenção denominadas de Unidades de Planejamento (UP’s), conforme Figura 1. Para cada UP encontra-se definida uma travessia de controle que identifica o exutório de saída das bacias embutidas.

O Alto Tijuco Preto situa-se a montante da rua Rui Barbosa e é identificado como uma das principais áreas de ocupação urbana da cidade, uma vez que sua localização encontra-se acima de 70% urbanizada. É estimado que o crescimento das áreas impermeáveis da bacia se evidencia de forma progressiva e, o consequente tamponamento das nascentes implicam uma redução de sua densidade de drenagem natural. Esta densidade relaciona o comprimento de leitos naturais ao longo da área da bacia. Redes artificiais (retificação com canais de concreto, por exemplo) não são consideradas no cálculo da densidade de drenagem natural.

Com aproximadamente 5.000 domicílios, a bacia do ATP possui densidade populacional que varia entre 50 a 100 hab/ha distribuídos em uma área aproximada de 2,31 Km² e comprimento de talvegue principal em torno de 1.600 metros. Sua ocupação estende-se dentro do perímetro urbano e as áreas de fundo de vale encontram-se praticamente tomadas por ocupações indevidas e desprovidas de regularizações ambientais (FIPAI/PMSC, 2003).

Após adaptação de dados do PNUD (2003), Mendiondo *et al.* (2004) estimam uma renda anual para os moradores da bacia do ATP

superior a 20 milhões de dólares. O elevado déficit ambiental caracterizado na bacia determinou, segundo PMSC (2004), como sendo Área de Especial Interesse (AEI): como instrumento de política urbana para cumprir determinadas funções especiais de planejamento e ordenamento territorial, conforme o art. 18 do Projeto de Lei que institui o Plano Diretor do Município de São Carlos (PMSC, 2004).

Método de classificação de uso e ocupação do solo na bacia

O diagnóstico ambiental da bacia do ATP apresenta elevado índice de impacto ambiental, aliado aos problemas de interferência no sistema de drenagem, decorrentes do não planejamento, da urbanização acelerada e da falta de controle do uso do solo. Ocupações ao longo das áreas de fundo de vale, associado à falta de leis regulamentadas, favoreceram aspectos tendenciosos de invasão urbana nas áreas de preservação permanente (APP's).

A classificação de uso e ocupação do solo utiliza imagens de cenários retrospectivos dos anos 1962, 1972 e 1998. A partir da classificação de uso do solo destas imagens, a extensão temporal utiliza cenários de ocupação para os anos de 2005, 2010 e 2015. Estes últimos se comportam como cenários de referência (2004) ou tendenciais sem Plano Diretor (SPD). São incluídos também cenários de intervenção com Plano Diretor (CPD) para os anos 2005, 2010 e 2015.

A classificação é definida conforme tabela Tucci (2001) para valores de CN em bacias urbanas e suburbanas. A definição das coberturas escolhidas deve-se a uma análise de sensibilidade dos tipos de solo e construções na área de estudo a partir de visitas em campo e imagens aéreas da bacia (FIPAI/PMSC, 2003).

Os critérios adotados para a definição do tipo de uso e ocupação do solo são:

- a) identificação de loteamentos residenciais, comerciais e áreas industriais;
- b) áreas de florestas e bosques como áreas de fundo de vale ou reservas ambientais;
- c) áreas de baldios em boas condições como solos expostos, terrenos e áreas não identificáveis;
- d) vias de arruamento, estradas e pavimentações de calçadas.

O crescimento urbano tem como consequência a ampliação de áreas pavimentadas e asfalto e as reservas florestais acabam sofrendo a pressão do crescimento de áreas de loteamento. Sendo assim, nota-se carência de espaços livres que facilitam o processo de infiltração e percolação das águas da chuva devido a urbanização. Este processo é fruto do padrão espacial de desenvolvimento urbano da cidade, que pode afetar o regime hidrológico. Nesse caso, segundo Yang *et al.* (2011) em estudo de cenários, avalia que esse processo influencia diretamente as condições do escoamento a partir da conectividade hidrológica da área urbana na escala de captação da drenagem. Na escala dos canais ou rios, quem controla os padrões de inundação é o tempo de deslocamento das manchas urbanas.

Diretrizes de Recuperação Ambiental de Bacias Urbanas para Planos Diretores

As medidas propostas simuladas com PD apresentam cenários que interferem na macro-drenagem e, como: (a) ampliação da cobertura vegetal em APP's; (b) instalação de microreservatórios em lotes; (c) instalação de reservatórios de filtragem na escala de micro-drenagem; (d) reativação de reservatório de detenção na macro-drenagem; (e) renaturalização de

canais. Conforme PMSC (2005) foi realizada obra do parque linear e destamponamento de canalização em trecho degradado. A primeira etapa do projeto comprometeu-se em adequar o canal nas condições do leito original baseado na técnica de renaturalização ou reabilitação fluvial. Corredores de vegetação a partir da recuperação de mata ciliar, contribuiu com o aumento de áreas verdes, lazer e maior capacidade de infiltração da água no solo. É dada prioridade a recuperação ambiental de bacias com APP's de menor urbanização (Francisco *et al.*, 2008)

O uso de cobertura vegetal (CV) refere-se à adoção de áreas permeáveis embutidas nos lotes com uso de gramíneas, solos expostos, terra batida e outros. Considera-se também o reflorestamento conforme indicado em projetos de recuperação ambiental de áreas de fundo de vale (FIPAI/PMSC, 2003), além do plantio de novas mudas de árvores em passeios como parte do programa de arborização urbana. Este projeto prevê o plantio de mais de 4.000 mudas distribuídas ao longo de cada quadra, considerando 7 mudas a cada 100 metros. O número de plantio de mudas a partir do programa de arborização urbana incide no cálculo de áreas permeáveis de florestas. Aplicar CV em lotes a partir de um coeficiente verde de 15% auxilia no retardamento do escoamento superficial devido à criação de maiores espaços com maior potencial de infiltração e percolação da água no solo. Vale ressaltar a

$$S_{atual} = \frac{\sum_{i=1}^2 A_{perm.} \cdot S_{perm.}}{A_{perm.sub-bacia}} + \frac{\sum_{i=1}^3 A_{imper.} \cdot S_{imper.}}{A_{imper.sub-bacia}} \quad (1)$$

necessidade de limpeza periódica sobre a CV para que haja facilidade na transferência superficial de água com o solo subterrâneo.

Outra proposta considera o aproveitamento de águas pluviais como medida de descentralização a partir de microreservatórios instalados em lotes com tamanho mínimo de 1m³ e capacidade de retenção de parte do volume do escoamento proveniente da cobertura da edificação. Além de promover uma maior distribuição da vazão temporalmente, tem como finalidade reduzir picos de cheias. Se embutido em pequenos e poucos lotes, o efeito do microreservatório pode ser reduzido e não ser significativo hidrológicamente para retenção na macrodrenagem durante eventos com precipitações intensas.

Segundo Nascimento (2006), o uso de microreservatórios pode ser uma alternativa compensatória da urbanização sobre o escoamento, inclusive tornando-se um estímulo compulsório para descontos na taxa de drenagem ou no IPTU.

O método utilizado para a simulação dos microreservatórios é o adotado pelo SCS (SCS, 1975). A aplicação incide em áreas residenciais e industriais. O armazenamento atual S_{atual} é estimado pela equação 1 a partir da cobertura e uso do solo.

Sendo $A_{perm.}$ = áreas permeáveis (zonas florestais e baldio em boas condições); $A_{imper.}$ = áreas impermeáveis (zona residencial, industrial e arruamento); $A_{perm.sub-bacia}$ e $A_{imper.sub-bacia}$ são as áreas permeáveis e impermeáveis, respectivamente para cada sub-bacia.

O armazenamento estimado para o cálculo do microreservatório é considerado a partir da equação 2, sendo $V_{microres.}$ = volume do microreservatório no lote, $S_{microres.}$ = capacidade de armazenamento máximo do microreservatório para uma determinada área da sub-bacia $A_{sub-bacia}$.

$$S_{microres.} (m) = \frac{V_{microres.} (m^3)}{A_{sub-bacia} (m^2)} \quad (2)$$

$$S_{resid.} = \frac{25400}{CN_{resid.}} - 254 \quad (3)$$

$$S'_{novo} = S_{resid.} + S_{microres.} \quad (4)$$

A equação 3 define $S_{resid.}$ como a capacidade máxima da camada superior do solo para residências que adotam a política de aproveitamento de águas pluviais, sendo $CN_{resid.}$ o valor adotado conforme Tucci (2001).

Tabela 1 - Medidas para cenário Com Plano Diretor (CPD) na bacia do ATP (Ohnuma Jr, 2005 adaptado)

| Medida | Vantagem | Desvantagem |
|---------------------------|--|----------------------------|
| Cobertura vegetal | Redução do pico de cheia | Manutenção periódica |
| Microreservatório no lote | Distribuição da vazão no tempo | Efeito pontual |
| Reservatório de filtragem | Controle do escoamento superficial | Interferências de projetos |
| Reservatório de retenção | Controle do escoamento a jusante | Custo elevado |
| Engenharia naturalística | Redução do escoamento e perenização dos regimes hidrológicos | Interferências de projeto |

$$S_{reserv.filtragem} = \frac{V_{reserv.filtragem}}{A_{sub-bacia}} \cdot 1000 \cdot NRF \quad (5)$$

A soma dos armazenamentos $S_{resid.}$ e $S_{microres.}$ calcula o novo valor de armazenamento potencial S'_{novo} , conforme equação 4.

Ao longo das áreas de fundo de vale são incluídos reservatórios de filtragem para manutenção, limpeza e distribuição controlada das águas da chuva. Ao todo são dispostos 18 unidades com dimensões de 3x3x3m. Situam-se sob as ruas transversais que chegam ao canal principal. O dimensionamento das unidades dos reservatórios encontra-se em FIPAI/PMSC (2003). A equação 5 apresenta a determinação da capacidade máxima da camada superior do solo para reservatórios de filtragem $S_{reserv.filtragem}$.

Sendo $V_{reserv.filtragem}$ = volume de armazenamento do reservatório de filtragem em m^3 , $A_{sub-bacia}$ = área de escoamento da sub-bacia tanto da parte permeável como da parte impermeável e NRF = número de reservatórios de filtragem identificados em cada sub-bacia de aplicação.

Após a determinação do $S_{reserv.filtragem}$ e S_{atual} , calculado anteriormente pela equação 1, determina-se o valor de S'_{novo} , somando-se ambos os armazenamentos, conforme equação 6.

$$S''_{novo} = S_{reserv.filtragem} + S_{atual} \quad (6)$$

O valor da capacidade da camada superior do solo S_{final} é dado pela equação 7.

$$S_{final} = S'_{novo} + S''_{novo} \quad (7)$$

Para a reativação do reservatório localizado na travessia da rua Miguel Giometti considera-o como elemento de detenção do volume potencial e controla os efeitos a jusante. Por outro lado, a

renaturalização de canais na aplicação da engenharia naturalística tem como base sistemas tecnológicos e construtivos de canais que utilizam materiais biodegradáveis e de fácil adaptação ao sistema natural. Para a bacia de estudo do ATP é simulado uma revitalização do curso em uma extensão aproximada de 400m, o que corresponde a aproximadamente 15% da extensão ou comprimento total do córrego do Tijuco Preto.

Cenários de tendência

Os cenários de tendência são aqueles que indicam crescimento desordenado, ocupações das várzeas e desequilíbrio das partes que compõem o habitat natural. As seguintes considerações são definidas para a discussão e simulação destes cenários:

a) canalização por condutos fechados ao longo do córrego não canalizado: prolongamento da marginal em 1000m;

b) ocupação de novos loteamentos sem adoção do coeficiente de permeabilidade (cv de 15%): acréscimo de 250 lotes com área de 250 m^2 ;

c) redução de 50% das áreas de florestas: desmatamento de 7.5 ha de áreas florestais;

d) acréscimo de áreas impermeáveis em arruamentos de vias marginais a partir da duplicação de avenidas: extensão de 1.800m;

e) ocupação das áreas de preservação permanente: extinção de reservas superior a 6ha.

Os valores de CN encontrados para cada cenário em cada sub-bacia embutida de planejamento são apresentados na Tabela 2.

Os resultados são comparados com dados obtidos a partir de metodologia simplificada para cenários de indicadores potenciais, conforme Mendiondo *et al.* (2004), que podem ser frequentemente adotados em projetos hidrológicos para recuperação de bacias urbanas (Figura 2).

Para a avaliação de cenários são apresentadas situações de recuperação ambiental que relacionam meta (zmeta) com o indicativo de passivo ambiental (zpa), que é caracterizado com o estágio atual da bacia e entendido como "controle". O controle compara situações sem Plano Diretor com a situação atual. A recuperação avalia o estágio da variável zrec com Plano Diretor relacionado com a variável zmeta. As eficiências são avaliadas temporalmente.

Germano (1998) indica a variabilidade física de resposta da bacia como um dos fatores que representa a dependência dos modelos hidrológicos em estudo de estimativa de parâmetros.

Tabela 2 - Valores de CN para cada Unidade de Planejamento a partir de S_{final} (mm)

| Cenário | UP 0 | UP 1 | UP 2 | UP 3 | UP 4 | UP 5 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 1962 | 69 | 64 | 65 | 68 | 72 | 73 |
| 2005 | 78 | 78 | 81 | 80 | 82 | 82 |
| 2010 (S) | 86 | 81 | 85 | 83 | 85 | 85 |
| 2015 (S) | 87 | 82 | 87 | 85 | 87 | 86 |
| 2010 (C) | 84 | 78 | 82 | 80 | 82 | 83 |
| 2015 (C) | 82 | 73 | 79 | 77 | 79 | 80 |

(S): SPD; (C): CPD

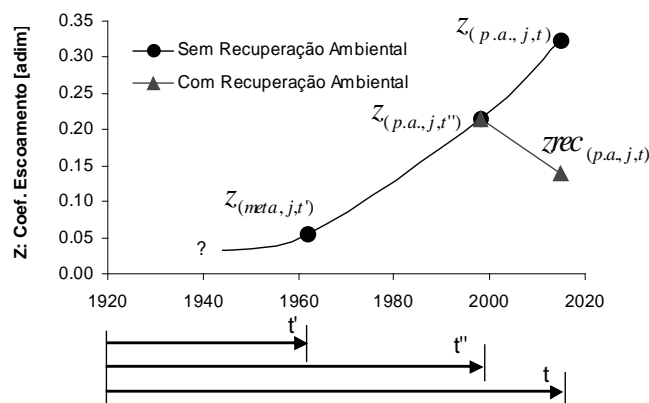


Figura 2 - Avaliação de cenários para variáveis com e sem recuperação ambiental (Mendonço *et al.* 2004)

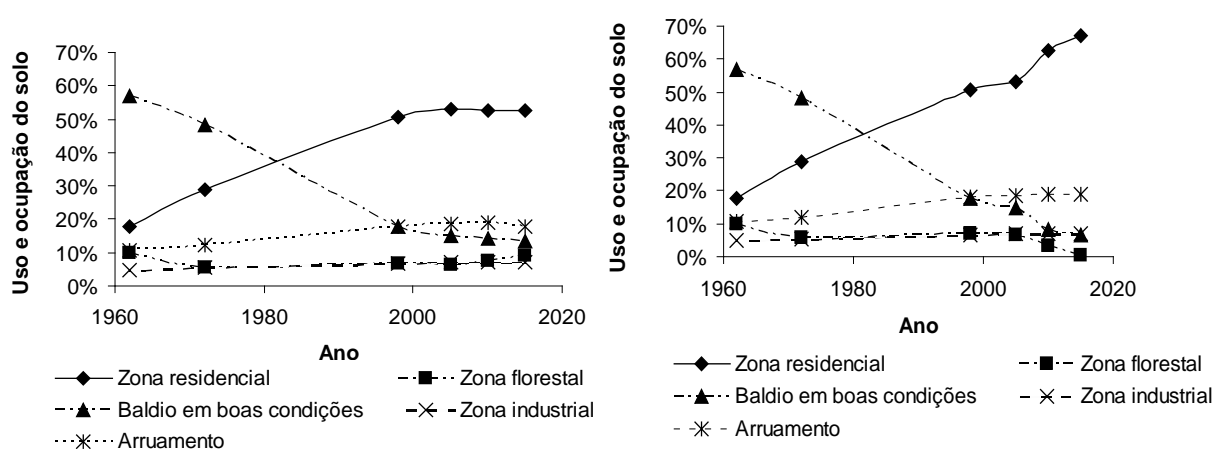


Figura 3 - Evolução de Cenário CPD (esq) e SPD (dir) para uso e ocupação do solo

RESULTADOS

Uso e Ocupação do Solo Com Plano Diretor (CPD) e Sem Plano Diretor (SPD)

Com a elaboração de diretrizes para Planos Diretores, a curva de crescimento em relação ao processo de impermeabilização se torna equilibrada pós-1998, conforme Figura 3 (esq). Constata-se ao longo de um período de 10 anos que, com o Plano Diretor (CPD), áreas impermeáveis são controladas permitindo a manutenção das áreas verdes. Áreas de florestas se mantêm preservadas e estão associadas ao acréscimo de novas

mudas para áreas de reflorestamento.

As propostas de adensamento urbano na região são incrementadas quando se verifica a especulação imobiliária em lotes de terrenos baldios. Como se trata de uma região prioritariamente residencial, as áreas de indústrias mantiveram-se constantes, conforme Figura 3 (dir) para SPD.

Imagens de aerofotogrametria apresentam o uso e a ocupação do solo urbano da bacia do ATP por ano de referência: 1962, 1972 e 1998, na escala de 1:40.000, conforme apresentado na Figura 4.

O estudo de crescimento da bacia Sem Plano Diretor (SPD) se estende para as áreas de vias e

arruamentos. O avanço das áreas marginais em mais de 10.000 m² (0.5%) em menos de 10 anos afeta a preservação das áreas de fundo de vale. Zonas de florestas são desmatadas e áreas de baldios são ocupadas por áreas residenciais, aumentando os volumes de escoamento superficial.

Atualmente, em 2014, após análise de imagem Google Earth 2014, observa-se ligeiro crescimento urbano sobretudo em áreas desocupadas ou terrenos baldios. Áreas florestadas estão preservadas desde 1998, com acréscimo do parque linear entre as ruas Monteiro Lobato e Totó Leite, devido TAC entre a Prefeitura Municipal e o Ministério Público.

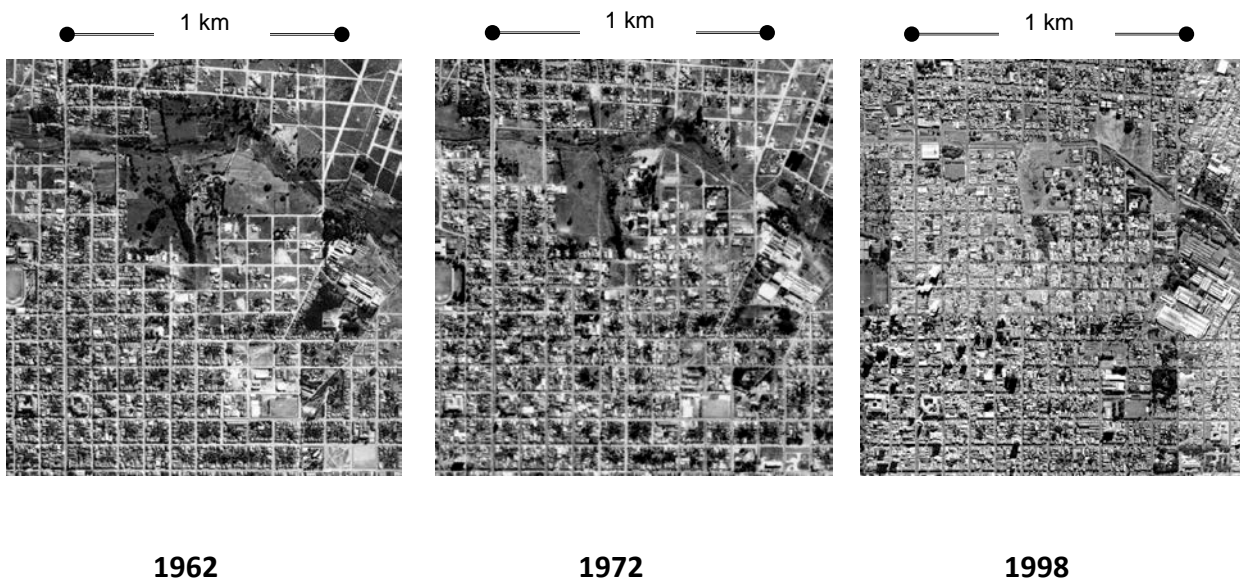


Figura 4 - Aumento da urbanização na bacia do Alto Tijuco Preto entre 1962 e 1998: incremento de áreas impermeáveis, extinção de áreas ribeirinhas com eliminação de áreas florestadas

Vazões simuladas a partir da avaliação de cenários

O crescimento das vazões máximas da seção de montante (M) da rua Totó Leite para a seção intermediária (I) da rua Miguel Giometti é superior a 4 vezes para o cenário de tendência no ano de 2015. Ações intervenientes reduzem esse pico em até 30% para o mesmo cenário (Figura 5).

As vazões simuladas a partir

da precipitação observada são para um período de retorno de 3 anos, conforme equação do município de São Carlos-SP (Barbassa, 1991). De acordo com a Figura 6, chuvas de projeto para um período de retorno de 50 anos triplicam as vazões, sendo que o cenário CPD para a mesma chuva a vazão pode ser reduzida em até 40% do cenário SPD.

Uma comparação com a situação atual presente que todos os quatro cenários de uso CPD e SPD

podem avaliar a situação do ponto de vista da prevenção de inundações e outros impactos hidrológicos, o que é similar ao discutido por Richert (2011).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O artigo avalia as condições de ocupação territorial frente ao crescimento da cidade. A classificação de uso e ocupação do solo se caracteriza por forte acréscimo de áreas impermeáveis ao longo dos últimos 50 anos, sendo que áreas antes previstas de preservação acabaram sendo desmatadas por motivos de especulação imobiliária e falta de planejamento urbano.

Embora a bacia do ATP seja considerada de pequena potencialidade para a ocorrência de inundações urbanas, ela é uma das responsáveis pelo armazenamento de águas pluviais que tende a escoar para a bacia principal do município (Córrego do Gregório), que sofre constantemente com problemas de enchentes e inundações à jusante.

A metodologia apresentada mostrou-se válida para a composição dos cenários propostos,

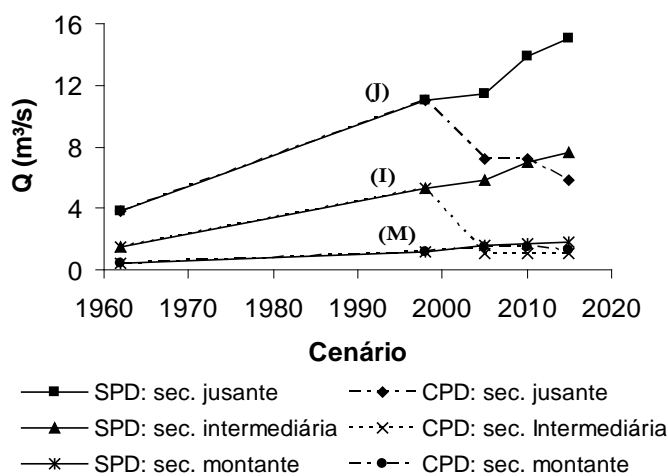


Figura 5 - Evolução histórica de vazões máximas para cenários trechos (M) montante e (J) Jusante

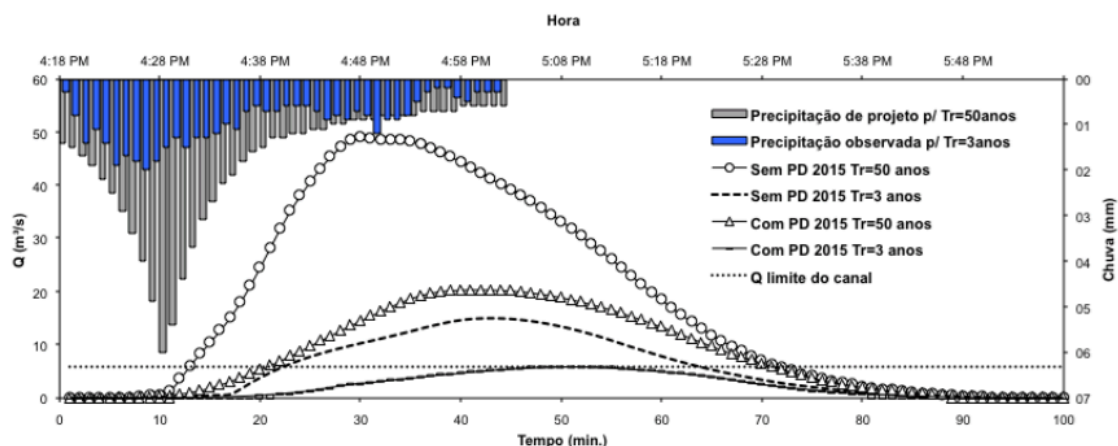


Figura 6 - Simulação de cenário com chuva de projeto para Tr=50anos

visto a simplificação de parâmetros e resultados apresentados. A proposta de diretrizes para avaliação de cenários ambientais em Planos Diretores contribuiu para a recuperação ambiental da bacia de estudo, conforme metodologia proposta, tendo em vista o cumprimento do TAC (proc. n° 332/95) intermediado pela Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano do município de São Carlos-SP. A discretização da bacia para simulação com período de retorno de 50 anos implica áreas inundadas na seção jusante de estudo (R. Rui Barbosa), considerando a capacidade atual do canal.

Recomenda-se para trabalhos futuros: elaborar novas metodologias para a criação de cenários; discutir a proposta visando a viabilidade de projeto executivo; elaborar projetos integrados para plano de bacias com inclusão de propostas orçamentárias e análise de custos.

AGRADECIMENTOS

Convênio FINEP - CT - HIDRO / EESC-USP/DAEE-SP n° 01.02.0096.00 pelo "Experimento Piloto de Gerenciamento Integrado de Bacias Urbanas para o Plano Diretor de São Carlos"; CNPq e CT-Hidro n° 142535/2004-4, pela bolsa de estudo concedida; Depto de Ciências da Engenharia Ambiental e

Depto de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BARBASSA, A. P. **Simulação do efeito da urbanização sobre a drenagem pluvial na cidade de São Carlos.** 327 p. Tese de doutorado. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

FIPAI / PMSC. Protijucu - **Projeto de Recuperação Ambiental das Várzeas do alto Tijuco Preto visando o Plano Diretor na sua Bacia Hidrográfica.** Contrato Administrativo N° 019/2003. Ano 2003.

FRANCISCO, C. E. S.; *et al.* Análise Multicriterial na Seleção de Bacia Hidrográfica para Recuperação Ambiental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 1-13, jan-mar, 2008.

GERMANO, A.; TUCCI, C. E. M. & SILVEIRA, A. L. Estimativa dos parâmetros do modelo IPH II para algumas bacias urbanas brasileiras.

Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, v. 3, n. 4, 1998. pp. 103-120.

MENDIONDO, E. M.; *et al.* Metodologia de cenários de planejamento para a recuperação ambiental de bacias de bacias urbanas. In: XXI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 2004, São Pedro, SP, Brasil. **Actas.** Campinas : AIPH - IAHR, 2004. v. 1. p. 1-14.

MENDIONDO, E. M. & TUCCI, C. E. M. Escalas Hidrológicas III: Hipótese Integradora de Processos na Bacia Vertente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH, v. 2, n. 1, 1997. pp. 101-122.

MP – TAC (2005). **Ministério Público do Estado de São Paulo, Termo de Ajustamento de Conduta entre Prefeitura Municipal de São Carlos e a Associação para Proteção Ambiental de São Carlos – APASC, com a interveniência do Ministério Público.** Processo N° 332/95. 11p.

NASCIMENTO, N. O. *et al.* Estudo da Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais por meio da Simulação de uma Taxa de Drenagem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, ABRH, v. 11, n. 2, Abr/Jun 2006. pp. 135-147.

OHNUMA JR., A. A. **Cenários de Reúso de Água Pluvial e Controle da**

Drenagem visando a Recuperação Ambiental de Bacias Hidrográficas.

Dissertação de Mestrado. PPG-SEA, EESC-USP, São Carlos/SP. 2005. 190p.

PERES, R. B.; MENDIONDO, E. M. Desenvolvimento de Cenários de Recuperação como Instrumento ao Planejamento Ambiental e Urbano - Bases conceituais e Experiências Práticas In. **SEMINÁRIO NEUR/CEAM**, 2004, Brasília, DF. A questão Ambiental e Urbana: Experiências e Perspectivas, Brasília NEUR/CEAM, UnB.

PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos. **Plano Diretor de São Carlos I: Diagnóstico da Cidade**, Proc. 2146 / 03, Proj. Lei 215, Câmara Municipal de São Carlos. 2004.

PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos-SP. **Notícias da cidade 2005**: Prefeitura recupera córrego do Tijuco Preto. Acesso em 14/04/2014. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias/2005/146896-prefeitura-recupera-corrego-do-tijuco-preto.html>.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil**. V.1.0.0. ESM Consultoria. CD-rom. 2003.

REGRA, A.P.M.; DUARTE, C.G.; MALHEIROS, T.F. Uma análise do Projeto “Cenários Ambientais 2020” proposto pela Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. v.30, Dez. 2013. p. 89-98.

RICHERT, E.; *et al.* A method for linking results from an evaluation of land use scenarios from the viewpoint of flood prevention and nature conservation. **Landscape and Urban Planning** 103, 118–128. 2011.

SCS (1975). Urban Hydrology for Small Watersheds. Washington – US.

Dept. Agr. Technical Release, n. 55. Apud TUCCI, C.E.M. (1998). **Modelos Hidrológicos**. UFRGS. Porto Alegre, ABRH, p.277.

SIVAPALAN, M.; *et al.* Internactional Association of Hydrological Sciences - Predictions in Ungauged Basins (IAHS/PUB). Previsões em Bacias Sem Dados (PUB): 2003-2012, **Plano Científico e de Implementação do PUB** (versão 4). Nov. 2003.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Av.** [online]. 2003, vol.17, n.47, pp. 129-145. ISSN 0103-4014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. UFRGS. 2ª ed. Porto Alegre. ABRH. 943p. 2001.

UNESCO. **Relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação do Milênio dos Ecossistemas**, 2003.

WRIGHT, A. Using scenarios to challenge change management thinking. **Total Quality Management**, v.16 (1) p. 87 – 103, 2005.

YANG, G. *et al.* The impact of urban development on hydrologic regime from catchment to basin scales. **Landscape and Urban Planning**. Volume 103, Issue 2, 237–247. 2011.

Recebido em: jul/2012
Aprovado em: abr/2014

Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil

Evaluation of landscape anthropic transformation degree of the Queima-Pé river basin, Mato Grosso, Brazil

RESUMO

Objetivou-se realizar uma análise multitemporal do uso da terra e da cobertura vegetal, avaliando os desdobramentos das ações antrópicas na vegetação ciliar dos cursos hídricos da bacia do Rio Queima-Pé/Mato Grosso. Utilizou-se imagens dos anos de 1991, 2001 e 2011 do Satélite Landsat 5. Para a quantificação do grau de antropização da bacia foi calculado o ITA. Os resultados mostraram a intensificação da agricultura (cana-de-açúcar e soja), que expandiram a cada data investigada. A pecuária decresceu, principalmente nos anos de 1991 a 2001; Houve aumento das classes influência urbana e reflorestamento. Enquanto na Floresta ocorreu decréscimo e as massas d'águas nos dois primeiros anos investigados mostraram aumento de área, mas não houve avanço no ano de 2011. O ITA da bacia apresentou duas classificações: 1991 e 2011 Regular e em 2011 Degradada, resultados que podem ser devido a pastagem e ao cultivo em larga escala da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento Remoto, ecologia da paisagem, Bacia do Alto Paraguai – Mato Grosso.

ABSTRACT

This paper describes the analysis multiyear of land use and land cover of consequences of human actions on the riparian vegetation in the water resources in the Queima-Pé/Mato Grosso river basin. Landsat images from 1991, 2001 and 2011 were used. To quantify the anthropic alteration degree was calculated the Anthropic Transformation Index. The results indicated an intensification of agriculture (sugarcane and soybeans). Livestock had a decrease, especially in the years 1991-2001; the urban influence had an increase as well as reforestation; there were an increase in class Forest and urban influence. Quantities of water masses in the first two years investigated has an increase, but there was no increase in the year 2011. The Anthropic Transformation Index presented of basin described two classifications: 1991 e 2011 as a regular class and 2011 as a degraded class, results can be attributed to the intensive cultivation of sugarcane and pasture.

KEYWORDS: *remote sensing, landscape ecology, Upper Paraguay River Basin - Mato Grosso*

Luciene da Costa Rodrigues

Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT Mato Grosso, MT, Brasil
lucyrodriques_bio@hotmail.com

Sandra Mara Alves da Silva Neves

Professora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT Mato Grosso, MT, Brasil
ssneves@unemat.br

Ronaldo José Neves

Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT Mato Grosso, MT, Brasil
rjneves@unemat.br

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin

Professora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT Mato Grosso, MT, Brasil
galvaninbbg@unemat.br

João dos Santos Vila da Silva

Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - UNEMAT Mato Grosso, MT, Brasil
joao.vila@embrapa.br

INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização as alterações ambientais e, conseqüentemente, as modificações da paisagem, vem sendo evidenciadas, indicando que não basta apenas tomar medidas tecnológicas para controlar as degradações, mas, se faz necessárias medidas adequadas para tentar solucioná-las. Nesse sentido, uma possibilidade é o aproveitamento dos mecanismos da natureza, como a autorregeneração, para na seqüência estudar quais devem ser as tecnologias mais compatíveis a serem utilizadas (CAVALHEIRO, 1991).

Segundo Sukopp e Kunick (1973) o ambiente do ser humano e seus riscos de sobrevivência concentram-se em considerações tecnológicas. A natureza e a paisagem como sistemas complexos raramente são incluídas nessas reflexões. Para melhor compreensão do ambiente tem-se que estudar a paisagem para buscar uma interpretação holística e prognosticar as degradações e os impactos.

Nessa ótica, a paisagem de acordo com Bertrand (1972) não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Os elementos que a compõe segundo Turner *et al.* (2001) influenciam de forma expressiva os processos ecológicos. Assim, a ecologia de paisagem é o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos, sendo na atualidade, básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento.

De acordo com Santos (2004) o planejamento ambiental é um conjunto de informações regionais referenciadas no espaço e apreendidas de maneira holística, assim como sugerida para a apreensão da paisagem. Em função de focalizar os ecossistemas e os geossistemas (sistema físico), os seus objetivos podem sublinhar perspectivas ecológicas e geográficas (CHRISTOFOLETTI, 1999). Nessa linha de raciocínio, há necessidade da definição de uma unidade espacial de trabalho, a partir da compreensão da área que contenha as interações e pressões sobre os sistemas naturais ou criados pelo homem.

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, sendo comumente usada porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações físicas são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas (SANTOS, 2004).

No Brasil, desde 1986, foi aprovada a Resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que criou a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental no País para uma vasta gama de atividades humanas. Foram estabelecidas diretrizes de avaliação de impactos, planejamento e gerenciamento e o instrumento do zoneamento ambiental, baseado nas bacias hidrográficas como unidade de planejamento. No artigo 5º, item III, é assim conceituado: "definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominados da área de influência do projeto, considerando em todos os casos, a bacia hidrográfica, na qual se localiza". Isso se deve ao fato da bacia hidrográfica ser a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das

interferências antrópicas (PÉRICO *et al.*, 2012).

A investigação do uso e a ocupação da terra e a cobertura vegetal tem se tornado fundamental para o entendimento dos padrões de organização dos elementos da paisagem, sendo importante para a observação das conseqüências que seu manejo inadequado provoca em termos ambientais. Nesse aspecto o seu estudo, utilizando as técnicas espaciais como o sensoriamento remoto aliadas aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), contribui para o monitoramento ambiental, principalmente em regiões de grande extensão territorial, onde há carência de informações e a necessidade de se estudar o processo de gerenciamento dos recursos naturais.

O sensoriamento remoto desponta como um importante instrumento na análise ambiental, seja para o monitoramento e detecção de mudanças, seja para o mapeamento do espaço geográfico, auxiliando nos processos de decisão que envolvam a gestão e o planejamento (ROSA, 2007). As geotecnologias são um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e informações com referência geográfica, sendo compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões (ROSA, 2005). Dentre as geotecnologias no âmbito deste trabalho podemos destacar o emprego do Sistema de Informação Geográfica - SIG, Sensoriamento Remoto e Global Positioning System - GPS.

Com a aplicação das geotecnologias na investigação do uso da terra e cobertura vegetal pode-se mensurar as transformações realizadas na paisagem através do Índice de Transformação Antrópica (ITA), ou seja, as ações humanas que modificam os atributos da paisagem

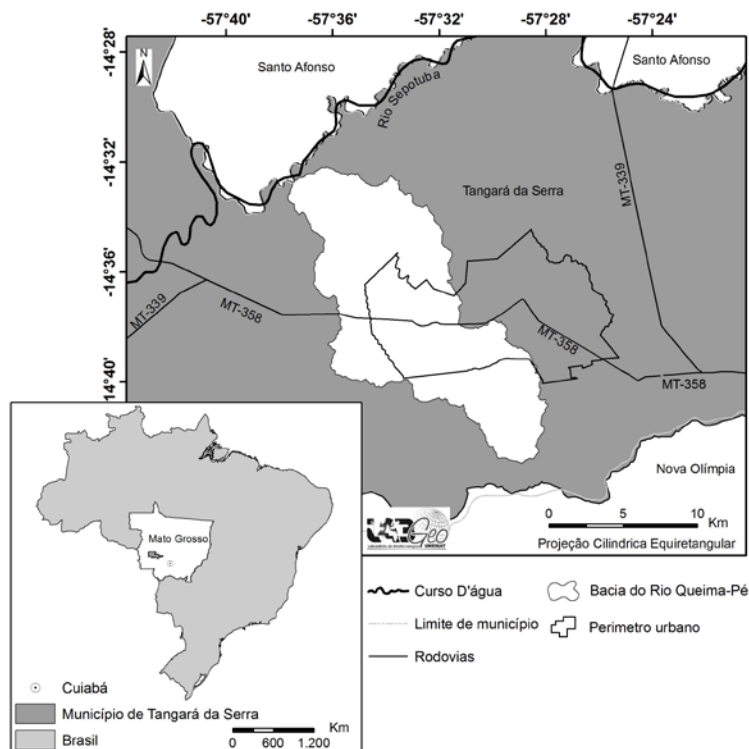


Figura 1 - Localização da área de estudo, bacia do Rio Queima-Pé

natural por meio de seus usos diversos (ROCHA e CRUZ, 2009).

O ITA foi desenvolvido por Lèmechev em 1982 e utilizado por Mateo (1984; 1991), Vicens (1998), Teixeira (2003), Schwenk e Cruz (2008) entre outros autores, em estudos que objetivavam quantificar a pressão antrópica sobre algum componente da paisagem, seja na escala de bacia hidrográfica, áreas de proteção, entre outras. Com isso faz-se o diagnóstico ambiental para avaliar os impactos causados pela ocupação não planejada no espaço (VICENS, 1997), considerando que a magnitude ou grau em que a paisagem é modificada pode ser usado na avaliação da qualidade ambiental.

Diante do exposto, este estudo objetivou efetuar, por meio do Sensoriamento Remoto orbital e Sistemas de Informação Geográfica – SIG, a análise multitemporal do uso da terra e da cobertura vegetal, analisando os desdobramentos das ações antrópicas na vegetação ciliar dos cursos hídricos da bacia do Rio Queima-Pé, localizada no município

de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo possui dimensão territorial de 15.684,24 ha, estando localizada entre as coordenadas geográficas 14º 33' a 14º 43' de latitude Sul e 57º 37' a 57º 28' de longitude Oeste, na porção do alto curso do Rio Paraguai em Mato Grosso (Figura 1).

O Rio Queima-Pé é o principal curso d'água da bacia em estudo, nasce ao sul da área urbana de Tangará da Serra/MT, junto as Glebas Esmeralda, Santa Fé e Aurora, tendo como afluentes na margem direita os córregos Figueira e Cristalino e na esquerda os córregos Pedreira, Tapera e Uberabinha.

A cobertura vegetal original da bacia com passar dos anos foi sendo substituída por diversos tipos de usos, inclusive o urbano decorrente da inserção dos

loteamentos Vila Alto, Jardim Presidente, Vila Esmeralda e San Diego.

Atualmente a população de Tangará da Serra totaliza 83.431 pessoas, destas 75.883 vivem na área urbana (IBGE, 2010). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) municipal é de 0,780, o que o caracteriza como de médio desenvolvimento humano, enquanto o do Brasil é de 0,792 (PNUD, 2013) e o de Mato Grosso 0,773 (MATO GROSSO, 2013a).

Segundo a classificação de Köppen o clima do município é Tropical úmido megatérmico (Awa) com altas temperaturas, chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média anual, precipitação e umidade relativa do ar são respectivamente, 24°C, 1.500mm e de 70% a 80% (DALLACORT *et al.*, 2010).

Na bacia ocorrem quatro tipos de solos, o Podzólico Vermelho-Amarelo Álico distrófico situados na porção norte; o Latossolo Roxo Eutrófico que ocupa maior extensão da área investigada,

estando presente na porção norte, centro, leste, oeste e uma parte no sul; o Latossolo Vermelho Escuro distrófico, que é encontrado na porção leste; e o Latossolo Roxo distrófico que ocorre na parte sul da bacia.

Ocorrem duas formas de relevo na bacia do rio Queima-Pé: relevo de topo aplainado, com grau de entalhamento dos vales menores de 20 m, presente no centro sentido sul; e o relevo de topo aplainado, com grau de entalhamento dos vales entre 20 a 40 m, presente no centro sentido norte da bacia.

Materiais e procedimentos operacionais

Para a análise multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Queima-Pé foram processadas as bandas 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm) e 5 (1,55 - 1,75 μm) de três imagens da órbita/ponto 227/70 do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), relativas aos anos de 1991, 2001 e 2011, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

As imagens foram convertidas do formato tif para grib no módulo IMPIMA do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996), para a realização da correção geométrica (registro). O ajustamento foi feito mediante o reconhecimento de pontos de controle na imagem juntamente com as coordenadas da base, via tela do monitor, no SPRING, versão 4.3.3. A escolha dos pontos de controle foi feita obedecendo a uma distribuição uniforme destes por toda a imagem.

O processamento digital de imagem, realizado no Spring, compreendeu as seguintes fases: segmentação (área 10, similaridade 20, método de crescimento de regiões e classificador

Bhattacharya), treinamento, classificação supervisionada e mapeamento para classes temáticas. Foi utilizada a composição colorida, a partir da combinação das bandas 3, 4 e 5 (RGB), para a interpretação do uso da terra e identificação das formações vegetais na fase de classificação, por possibilitarem melhor discriminação entre as classes temáticas. As classes foram definidas a partir dos estudos sobre o uso da terra e vegetação realizado pelo IBGE (1992; 1999). Os parâmetros utilizados para interpretação dos objetos contidos na imagem foram os sugeridos por Florenzano (2002), quais sejam: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização geográfica.

A elaboração dos *layouts* dos mapas e as quantificações das classes de uso da terra e cobertura vegetal da bacia foram realizadas no ArcGis, versão 9.2, da Esri, disponibilizado no Laboratório de Geotecnologias – LABGEO UNEMAT.

A validação do mapa de uso da terra e cobertura vegetal de 2011 ocorreu por meio da realização de dois trabalhos de campo, ocorridos no período de agosto a dezembro de 2011, em que a paisagem observada foi registrada através de fotografias, sendo os locais de tomada das fotografias foram georreferenciados.

Para verificar a confiabilidade do mapa gerado foi realizada uma avaliação por meio do índice Kappa. O índice Kappa é baseado na matriz de erro, o qual corresponde à razão entre a soma da diagonal principal da matriz de erros e a soma de todos os elementos dessa matriz, representada pelo número total da amostra, tendo como referência o número total de classes, considerando assim a proporção de amostras corretamente classificadas, todo o processo de análise dos resultados foi baseado no trabalho de Congalton (1991).

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) foi calculado a partir dos valores de área (%) obtidos

através das classes quantificadas do mapa de uso da terra e cobertura vegetal, representado pela equação 1.

$$ITA = \sum (\% \text{ uso} \times \text{peso}) / 100 \quad (1)$$

onde:

Uso: área em valores percentuais da classe de uso da terra e cobertura vegetal;

Peso: peso dado aos diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal quanto ao grau de alteração antrópica, que varia de **1** a **10**, onde **10** indica as maiores pressões.

Portanto, constrói-se o indicador do Índice de Transformação Antrópica, atribuindo valores para o peso em cada classe de uso da terra e cobertura vegetal que contribui na transformação da paisagem, pela consulta sistemática chamada “Delphi”, que possibilita o estabelecimento do consenso sobre como quantificar o grau de modificação da paisagem (SCHWENK e CRUZ, 2008; NOGUEIRA *et al.*, 2001). Entretanto, os valores apresentados neste estudo foram atribuídos pelos autores tendo em vista o conhecimento sobre a área de estudo, corroborando assim com Mateo (1984) que menciona que cada classe apresenta um peso atribuído em função do conhecimento que o autor tem sobre as mesmas em relação ao grau de antropização. Os pesos de cada classe de uso da terra estão dispostos na Tabela 1.

A transposição dos valores mensurados quantitativamente para classes qualitativas ocorreu por meio de adoção do método de quartis utilizado por Cruz *et al.* (1998): pouco degradada (0 - 2,5), regular (2,5 - 5), degradada (5 - 7,5) e muito degradada (7,5 - 10).

No caso da bacia de estudo a classe pouco degradada refere-se às áreas ocupadas por vegetação natural com bom vigor e boa qualidade, recoberto

Tabela 1 - Classificação do ITA com os pesos de cada classe de uso da terra

| Classes | Pesos |
|---|-------|
| Cana-de-açúcar | 7,3 |
| Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial | 1 |
| Influência Urbana | 9,7 |
| Massas d'água | 2 |
| Pecuária | 5 |
| Reflorestamento | 1 |
| Soja | 7,3 |

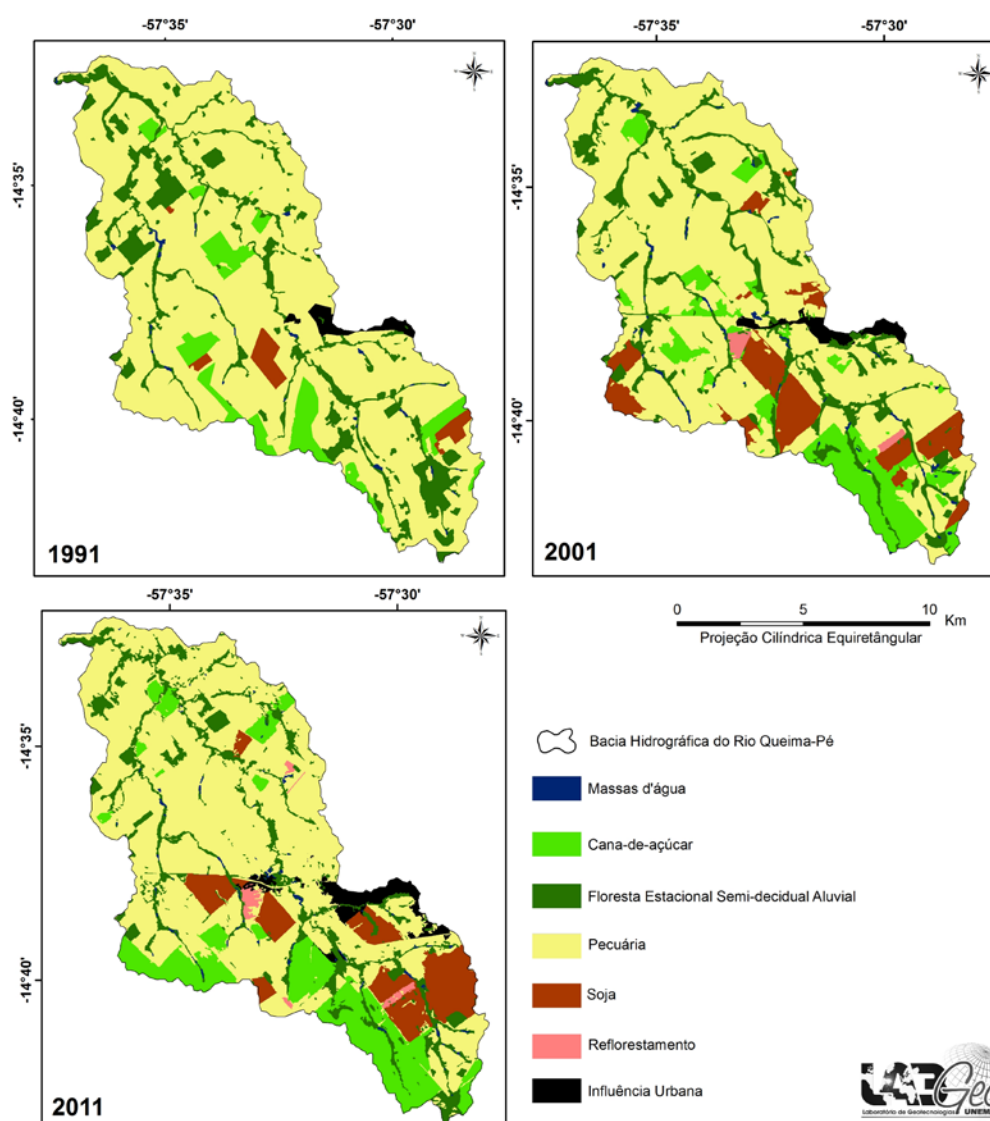


Figura 2 - Uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Rio Queima-Pé, nos anos de 1991, 2001e 2011

completamente o solo; enquanto a classe regular é relativa as áreas com uso agrícolas com manejo correto das atividades; a classe degradada é correspondente às áreas agricultáveis, sem plano de manejo adequado, tornando o solo impraticável e a classe muito

degradada esta relacionada as áreas cultivadas (agrícola e pastagem) sem manejo apropriado, prejudicando a vegetação natural e as massas d'água, visando um planejamento ambiental viável, para a recuperação da fertilidade do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso da terra e cobertura vegetal da bacia do rio Queima-Pé

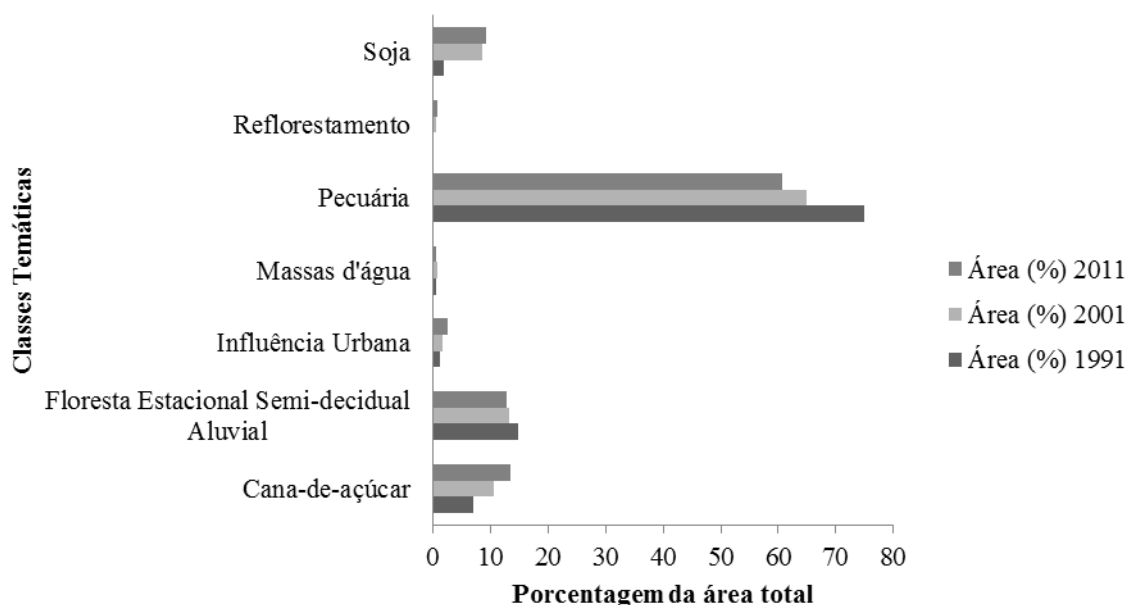


Figura 3 - Área ocupada das classes temáticas analisadas nos anos de 1991, 2001 e 2011

Os mapas de uso da terra e da cobertura vegetal da bacia do Rio Queima-Pé (Figura 2), que apresentaram acurácia do índice Kappa de 98,87% referente ao do ano de 1991, 98,83% para o de 2001 e 99,05% para o de 2011, indicaram que os resultados do processo de ocupação impactaram negativamente os componentes naturais da paisagem, principalmente à quantidade de matas ciliares circundantes das massas d'água, implicando possivelmente em deterioração de sua qualidade.

O processo de antropização dos elementos naturais da paisagem na área de estudo se materializa por meio das áreas agrícolas, pastagens e reflorestamentos, distribuídos em diferentes porções da área, em detrimento principalmente das áreas recobertas por vegetação natural.

A figura 3 apresenta a dinâmica espaço-temporal das classes temáticas representadas na figura 2, nos anos estudados.

Dentre as atividades agrícolas analisadas, a área ocupada pela Pecuária decresceu em função dos cultivos da Soja e da Cana-de-açúcar, pois em 1991 esta representava 74,90%, decrescendo para 64,88% no ano de 2001 e

60,70% em 2011. Fato este possivelmente relacionado com a expansão do cultivo da Soja em Mato Grosso na década de 1990, que inicialmente obteve uma área de plantio de 1.503 hectares, ampliando-se para 4,5 milhões de hectares em 2003-2004, com uma produção de quase 13 milhões de toneladas (BRASIL, 2011; BERTRAND, 2004).

Em 1991 a Soja ocupava uma área de 299,59 ha (1,91%) na área de estudo, em 2001 correspondia uma área na bacia de 1.349,22 ha (8,58%), em 2011 houve crescimento para 1.440,69 ha (9,16%). Para Bertrand et al. (2005), o cultivo da Soja em Mato Grosso é vista como uma fonte de riqueza econômica para o Estado além de ter um papel importante na produção e exportação de grãos e derivados, pois, há disponibilidade de crédito e tecnologias melhoradas. Mas, esse sucesso tem impacto negativo quando se trata do ambiente, com o uso intensivo de defensivos agrícolas (produtos químicos) para o manejo da cultura, com riscos de degradação dos corpos hídricos e da fertilidade do solo.

Mesmo havendo aumento da Soja ao longo dos anos, a cultura da Cana-de-açúcar expandiu

também nos anos analisados, a cultura em 1991 ocupava 1.087,89 ha, correspondendo a 6,92% da área da bacia, em 2001 passou a ocupar 1.651,11 ha (10,50%) e no ano de 2011 chegou a 2.126,54 ha (13,94%). Esse aumento está relacionado com as necessidades da sociedade, pois, a cultura contribui com o setor sucroalcooleiro, ou seja, na produção de açúcar e álcool (MACHADO et al., 2010). Para a economia esse aumento pode ser considerado como positivo, entretanto deve-se atentar com o aumento da produtividade da Cana-de-açúcar há um acúmulo dos resíduos (vinhaça ou vinhoto), pois, essa substância de forma *in natura* apresenta segundo a literatura, um elevado potencial de poluição ambiental. Contudo, esse material quando tratado por meio de biodigestores favorece ou minimiza a poluição do solo e água, e pode ser utilizado no processo de fertirrigação, por ser rico em matéria orgânica e nutriente mineral (SALOMON, 2007).

Os resultados pertinentes à cana obtidos por este estudo são semelhantes aos apresentados na pesquisa realizada por Lisboa (2008) que constatou a expansão da cultura aos longos dos anos analisados na Bacia do Alto Taquari, cuja área

encontra-se distribuída em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A área de Influência urbana apresentou aumento expressivo na bacia do Rio Queima-Pé nos anos analisados, pois em 1991 correspondia a uma área de 177,28 ha (1,13%), em 2001 a 242,99 ha (1,55%) em 2011 a 396,99 ha (2,53%). No período de 20 anos houve uma expansão superior a 100%, podendo ser atribuída à migração de pessoas a procura de emprego, tendo em vista que na região a cultura da soja está em expansão e há duas usinas, a Itamarati e Barralcool, que processam a cana-de-açúcar, demandando mão de obra.

A expansão da área de Influência urbana ocorreu sobre as áreas de Floresta estacional semi-decidual aluvial que no ano de 1991 correspondia 2.314,44 ha (14,72 %), em 2001 a 2.062,45 ha (13,12%) enquanto em 2011 decresceu para 2.005,30 ha (12,76%). O decréscimo apresentado está relacionado possivelmente com o cultivo desenfreado da soja e principalmente da cana-de-açúcar, com a substituição da floresta para a implantação dessas monoculturas, intensificou-se as modificações da paisagem local, favorecendo o estabelecimento de uma grande variabilidade sucessional (MARQUES, 2008).

As Massas d'água em 1991 representaram 67,15 ha (cerca de 0,43%) da área total da bacia, em 2001 houve um acréscimo, passando a ocupar 122,23 ha (0,78%). Entretanto em 2011 houve redução, passando a representar 93,98 ha (0,60%). O aumento apresentado no período de 1991 a 2001 auxilia na recuperação das matas ciliares e conseqüentemente na conservação das massas d'água na área estudada. No ano de 2011 houve redução da área da classe analisada, esse decréscimo pode estar relacionado com a atividade antrópica atuante na bacia, ou seja, devido ao cultivo intenso da Cana-de-açúcar e a Urbanização, próximos e/ou

inseridas nas matas ciliares, que constituem as APP's. O que pode comprometer a conservação das Massas d'água na bacia do Rio Queima-Pé são as ações realizadas, como por exemplo, a Pecuária e o cultivo de certas culturas (Soja e Cana-de-açúcar) pois, utiliza-se agrotóxicos em quantidades elevadas e com isso provoca inúmeros problemas ambientais, podendo alterar a quantidade e a qualidade da água drenada e, conseqüentemente, a vazão total da bacia (PINTO *et al.*, 2004).

Foi possível observar por meio dos mapas temáticos dos anos investigados e das visitas à campo na bacia, que muitas das nascentes estão desprotegidas, e em vários pontos as massas d'água estão em contato direto com as atividades agropastoris. Neste contexto, é importante ressaltar a necessidade da manutenção da vegetação no mínimo em um raio de 50 metros ao redor das nascentes para a proteção da bacia hidrográfica (BRASIL, 2002), uma vez que as nascentes são suas produtoras (VALENTE e GOMES, 2005).

Foram identificadas estradas municipais que atravessam as Massas d'água, fato este que está relacionado com o crescimento da área urbana, tornando-se preocupante, visto que as estradas e carreadores servem de caminho para o escoamento superficial, ocasionando processos erosivos, causando assoreamento nos córregos principalmente em épocas de chuva (GROSSI, 2006). O exposto corroboram com os resultados gerados pelos estudos de Grossi (2006) e Serigatto (2006) sobre o uso da terra na bacia do Rio Queima-Pé, que constataram que esta região vem sofrendo interferência antrópica desde 1984 pelo aumento do uso do terra, vinculado as atividades de pecuária e agricultura, impulsionadas pelas condições topográficas e fertilidade natural elevadas presentes na região.

De acordo com Muscutt *et al.* (1993) as atividades rurais e urbanas presentes próximas as massas d'água torna-se preocupante por contribuir para o aumento do transporte de resíduos químicos e sedimentos, os quais afetam a qualidade e diminuem a vida útil dos cursos d'águas.

O estudo de Prado (2004), realizado no reservatório de Barra Bonita/SP que tem como contribuintes os rios Tietê e Piracicaba, verificou o comprometimento dos corpos d'água pelo cultivo da cana-de-açúcar, destacando-se os resíduos provindos da agricultura, tais como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros tipos de poluição, que pode ser intensificado devido à irrigação, à compactação do solo com a mecanização e ao desflorestamento (inclusive de mata ciliar).

O decréscimo apresentado pelas Massas d'água, no período de 2001 a 2011, não pode ser considerado como satisfatório, pois a preservação dos corpos d'água é importante para que se mantenha a qualidade de água, tendo em vista que as águas da bacia do Rio Queima-Pé abastecem a cidade de Tangará da Serra (GROSSI, 2006).

Em 1991 não foi mapeada a classe Reflorestamento na bacia, porém em 2001 esta correspondeu a 0,60% (93,96 ha), e em 2011 a 0,74% (115,67 ha). Esse aumento pode ser atribuído à expansão da atividade, que vem apresentando crescimento em diversas regiões brasileiras, como mostra alguns autores como Alves e Filho (2003) que constataram na bacia hidrográfica do Ribeirão Piracangaguá/SP o plantio de cerca de 5 milhões de árvores, que são utilizadas como matéria prima para a fabricação de papel e celulose. Para os mesmos autores, descrevem que esse plantio é um tipo de reflorestamento que trás benefícios econômicos, e tem como finalidade compensar a demanda de madeira para as máquinas locomotivas, as quais

havia destruído grande parte das reservas de mata ainda existentes. E Cruz *et al.* (2008) ao estudarem o crescimento da teca (*Tectona grandis* L.f.) no município de Tangará da Serra/MT, uma das espécies florestais cultivadas nas regiões Centro Oeste e Norte, mais especificamente nos estados de Mato Grosso, Pará e Roraima para reflorestamento, constataram que esta espécie apresenta bom desenvolvimento no solo dessa região e sua produção é usada para fins de construção civil (portas, janelas, lambri, painéis e forros), assoalhos e decks, móveis, embarcações e lâminas decorativas (KREITLOW *et al.*, 2014).

Por fim, a análise do uso da terra e da cobertura vegetal na bacia do Rio Queima-Pé, permitiu verificar que há necessidade de medidas voltadas à conservação dos elementos da paisagem, dentre elas pode-se citar o Reflorestamento das matas ciliares com espécies nativas, devido ao papel fundamental desempenhados pelas APPs, que é atuar como filtros de toda água que atravessa em seu sistema, determinando as características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água (DELITTI, 1989) uma vez que sua serrapilheira e raízes retêm os sedimentos e substâncias que podem provocar o assoreamento, eutrofização e poluição dos cursos d'água (MARTINS e DIAS, 2001).

Nesta mesma vertente, vale ressaltar que há conexão entre a bacia do Rio Queima-Pé e a Bacia do Alto Paraguai - BAP, cuja degradação dos componentes da paisagem decorrente da ação antrópica representam sérias ameaças principalmente aos ecossistemas das áreas situadas a sua jusante, afetando o Pantanal Mato-grossense (SERIGATTO *et al.*, 2007).

Índice de Transformação Antrópica (ITA) na bacia do Rio Queima-Pé

Os valores obtidos por meio dos cálculos do ITA aplicado aos componentes da paisagem da bacia hidrográfica estudada possibilitou classificá-la em dois cenários: em 1991 e 2001 Regular e em 2011 como Degradada, pois apresentava elevadas modificações no ambiente decorrente da ação humana.

Dentre as classes analisadas a Cana-de-açúcar e a Pecuária apresentaram maiores áreas ocupadas relativas ao uso da terra, sendo que a cana-de-açúcar no ano de 1991 apresentou um índice antrópico de 6,98% (0,51), em 2001 passou para 10,56% (0,77) e no ano de 2011 houve um acréscimo para 13,61% (0,99).

A Pecuária no ano de 1991 correspondeu a uma antropização de 74,64% (3,73), em 2001 houve uma redução para 64,59% (3,23) passando em seguida para 60,30% (3,02) no ano de 2011 (Figura 4). Apesar da oscilação da pecuária, nos anos analisados, esta correspondeu a um ITA com intensidade maior em relação à cana-de-açúcar, corroborando com Pérez-Ortega (2011) que ao estudar a bacia do Córrego do Ipê/SP nos anos de 2002 e 2011, verificaram que a mudança no uso e ocupação do solo estava associada, principalmente, com a predominância da cana-de-açúcar, pastagem e culturas temporárias.

Em relação à Soja o ITA apresentou um aumento no decorrer dos anos estudados, em 1991 correspondeu a 1,95% (0,14), aumentando para 8,64% (0,63) em 2001 e em 2011 apresentou 9,24% (0,67), conforme consta na figura 4. O cultivo da Soja em Mato Grosso vem aumentando, principalmente na região dos Cerrados pela fácil adaptação da cultura aos tipos de solo. Segundo Schwenk e Cruz (2008) que ao estudarem a expansão da soja nas áreas de Planaltos e na Chapada dos Parecis/MT constataram elevado número de produção (t) e uso de mecanização intensa juntamente com agrotóxicos. Dados estes preocupantes, principalmente no

que diz respeito à conservação vegetação nativa desse ambiente.

A classe Influência urbana também apresentou uma elevação nos valores antrópicos nos anos pesquisados (Figura 4). Em 1991 o índice foi de 1,17% (0,11), sendo que em 2001 houve um acréscimo para 1,58% (0,15), aumentando ainda mais no ano de 2011 para 2,58% (0,25), pois a expansão urbana ocorreu sobre a vegetação natural, na qual vem gerando profundas transformações socioespaciais na bacia hidrográfica analisada. Consequentemente, essas modificações estão relacionadas às formações de campos cultivados como os de pastagens e cultivos agrícolas com potencial econômico.

A ação antrópica diminuiu em relação a classe Floresta no decorrer dos anos analisados, como pode ser observado na Figura 4. Em 1991 constatou um índice de 14,80% (0,15), reduzindo para 13,18% (0,13) no ano de 2001 e em 2011 passou para 12,84% (0,13). Embora o índice apresente um menor valor no decorrer dos anos, ainda é alarmante, pois a vegetação natural foi suprimida para o desenvolvimento de atividades produtivas (cultivos agrícolas e pastagens), ocorrendo à formação de unidades de paisagens antropizadas.

A ocupação das áreas do entorno da floresta ao longo de anos vem trazendo danos irreversíveis a esta, pois não há um planejamento ambiental adequado, visando à sustentabilidade. Atualmente, a sociedade vivencia problemas relacionados à degradação, como fatores climáticos (queimadas e seca) e desmatamentos. Além disso, várias espécies da fauna encontram-se ameaçadas de extinção (MATO GROSSO, 2013b).

A presença de formações vegetais diferenciadas numa mesma região, com ampla diversidade de espécies, demonstra a importância ecológica dessa área, pois auxilia na manutenção e aproveitamento da biodiversidade que, além do seu

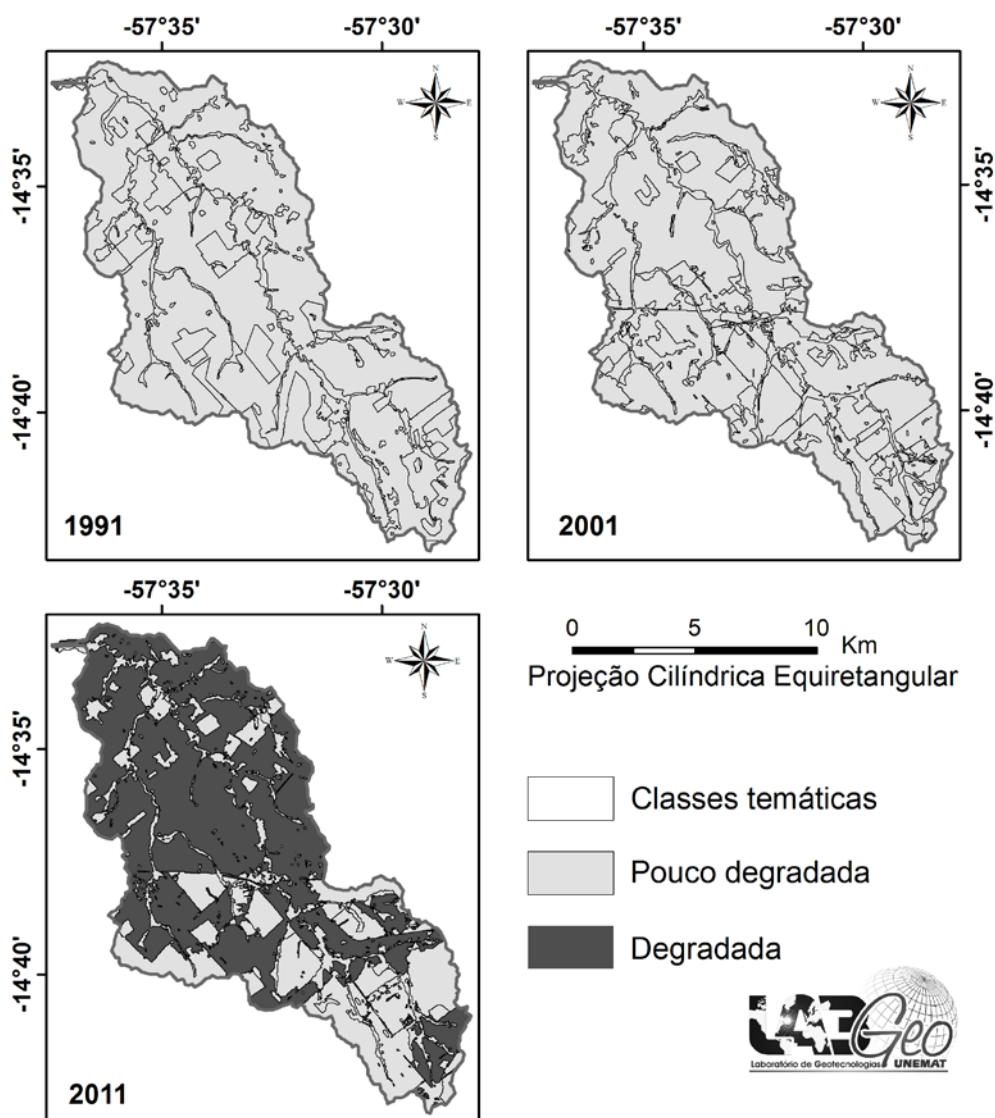


Figura 4 - Índices de Transformação Antrópica da paisagem da Bacia do Rio Queima-Pé

valor intrínseco, são essenciais nos ciclos biológicos e hidrológicos, assim como eficientes reguladores térmicos e agentes de amenização paisagística (FERREIRA *et al.*, 2007).

Em relação ao índice de antropização das Massas d'água em 1991 correspondeu a 0,47% (0,01) e no ano de 2001 elevou para 0,81% (0,02), ou seja, nos dois primeiros anos analisados houve um aumento, porém este valor reduziu no último ano investigado para 0,65% (0,01) em 2011 (Figura 4). Ainda com o decréscimo em 2011, o aumento da atividade antrópica nos dois primeiros anos avaliados está associado com as mudanças na natureza, como o desmatamento e a escalada das atividades humanas,

fatores estes que possuem consequências qualitativas e quantitativas nas propriedades dos recursos hídricos (MATO GROSSO, 2013b; SHARPLEY *et al.*, 1999)

A bacia investigada apresenta extensas áreas agrícolas e de pastagens em seu entorno, especialmente aquelas onde não são adotadas práticas conservacionistas para o uso da terra, o que torna preocupante devido à entrada excessiva de nutrientes como fósforo e nitrogênio no meio aquático, advindos das unidades antrópicas. Esses nutrientes chegam ao ambiente aquático por meio de enxurradas, promovendo o enriquecimento da água e desencadeando o processo de

eutrofização, causando assim, alteração na qualidade da mesma, podendo acarretar sérios problemas na saúde humana, tendo em vista que o município de Tangará da Serra é abastecido por esta bacia (SHARPLEY *et al.*, 1999).

A classe Reflorestamento ao longo dos anos pesquisados apresentou aumento no índice de antropização, devido às atividades silvícolas na bacia do Rio Queima-Pé. Em 1991 o valor do ITA não apresentou dados relevantes, em 2001 correspondeu a 0,63% (0,01) e 2011 incidiu um acréscimo para 0,79% (0,01), como mostra a Figura 4. Estas atividades são associadas a três grupos principais: a de

exploração, a de preparação e a de manutenção.

O Reflorestamento visa atender a recuperação das áreas sob rejeitos de carvão, suprir as necessidades em madeira para as propriedades rurais e a comercialização. As espécies cultivadas são do gênero *Eucalyptus*, *Tectona* e *Pinus*, sendo as principais nessa região. De acordo com Lima (1993), as plantações florestais, ou seja, a formação de florestas a partir de regeneração artificial tem se estabelecido em outros países há vários anos, com o propósito de fornecer madeira para fins industriais. Para o mesmo autor, nas fases de preparo do solo e crescimento das mudas florestais, o solo permanece praticamente sem proteção. Os regimes de corte ao final do período de rotação são fatores que também podem resultar em perdas consideráveis de solo por erosão. As perdas do solo e de nutrientes prejudicam tanto a qualidade da água quanto a manutenção da produtividade, dessa forma, é importante o manejo adequado das plantações florestais.

A transformação da paisagem na bacia do Rio Queima-Pé é resultante da mudança do perfil econômico no século XX que ocorreu no Brasil e refletiu no município de Tangará da Serra/MT. A passagem de uma economia agrária para uma industrial levou ao crescimento gradual da cidade, sem planejamento. A paisagem retrata o histórico natural e antrópico ao longo do tempo. A capacidade do homem em desenvolver tecnologias, interfere no meio natural e torna-se um grande modelador do espaço. Portanto, é se faz necessário na bacia estudada o planejamento ambiental, buscando associar a utilização dos recursos naturais com a conservação do ambiente, a fim de estabelecer um ambiente equilibrado e um desenvolvimento ecologicamente correto.

CONCLUSÕES

A utilização de imagens de Sensoriamento Remoto orbital aliado ao Sistema de Informação Geográfica - SIG mostraram-se eficiente no mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal da bacia do Rio Queima-Pé. O produto gerado, associado ao trabalho de campo e o ITA, possibilitaram gerar informações a respeito do estado de conservação dos elementos da paisagem da bacia do Rio Queima-Pé.

Por meio da análise espaço-temporal pode-se constatar que a classe Cana-de-açúcar aumentou em todos os anos estudados, assim como as classes: Influência urbana e Reflorestamento. Enquanto as classes Massas d'água e Floresta apresentaram decréscimo no percentual de área ocupada na bacia a cada ano investigado.

Este estudo evidenciou que a Influência do uso da terra tem impactado negativamente a conservação das matas ciliares das Massas d'água na bacia do Rio Queima-Pé, esse fato ocorre por haver contato direto em alguns locais da água com as atividades agropastoris e urbanas, que ameaçam sensivelmente a sua qualidade e quantidade. Tornando urgente um plano de manejo e recuperação destas áreas, pois suas águas são utilizadas para abastecer a população da cidade de Tangará da Serra, desta forma sugere-se a realização de trabalhos em que sejam realizados experimentos para avaliar as propriedades da água.

O Índice de Transformação Antrópica aferido a partir dos atributos da paisagem apresentou duas classificações, nos anos de 1991 e 2001 foi Regular e em 2011 Degradado, decorrente principalmente da expansão da cultura de Cana-de-açúcar e da Pastagem, que constituem as atividades antrópicas que impactam negativamente os componentes ambientais, isto fez com que na bacia de estudo predominasse a

paisagem de campos cultivados, que foram implantados as expensas dos elementos naturais, reduzindo ao mínimo a Floresta.

Por fim, ressalta-se que as consequências dos problemas ambientais apresentados na unidade de estudo, situada nos biomas Cerrado e Amazônia, podem ser extensivos ao bioma Pantanal, devido a área estar localizada na Bacia do Alto Paraguai.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola/PPGASP da UNEMAT.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M.; VALÉRIO FILHO, M. Geotecnologias Aplicadas na análise do processo de antropização na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Piracangaguá – Município de Taubaté – SP. *Anais... XI SBSR*, Belo Horizonte, Brasil, 2003.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: IGEO/USP, n. 13, p. 01-27, 1972.
- BERTRAND, J. P. L'avancée fulgurante du complexe soja dans le Mato Grosso: facteurs clés et limites prévisibles. *Revue Tiers Monde*, Paris, v. 45, n. 179, p. 567-594, 2004.
- BERTRAND, J. P.; Cadier, C.; GASQUÈS, J. G. O Crédito: Fator essencial à expansão da soja em Mato Grosso. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 109-123, 2005.
- BRASIL. **CONAMA, resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 de maio de 2002.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica de produtividade**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 31/05/2011.

CÂMARA G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e Alterações Ambientais. In: Santos, D. G.; Nucci, J. C. **Paisagens geográficas: um tributo a Felisberto Cavalheiro**. Campo Mourão/PR: Editora da FECILCAM, 2009. 196 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, n. 37, p. 35-46, 1991.

CRUZ, C. B. M.; TEIXEIRA, A. J. A.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M.; MENEZES, P. M. L. Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. **Anais... IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, Brasil, 1998.

CRUZ, J. P.; LEITE, H. G.; SOARES, C. P. B.; CAMPOS, J. C. C.; SMIT, L.; NOGUEIRA, G. S.; OLIVEIRA, M. L. R. Modelos de crescimento e produção para plantios comerciais jovens de *Tectona grandis* em Tangará da Serra, Mato Grosso. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 821-828, 2008.

DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; INOUE, M. H.; SILVA, D. J.; CARVALHO, I. F.; SANTOS, C. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil. **Revista Brasileira de**

Meteorologia, v. 25, n. 3, p. 359-364, 2010.

FERREIRA, I. C. M.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; BERNACCI, L. C. Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1319-1327, 2007.

FILADELFO-JÚNIOR, W. S.; CAMPOS, S.; PIROLI, E. L.; CARDOSO, L. G.; BARROS, Z. X. Uso atual das terras da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria – Bofete (SP), obtido por sistema de informação geográfica. **Revista Irriga**, v. 6, n. 01, p. 1-21, 2001.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. p. 41-51.

FONSECA, A. G. V.; HESS, S. C. Avaliação do Potencial de aproveitamento energético de bagaço de cana-de-açúcar nas usinas de álcool no estado de Mato Grosso do Sul. **Anais... XXIII Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Brasília, 2005.

GIORDANO, L. C. **Análise de um conjunto de procedimentos metodológicos para a delimitação de corredores verdes (greenways) ao longo de cursos fluviais**. 2004. 177f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geociências e Meio Ambiente. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, São Paulo, 2004.

GRANATO, E. F. **Geração de energia através da biodigestão anaeróbica da vinhaça**. 2003. 139f. Dissertação (Mestre em Engenharia Industrial) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus de Bauru/SP, 2003.

GROSSI, C. H. **Diagnóstico e monitoramento ambiental da**

microbacia hidrográfica do Rio Queima-Pé, MT. 2006. 122f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2006.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro: FIBGE, n. 1, 1992. 92 p.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra. Manuais técnicos em Geociências**. Rio de Janeiro: FIBGE, n. 7, 1999. 58 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 de outubro, 2011.

KREITLOW, J.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; SERAFIM, E. S. Avaliação geoambiental das terras do município brasileiro de Cáceres para o cultivo da teca. **Ra' e ga**. v. 31, p. 53-68, 2014.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**, 2. ed. São Paulo: EDUSP (Editora da Universidade de São Paulo), 1993. 301 p.

LISBOA, L. S. S. **Cenários de mudanças climáticas usando modelagem dinâmica na Bacia do Alto Taquari**. 2008. 73f. Dissertação (Mestre em Engenharia da Computação) Universidade do Estado de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2008.

MACHADO, L. S. C.; COELHO, W. L. V.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, S. Análise do potencial de geração de energia através da utilização da vinhaça no estado de Mato Grosso. **Anais... IV Encontro de Produção Agroindustrial**. Campo Mourão, PR, Brasil, 2010.

- MARQUES, A. C. **Bacia Hidrográfica do Rio Santana: Influência das atividades antrópicas na dinâmica hidrológica**. 2008.105f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Departamento Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus/BA, 2008.
- MATEO, J. **Geoecologia de los paisajes**. Mérida: Edit. ULA, 1991. 137 p.
- MATEO, J. **Apuntes de Geografía de Los Paisajes**. Habana: Ed. MES, 1984. 470 p.
- MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Anuário Estatístico de Mato Grosso – 2010a**. Cuiabá: SEPLAN/MT, 2011. S/p. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/sitios/anuario/2010/Index.htm>. Acessado em: 12/06/2013.
- MATO GROSSO (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Dados por Município – 2008b**. Cuiabá: SEPLAN/MT. Disponível em: http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=138. Acessado em: 20/06/2013.
- NOGUEIRA, C. R.; CRUZ, C. B. M.; AGAREZ, F. V.; VICENS, R. S. Classificação de bacias hidrográficas em tabuleiros costeiros através de indicadores provenientes de sensoriamento remoto – estudo de caso em Linhares e Sooretama, ES. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p. 955-958.
- PÉREZ-ORTEGA, D. J. **Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP**. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2011.
- PÉRICO, E.; CEMIN, G.; MOHR, L. R. S. Fisiografia da bacia hidrográfica do rio Forqueta/RS, sul do Brasil. **Scientia Plena**, v. 8, n. 9, p. 1-9, 2012.
- PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, A. Estudos das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Florestalis**, n. 65, p. 197-206, 2004.
- PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de Desenvolvimento Humano**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/SobrePNUD.aspx>. Acesso em: 10/05/2013.
- PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas a análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte a gestão de recursos hídricos**. 2004. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, 2004.
- ROCHA, S. P.; CRUZ, C. B. M. Aplicação do ITA na análise espaço-temporal do entorno da BR-101 nos municípios de Angra dos Reis e Parati. **Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal/RN, Brasil, 2009.
- ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.
- ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 6 ed. Uberlândia/MG: EDUFU, 2007. 248 p.
- SALOMON, K. R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**. 2007. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 185 p.
- SCHWENK, L. M.; CRUZ, C. B. M. Conflitos socioeconômico-ambientais relativos ao avanço do cultivo da soja em áreas de influência dos eixos de integração e desenvolvimento no Estado de Mato Grosso. **Acta Sci. Agron.**, v. 30, n. 4, p. 501-511, 2008.
- SERIGATO, E. M. **Delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba**. 2006. 203 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestal. Viçosa/MG, 2006.
- SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T.; SIMS, A.; LEMUNYON, R.; STEVENS, R.; PARRY, R. **Agricultural phosphorus and eutrophication**. Ohio: United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, 1999. 36 p.
- SOARES-FILHO, B. F. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. 299 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia e de Transportes. Universidade de São Paulo, 1998.
- SUKOPP, H.; KUNICK, W. Die Gross-Stadt als Gegenstand Okologischer Forschung. **Zeit der T.U. Berlim**, Berlim, v. 5, p. 710-716, 1973.
- TEIXEIRA, A. J. A. **Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara**. 2003. 156 f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEIL, R.V. **Landscape ecology in theory and practice: patterns and process**. New York: Springer-Verlag, 2001. 401 p

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa-MG: Editora Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VASCONCELOS, A. O.; LUCENA, A.; FILHO, O. C. R.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Análise Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu Através do Processamento de Imagens LANDSAT-5 TM. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 2011.

VICENS, R. S. **O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba**. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

Recebido em: jul/2013
Aprovado em: jun/2014

Monitoramento químico e do potencial genotóxico para o diagnóstico da qualidade de corpos hídricos

Chemical and genotoxic potential monitoring for diagnosis of water bodies quality

RESUMO

As bacias hidrográficas com forte urbanização estão sujeitas a impactos antrópicos que comprometem a qualidade dos corpos hídricos. Parâmetros químicos e indicadores biológicos fornecem dados relevantes sobre os potenciais efeitos dos poluentes hídricos sobre os organismos vivos. O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade da água do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos em Campo Bom (RS, Brasil) por meio de parâmetros químicos e com *Tradescantia pallida* var. *purpurea*. O monitoramento da água foi sazonal, durante um ano. A água dos três pontos amostrais foi enquadrada na classe 4 conforme a legislação nacional e o índice de contaminação por tóxicos foi considerado alto. A água da foz do arroio apresentou o maior índice de estado trófico. *Tradescantia pallida* var. *purpurea* evidenciou genotoxicidade da água do arroio e do rio.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, poluentes, genotoxicidade

ABSTRACT

Watersheds with strong urbanization are subject to human impacts that may compromise the quality of water bodies. Chemical parameters and biological indicators provide relevant data on the potential effects of water pollutants on living organisms. The aim of this study was to evaluate the water quality of the Schmidt stream and the Sinos River in Campo Bom (RS, Brazil), using chemical parameters and *Tradescantia pallida* var. *purpurea*. Water monitoring was seasonal, during one year. The water of the three sampling sites was classified as class 4 according to the national legislation, and the toxic contamination index was considered high. The water from the mouth of the stream presented the highest trophic state index. *Tradescantia pallida* var. *purpurea* evidenced water genotoxicity of the stream and river.

KEYWORDS: water quality, pollutants, genotoxicity

Gustavo Marques da Costa
Doutorando em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale
Novo Hamburgo, RS, Brasil
markesdakosta@hotmail.com

Mara Betânia Brizola Cassanego
Doutoranda em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale
Novo Hamburgo, RS, Brasil
maxyuri@terra.com.br

Camila Tamires Petry
Graduanda do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Feevale
Novo Hamburgo, RS, Brasil
camilapetry@yahoo.com.br

Tatiane Benvenuti
Doutoranda em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, UFRGS
Porto Alegre, RS, Brasil
tati.eng.biobio@gmail.com

Maria Angélica Kieling Rubio
Doutora em Botânica, UFRGS
Porto Alegre, RS, Brasil
angelrubio@ig.com.br

Marco Antônio Siqueira Rodrigues
Professor do PPG em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale
Novo Hamburgo, RS, Brasil
marcor@feevale.br

Annette Droste
Professora do PPG em Qualidade Ambiental, Universidade Feevale
Novo Hamburgo, RS, Brasil
annette@feevale.br

INTRODUÇÃO

A poluição dos corpos hídricos constitui um dos grandes problemas ambientais em função do crescimento populacional e do lançamento de resíduos industriais e domésticos, que levam ao aumento das cargas poluidoras pontuais e difusas nos corpos d'água (CAMPANHA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2012), podendo causar danos irreversíveis ou até letais a biota, além de inúmeras doenças na população humana (TUNDISI, 2003; SOUZA *et al.*, 2012).

A Bacia do Rio dos Sinos ocupa uma área com cerca de 3.800 km², localizada na região leste do Estado do Rio Grande do Sul, e abrange 32 municípios que desenvolvem diferentes atividades econômicas, como indústria e agricultura. O Rio dos Sinos, principal curso hídrico da bacia, apresenta uma extensão de 190 km, caracterizado em três terços, denominados de trecho superior, médio e inferior e já apresentou a qualidade de água mais baixa do Brasil (FIGUEIREDO *et al.*, 2010; HUPFFER *et al.*, 2012; FEPAM, 2013). Dentre os principais afluentes do Rio dos Sinos, no trecho inferior da bacia, destaca-se o arroio Schmidt, localizado em um importante polo da indústria coureiro-calçadista (IBGE, 2013), no município de Campo Bom (ROBAINA *et al.*, 2002).

Neste contexto, a preocupação com o estado de degradação de corpos hídricos induz a necessidade de se estabelecer métodos analíticos eficientes para avaliação e gestão ambiental (RODRIGUES e CASTRO, 2008). O monitoramento dos cursos d'água normalmente é realizado por meio da avaliação físico-química e bacteriológica para enquadramento utilizando parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005). Parâmetros como a concentração de fósforo, nitrogênio e demanda de oxigênio são indicadores típicos de

contaminação antrópica por matéria orgânica, destacando-se o esgoto doméstico, enquanto que os metais podem refletir desde a formação geológica da região avaliada, até a ocorrência de poluentes provenientes de atividades industriais. Contudo, estes parâmetros, quando analisados isoladamente, podem subestimar a real magnitude dos danos que estão sendo causados aos ecossistemas aquáticos (KARR e CHU, 1999).

Vários índices de qualidade de água vêm sendo desenvolvidos avaliando um conjunto de parâmetros que permitem diagnosticar o grau de conservação ou degradação dos corpos hídricos (RODRIGUES e CASTRO, 2008). Sendo assim, o monitoramento com organismos bioindicadores pode ser um parâmetro para integrar a avaliação da qualidade da água (UMBUZEIRO *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Plantas bioindicadoras vêm sendo integradas em estudos de monitoramento da qualidade da água por serem sensíveis a misturas complexas de poluentes hídricos (DUAN *et al.*, 1999; GRISOLIA e STARLING, 2001). *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* Boom, espécie bem adaptada aos climas sub-tropical e tropical, apresenta alta sensibilidade a agentes genotóxicos presentes em corpos hídricos e águas residuais provenientes de esgotos domésticos (UMBUZEIRO *et al.*, 2007; MIELLI *et al.*, 2009; THEWES *et al.*, 2011).

A avaliação da qualidade da água é importante para a demanda e o abastecimento público. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997) dispõe dos seguintes instrumentos para gestão e utilização de corpos hídricos: os planos de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso da água, o sistema de informações sobre os recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso da água bruta (BRASIL, 1997). Esta Política destaca a importância da avaliação integrada da qualidade e da quantidade da água para o

enquadramento dos corpos hídricos, considerando os usos preponderantes, de forma a viabilizar a gestão sistemática.

Considerando a forte intervenção antrópica no trecho inferior da Bacia do Rio dos Sinos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos no município de Campo Bom por meio de parâmetros químicos e do bioensaio com *Tradescantia pallida* var. *purpurea*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O município de Campo Bom localiza-se na região metropolitana de Porto Alegre, distante aproximadamente 50 km da capital do Rio Grande do Sul, Brasil. Pertencente a uma das regiões do estado com maior número de atividades industriais e com elevada ocupação urbana, este município faz parte do trecho inferior da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, com uma população de 60.074 habitantes, distribuídos em uma área de 61 km², residindo principalmente na área urbana. A base econômica de Campo Bom é formada por indústrias calçadistas, metalúrgicas e olarias (ROBAINA *et al.*, 2002; IBGE, 2013; FEE, 2013).

Os pontos de coleta das amostras de água situam-se no arroio Schmidt (nascente: 29°39'0,23"S e 51°4'49,99"O 68 m alt. e foz: 29°41'22,00"S e 51°2'40,83"O, 11 m alt.) e em um ponto no Rio dos Sinos (29°41'29,7"S e 51°02'11,1"O, 11 m alt.), no município de Campo Bom (Figura 1).

Coleta das amostras e análises químicas da água

As amostras de água foram coletadas na superfície dos pontos amostrais do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos, no inverno e na primavera

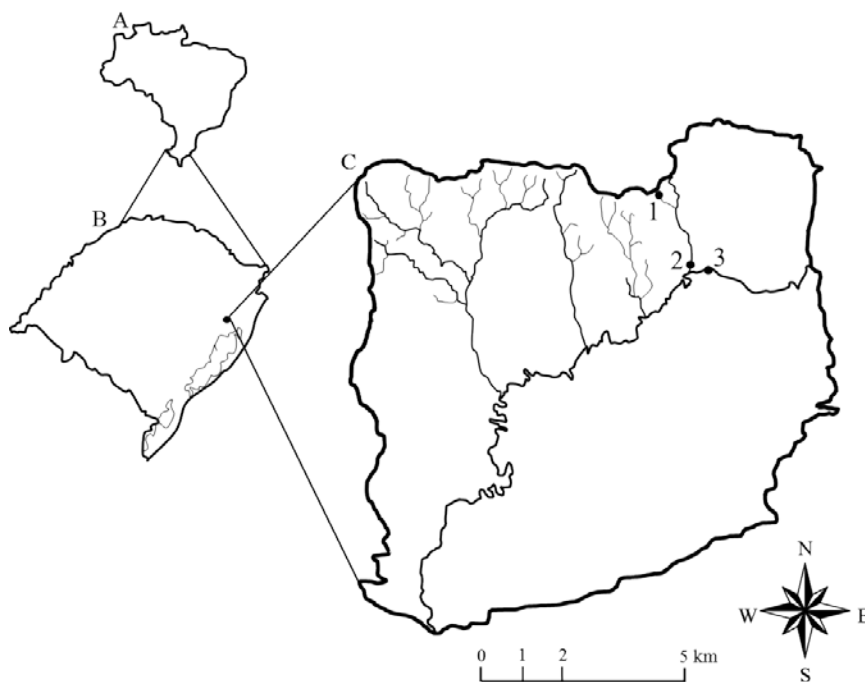


Figura 1 - Localização dos pontos amostrais no município de Campo Bom: (1) nascente do arroio Schmidt; (2) foz do arroio Schmidt; (3) Rio dos Sinos, no trecho inferior da Bacia do Rio dos Sinos (C), Rio Grande do Sul (B), Brasil (A)

de 2012 e no verão e no outono de 2013. O transporte das amostras ao laboratório foi realizado de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/NBR 9898, 1987) e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). As análises químicas da água foram realizadas conforme metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os parâmetros analisados foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (PT), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sólidos suspensos totais (SST) e os metais cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo total (Cr_{total}) e zinco (Zn). Os resultados obtidos em cada parâmetro analisado foram comparados com os valores determinados na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

Enquadramento das classes de águas doces

O enquadramento das classes de águas doces foi realizado conforme a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que estabelece valores máximos para os diferentes parâmetros físico-químicos.

Índice de contaminação por tóxicos (ICT)

De acordo com a metodologia desenvolvida pelo IGAM (Instituto de Gerenciamento Ambiental de Minas Gerais - Brasil), é possível classificar os corpos hídricos, nos pontos de monitoramento, de acordo com a concentração de alguns parâmetros tóxicos, como Cd, Pb, Cu, Cr e Zn, baseado na concentração limite indicada na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). No monitoramento realizado, foi considerada a concentração limite

estabelecida para as águas de classe 1.

O índice de contaminação por tóxicos (ICT) pode ser “baixo”, “médio” ou “alto”, se as concentrações dos parâmetros avaliados forem iguais ou inferiores a 20% dos limites estabelecidos, estiverem entre 20% e 100% ou, ainda, acima de 100% dos limites da legislação, respectivamente. A pior situação do conjunto de resultados define a faixa de contaminação. Assim, se um dos parâmetros apresenta valor acima de 100% (o dobro da concentração limite), em pelo menos uma das estações do ano, a contaminação no ponto de amostragem será classificada como alta (IGAM, 2012).

Índice de estado trófico (IET)

O índice de estado trófico (IET) permite classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por

$$IET = 10 \left(6 - \frac{(0,42 - 0,36 \times \ln(PT))}{\ln(2)} \right) - 20 \quad (1)$$

nutrientes (ALMEIDA *et al.*, 2009). No índice IET, os resultados calculados a partir dos valores de fósforo são uma medida do potencial de eutrofização de rios, conforme Lamparelli (2004) e Fia *et al.* (2009), pela equação 1.

Os valores para a determinação do Índice de Estado Trófico foram de: IET ≤ 47 para ultraligotrófico, 47 < IET ≤ 52 para oligotrófico, 52 < IET ≤ 59 para mesotrófico, 59 < IET ≤ 63 para eutrófico, 63 < IET ≤ 67 para supereutrófico e IET > 67 para hipereutrófico, onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L (ALVES *et al.*, 2012).

Cultivo das plantas e bioensaio com *Tradescantia pallida* var. *purpurea*

Amostras de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* foram cultivadas em vasos (37 cm x 20 cm x 20 cm), contendo 4 kg de solo comercial, em uma área não-poluída da universidade. As plantas foram regadas três vezes por semana. A exposição das plantas, a fixação e o armazenamento das inflorescências, bem como a preparação das lâminas foram realizados de acordo com Thewes *et al.* (2011). Após 24 h de adaptação em água destilada, as inflorescências foram expostas por 8 h às amostras de água do arroio e do rio e recuperadas por 24 h em água destilada. Sete lâminas foram preparadas para cada amostra. Simultaneamente, foi realizado o controle negativo, seguindo a metodologia descrita acima, porém substituindo a água das amostras por água destilada. Para a contagem dos micronúcleos (MCN) foram observadas 300 tétrades por lâmina, em um total de sete lâminas por ponto amostral, em microscopia óptica, aumento de 400x. As frequências de micronúcleos foram expressas em MCN/100 tétrades (THEWES *et al.*, 2011).

Análise estatística dos dados do bioensaio com *Tradescantia pallida* var. *purpurea*

As frequências de MCN obtidas nas amostras de água em cada estação foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Após, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando o programa SPSS versão 20.

RESULTADOS

Análises químicas

Na nascente do arroio Schmidt, a maioria das concentrações dos parâmetros analisados se mantiveram baixas durante o período de amostragem, com exceção da DBO₅, que apresentou valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 1, em todas as estações (BRASIL, 2005) (Tabela 1).

Os parâmetros indicativos de contaminação de origem orgânica (DBO₅ e NTK) e os metais cádmio (Cd) e chumbo (Pb) apresentaram maior concentração na foz do arroio Schmidt e no Rio dos Sinos, estando acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, enquanto que o zinco (Zn) apresentou-se em concentrações abaixo do definido para a classe 1 (BRASIL, 2005), embora detectado em todas as amostras avaliadas (Tabela 1).

Enquadramento das águas doces, ICT e IET

A água dos pontos amostrais do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos foi enquadrada na classe 4 para águas doces, sendo imprópria para consumo humano segundo a Resolução CONAMA 357/2005, em

função da alta concentração de DBO₅ e NTK (BRASIL, 2005) (Tabela 1).

O índice de contaminação por tóxicos (ICT) foi considerado alto nos três pontos amostrados devido às altas concentrações de Cd no rio e de Pb na nascente e na foz do arroio, embora em algumas amostras este índice tenha sido classificado como médio, devido às concentrações de alguns parâmetros apresentarem-se entre 20% e 100% acima do limite estabelecido. Para os metais Zn, Cr e Cu, o ICT foi baixo em todo o período amostrado e nos três pontos amostrais, por apresentar concentrações inferiores a 20% do limite estabelecido (Tabela 2).

De acordo com o índice de estado trófico (IET), a água da nascente do arroio apresentou a melhor condição, onde a concentração média obtida para o fósforo total (PT) indicou estado mesotrófico. Na foz do arroio, o estado trófico foi classificado como hipereutrófico, em função da alta concentração de fósforo total na água, enquanto que a água do rio foi caracterizada como eutrófica (Tabela 2).

Bioensaio em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* (Trad-MCN)

Nos pontos amostrados no arroio Schmidt e no Rio dos Sinos, os botões florais expostos às amostras de água do rio apresentaram frequência de MCN significativamente maior, enquanto que botões expostos à água da foz do arroio apresentaram frequência intermediária e aqueles expostos às amostras da nascente e do controle negativo apresentaram frequências estatisticamente inferiores, no inverno (F=25,222; p<0,001). A frequência de MCN das amostras do Rio dos Sinos foi significativamente superior em relação às observadas para a nascente e a foz que não diferiram entre si, na primavera. Contudo, as frequências de MCN das amostras da foz e do rio diferiram

Tabela 1 - Características químicas das amostras de água do arroio Schmidt (nascente e foz) e do Rio dos Sinos coletadas no inverno e na primavera de 2012 e no verão e no outono de 2013

| Parâmetros | Inverno | | | Primavera | | | Verão | | | Outono | | | Padrão/Classe 1 |
|---|----------|-------|-------|-----------|-------|-------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------------|
| | Nascente | Foz | Rio | Nascente | Foz | Rio | Nascente | Foz | Rio | Nascente | Foz | Rio | Conama 357/2005 |
| DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹) | 8,0 | 30,0 | 7,0 | 10,0 | 36,0 | 6,0 | <5,0 | 16,0 | <5,0 | 13,0 | 21,0 | 10 | ≤ 3,0 |
| DQO (mg O ₂ L ⁻¹) | 9,5 | 41,7 | 12,4 | 10,5 | 57,4 | 14,7 | 8,6 | 24,7 | 18,8 | 14,3 | 41,6 | 14,7 | n.i |
| PT (mg L ⁻¹) | 0,02 | 1,31 | 0,07 | 0,03 | 1,59 | 0,1 | 0,25 | 0,31 | 0,14 | n.d. | 0,52 | 0,24 | 0,1 |
| NTK (mg L ⁻¹) | 1,10 | 13,55 | n.d. | 0,86 | 15,93 | 1,36 | 1,12 | 6,41 | 2,73 | 12,13 | 10,79 | 2,1 | 2,18 |
| SST (mg L ⁻¹) | 13,7 | 28,5 | 9,8 | 4,8 | 14,0 | 12,0 | 8,8 | 18,4 | 46,8 | 7,0 | 4,3 | 19,8 | n.i |
| Cd (mg L ⁻¹) | 0,002 | 0,002 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,006 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,002 | 0,004 | 0,001 |
| Pb (mg L ⁻¹) | 0,011 | n.d. | 0,015 | n.d. | n.d. | 0,012 | 0,033 | 0,031 | 0,023 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,01 |
| Cu (mg L ⁻¹) | n.d. | n.d. | 0,002 | n.d. | n.d. | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,006 | n.d. | n.d. | 0,007 | 0,009 |
| Cr Total (mg L ⁻¹) | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,008 | 0,05 |
| Zn (mg L ⁻¹) | 0,006 | 0,016 | 0,015 | 0,021 | 0,027 | 0,026 | 0,043 | 0,038 | 0,025 | 0,023 | 0,037 | 0,038 | 0,18 |

n.d. = não detectado pelo método analítico; n.i. = não informado pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 2 - Enquadramento das classes de água doce, índice de contaminação por tóxicos (ICT) e índice de estado trófico (IET) nos pontos amostrais do arroio Schmidt (nascente e foz) e do Rio dos Sinos a partir dos valores médios das análises químicas das amostras de água

| | Arroio Schmidt (nascente) | Arroio Schmidt (foz) | Rio dos Sinos |
|--------|---------------------------|----------------------|---------------|
| Classe | 4 | 4 | 4 |
| ICT | Alto | Alto | Alto |
| IET | Mesotrófico | Hipereutrófico | Eutrófico |

Tabela 3 - Frequência de micronúcleos em *Tradescantia pallida* var. *purpurea* expostos às amostras de água do arroio Schmidt (nascente e foz), do Rio dos Sinos e do controle negativo, no inverno e na primavera de 2012 e no verão e no outono de 2013

| Pontos Amostrais | Frequência de MCN (média ± desvio padrão) | | | | F | p |
|------------------|---|----------------|-----------------|---------------|-------|--------|
| | Inverno | Primavera | Verão | Outono | | |
| Arroio/Nascente | 1,71 ± 0,40cAB | 2,14 ± 0,32bcA | 2,52 ± 0,72bcA | 1,62 ± 0,65bB | 4,035 | 0,019 |
| Arroio/Foz | 3,52 ± 1,07bA | 2,38 ± 0,62bBC | 3,19 ± 0,86abAB | 1,62 ± 0,65bC | 8,811 | <0,001 |
| Rio dos Sinos | 4,81 ± 0,74aA | 3,71 ± 0,56aAB | 3,81 ± 1,14aAB | 3,28 ± 0,23aB | 4,517 | 0,012 |
| Controle | 1,85 ± 0,74cA | 1,62 ± 0,30cA | 1,43 ± 0,50cA | 1,33 ± 0,27bA | 1,555 | 0,226 |
| F | 25,222 | 24,917 | 10,421 | 22,842 | | |
| p | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | | |

Na coluna, letras minúsculas indicam diferença significativa entre os pontos amostrais e o controle negativo e na linha, letras maiúsculas indicam diferença significativa entre as estações do ano, pelo teste de Tukey (p=0,05)

do controle negativo que não apresentou diferença significativa em relação à nascente (F=24,917; p<0,001) (Tabela 3).

Os botões expostos às amostras de água do rio apresentaram frequência de MCN significativamente maiores, diferindo dos botões expostos na nascente e no controle negativo, no verão. No entanto, a frequência de MCN observada na foz não diferiu estatisticamente da nascente, embora diferisse do controle negativo que foi semelhante à nascente (F=10,421; p<0,001). A maior frequência de MCN foi observada nas amostras do rio, no outono, diferindo estatisticamente da nascente, foz e do controle negativo que não diferiram entre si (F=22,842; p<0,001) (Tabela 3).

Durante as estações monitoradas, os botões expostos às amostras de água da nascente do arroio apresentaram frequências de MCN significativamente diferentes entre o outono e o verão, sendo semelhantes entre as demais estações (F=4,035; p=0,019). Na foz, houve diferença significativa entre as frequências de MCN obtidas no inverno e no outono (F=8,811; p<0,001). No rio, as frequências de MCN também diferiram estatisticamente entre o inverno e o outono (F=4,517; p=0,012). Entre as estações, não houve diferença significativa nas frequências de MCN observadas para o controle negativo (F=1,155; p=0,226) (Tabela 3).

DISCUSSÃO

As amostras de água do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos foram enquadradas na classe 4, em função de pelo menos um dos parâmetros analisados ter apresentado valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005).

A presença de sólidos suspensos totais foi observada em todas as amostras de água. A ocorrência se justifica pelo transporte de sedimentos e por matéria orgânica, constituída por folhas e húmus, podendo também estar associada à pluviosidade (NAIME e FAGUNDES, 2005). Aumentos de concentração de SST nos esgotos sanitários podem estar acompanhados por aumentos da concentração de DBO₅ (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003). O aumento da carga de sedimentos

pode ser provocado principalmente pela falta de proteção do solo, somado ao lançamento de resíduos sólidos e esgotos no sistema de drenagem (BARROS e SOUZA, 2012).

Na foz do arroio Schmidt, o efeito cumulativo de efluentes industriais e de esgotos, bem como a presença de resíduos de atividades agropecuárias, contribui para uma elevada concentração de DQO e DBO₅. As concentrações de DBO₅ na foz variaram entre 16 e 36 mg O₂ L⁻¹, estando acima do estabelecido para a classe 3 (BRASIL, 2005). Barros e Souza (2012) observaram concentrações elevadas de DBO₅, entre 12,0 e 16,0 mg L⁻¹ no córrego André em Mirassol D'Oeste, Mato Grosso, destacando que estes valores também podem estar relacionados com a carga de efluentes domésticos e industriais e com a baixa vazão do córrego. No ponto amostral do Rio dos Sinos, a concentração de DBO₅ foi menor, provavelmente por ser um corpo com maior volume hídrico.

O índice de contaminação por tóxicos foi considerado alto em função dos metais pesados cádmio e chumbo apresentarem-se em concentrações superiores aos limites estabelecidos para águas de classe 1, nos três pontos amostrados (BRASIL, 2005). Robaina *et al.* (2002) avaliaram a presença de metais em sedimentos do Rio dos Sinos e de afluentes. Dentre os afluentes avaliados, o arroio Schmidt apresentou risco moderado para o chumbo, enquanto que no Rio dos Sinos foram observadas condições de risco baixo ou muito baixo para o cádmio e o chumbo. No entanto, Vargas *et al.* (2001) haviam registrado anteriormente concentrações elevadas de chumbo no Rio dos Sinos, principalmente em seu trecho inferior. Este metal pode ser proveniente de indústrias metalúrgicas e curtumes, causando efeitos tóxicos e genotóxicos aos organismos aquáticos.

Considerando os valores médios da concentração de fósforo total, o índice de estado trófico foi

classificado em mesotrófico, hipereutrófico e eutrófico na nascente e na foz do arroio, e no rio, respectivamente, corroborando com os resultados obtidos por Cunha *et al.* (2013). O índice de estado trófico calculado para cada um dos pontos pode ser devido à eutrofização natural, que é o resultado da descarga de nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos ou pode ocorrer em função dos despejos de esgotos domésticos e industriais e de fertilizantes aplicados na agricultura, o que acelera o processo de enriquecimento de algas e macrófitas nas águas superficiais (ALMEIDA *et al.*, 2009). Na região da Bacia do Rio dos Sinos, o tratamento do esgoto, na maioria dos municípios, ainda é baixo, o que pode estar contribuindo para a eutrofização dos corpos hídricos (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Segundo Fia *et al.* (2009), o índice de estado trófico avalia o impacto relacionado às atividades antrópicas nas bacias hidrográficas, auxiliando na formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visam à sustentabilidade dos recursos hídricos.

As frequências de MCN observadas nos botões florais de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* evidenciaram genotoxicidade da água na foz do arroio Schmidt e no Rio dos Sinos, uma vez que foram superiores às frequências observadas nos botões expostos à água do controle, que variam de 1,33 a 1,85 MCN, alertando sobre os possíveis efeitos genotóxicos dos poluentes hídricos sobre os organismos. Pereira *et al.* (2013) consideraram como resultado de mutações espontâneas frequências de até 2,0 MCN/100 tétrades em plantas cultivadas em ambientes desprovidos de poluição. Os botões expostos às amostras de água do Rio dos Sinos apresentaram as maiores frequências, variando de 3,28 a 4,81 MCN. O efeito genotóxico de corpos hídricos também foi previamente relatado para clones de

Tradescantia e para *T. pallida*. Ruiz *et al.* (1992) avaliaram a genotoxicidade da água de um canal que recebe efluentes industriais, em Queretaro (México), observando frequências de MCN entre 2,5 e 9,0 em *Tradescantia* clone 4430, superiores ao controle (1,5). Jiang *et al.* (1999), observaram frequências de 5,2 a 7,0 MCN em *Tradescantia* clone 03 expostas às amostras de água coletadas em diferentes pontos do Rio Lijang, China. No rio Panlong, também na China, foram observadas frequências de MCN entre 3,19 e 8,53 em *Tradescantia* clone 4430 (Duan *et al.*, 1999). Umbuzeiro *et al.* (2007) realizaram um estudo em um tributário do Rio Cristais em São Paulo, usando *T. pallida* e verificaram uma frequência de 1,8 MCN no tributário, considerado como ponto de referência e 6,2 MCN a jusante de uma indústria têxtil no rio.

Apesar de as amostras de água da nascente do arroio Schmidt não terem apresentado potencial genotóxico significativo, as frequências de MCN foram significativamente maiores em relação ao controle, na primavera e no verão. Estudos adicionais são necessários para verificar se a nascente do arroio Schmidt pode ser considerada como uma área de referência quanto ao potencial genotóxico da água, uma vez que os índices de qualidade da água caracterizaram as amostras como impróprias para o consumo humano.

Embora os valores de metais pesados como cobre, cromo e zinco obtidos para as águas do arroio Schmidt e do Rio dos Sinos tenham estado abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, substâncias genotóxicas ainda não investigadas ou combinações químicas mutagênicas podem ter contribuído para o aumento da frequência de MCN. Dentre os metais analisados, o cádmio e o chumbo podem ter apresentado um efeito genotóxico sobre *Tradescantia pallida* var. *purpurea*, considerando que apresentaram

valores superiores aos estabelecidos pela legislação brasileira. Os metais pesados são tóxicos aos organismos podendo ser transferidos através da cadeia alimentar causando doenças como deficiência em cálcio e saturnismo (BOUZON *et al.*, 2012; PEREIRA, 2004). Em um estudo realizado na Bacia do Rio dos Sinos, Vargas *et al.* (2001) encontraram concentrações elevadas de metais pesados, alertando sobre a possibilidade de genotoxicidade em *Salmonella*.

O cenário observado no arroio Schmidt e no ponto amostral do Rio dos Sinos tem sido também registrado para outros corpos hídricos da Bacia do Rio dos Sinos. Níveis aumentados de poluentes foram detectados na água do terço inferior do Rio dos Sinos (BLUME *et al.*, 2010), o que reforça significativa toxicidade observada em *Daphnia similis*, *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia dubia* e *Hyalella azteca*, quando expostas às amostras de água do arroio Estância Velha, afluente deste rio (MITTEREGGER-JÚNIOR *et al.*, 2007). Scalon *et al.* (2010) verificaram genotoxicidade em peixes expostos em amostras de água coletadas ao longo do rio.

Para uma efetiva gestão dos recursos hídricos, considerando os instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), é requisito a obtenção de informações sobre as características e o comportamento de fatores bióticos e abióticos, bem como acerca das interações entre estes (NAIME e FAGUNDES, 2005), assim que se possa identificar e gerenciar de forma adequada as possíveis fontes de poluição e os riscos ambientais aos quais os organismos vivos estão expostos. Considerar de forma sistêmica o conjunto de fatores para o monitoramento de corpos hídricos é de relevância para o reconhecimento de sua condição e das variáveis que interferem na sua qualidade, objetivando assegurar a disponibilidade de água à atual e às

futuras gerações em padrões adequados aos respectivos usos.

CONCLUSÃO

Os ambientes aquáticos têm sofrido interferências de origem antrópica que têm introduzido significativas quantidades de diferentes substâncias biologicamente ativas, incluindo compostos químicos orgânicos e inorgânicos. Mesmo que tais poluentes estejam em conformidade com a legislação vigente, estes podem acumular-se na biota aquática em concentrações superiores àquelas detectadas no ambiente, sendo capazes de ocasionar efeitos adversos potencialmente tóxicos e genotóxicos.

Os parâmetros utilizados no presente estudo foram capazes de apontar as condições peculiares de cada ambiente avaliado em relação a variações sazonais e efeitos antrópicos, constituindo indicadores significativos que podem integrar programas de gerenciamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Feevale pela infraestrutura disponibilizada, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de doutorado de G. M. Costa (CAPES/FAPERGS) e M. B. B. Cassanego (CAPES/PROSUP); à Universidade Feevale pela bolsa de IC de C. T. Petry; ao Ministério da Ciência e Tecnologia Financiadora de Estudos e Projetos (MCT/FINEP) pelo suporte financeiro (Processo 551923/2011-3); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas (DTI-B) concedidas à T. Benvenuti e M. A. Kieling-Rubio.

REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 9898 - **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ALMEIDA, V. L. S. *et al.* Zooplanktonic community of six reservoirs in northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n.1, p. 57-65, 2009.

ALVES, I. C. C. *et al.* Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, v. 42, n.1, p. 115-124, 2012.

APHA - **American Public Health Association**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC. 1220p, 2005.

BARROS, R. V. G.; SOUZA, C. A. Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste, MT. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 24, p. 1-16, 2012.

BLUME, K. K. *et al.* Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1185-1193, 2010.

BOUZON, Z. L. *et al.* Influences of cadmium on fine structure and metabolism of *Hypnea musciformis* (Rodophyta, Gigartinales) cultivated *in vitro*. **Protoplasma**, v. 249, p. 637-650, 2012.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente** - CONAMA. Resolução n. 357 de 03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <
<http://mma.gov.br/port/conama/res>

/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

BRASIL. **Lei Federal n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/lais/lei9433.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

CAMPANHA, M. B. *et al.* Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no Estado de qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

CUNHA, R. W. *et al.* Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 770-779, 2013.

DUAN, C. Q. *et al.* *Tradescantia* bioassays for the determination of genotoxicity of water in the Panlong River, Kunming, People's Republic of China. **Mutation Research**, v. 426, p. 127-131, 1999.

FEE - **Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul**, 2013. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php>. Acesso em: 14 nov. 2011.

FEPAM - **Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler**, 2013. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Acesso em: 19 mar. 2013.

FIA, R. *et al.* Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.4, n.1, p. 132-141, 2009.

FIGUEIREDO, J. A. S. *et al.* The Rio dos Sinos watershed: an economic and social space and its interface with environmental status. **Brazilian**

Journal of Biology, v. 70, n. 4, p. 1131-1136, 2010.

GRISOLIA, C. K.; STARLING, F. L. R. M. Micronuclei monitoring of fishes from Lake Paranoá, under influence of sewage treatment plant discharges. **Mutation Research**, v. 491, p. 39-44, 2001.

HUPFFER, H. M.; ASHTON, M. S. G.; NAIME, R. A sustentabilidade em crise no Rio dos Sinos, RS: o sistema jurídico brasileiro e as possibilidades de turismo sustentável. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 26, p. 1-12, 2012.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/linl.php?uf=rs>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

IGAM - **Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Minas Gerais Institute of Water Management - Brazil, Qualidade das águas, 2012. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

JIANG, Y. G. *et al.* Genotoxicity of water samples from the scenic Lijang river in the Guilin area, China, evaluated by *Tradescantia* bioassays. **Mutation Research**, v. 426, p. 137-141, 1999.

KARR, J., CHU, E. W. **Restoring life in running waters: better biological monitoring**. Washington: Inland Press, 1999.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo: USP/Departamento de Ecologia, 2004. 235f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

MIELLI, A. C. *et al.* Evaluation of the genotoxicity of treated urban sludge

in the *Tradescantia* micronucleus assay. **Mutation Research**, v. 672, p. 51-54, 2009.

MITTEREGGER-JÚNIOR, H. *et al.* Evaluation of genotoxicity and toxicity of water and sediment samples from a Brazilian stream influenced by tannery industries. **Chemosphere**, v. 7, n. 6, p. 1211-1217, 2007.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da água do Arroio Portão, RS. Instituto de Geociências, UFRGS, **Pesquisa em Geociências**, v. 32, n. 1, p. 27-35, 2005.

OLIVEIRA, J. P. W. *et al.* Genotoxicity and physical chemistry analysis of Waters from Sinos River (RS) using *Allium cepa* and *Eichhornia crassipes* as bioindicators. **BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 1, p. 15-22, 2012.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.; MORELLI, S. *In situ* biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using a *Tradescantia* micronucleus assay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 87, p. 17-22, 2013.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH – UFRGS, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004.

ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A. F. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental – Vale do Rio dos Sinos, RS. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 35-47, 2002.

RODRIGUES A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.

Recebido em: ago/2013
Aprovado em: jun/2014

RUIZ, E. F. *et al.* *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) bioassay on clastogenicity of wastewater and *in situ* monitoring. **Mutation Research**, v. 270, p. 45-51, 1992.

SCALON, M. C. S. *et al.* Evaluation of Sinos River water genotoxicity using the comet assay in fish. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1217-1222, 2010.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.17, n. 2, p. 9-18, 2013.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; DAVID-STENSEL, H. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse** In: Metcalf & Eddy, Inc. 4th ed. New York McGraw-Hill Companies (McGraw-Hill Series in Civil and Environmental Engineering), p. 1819, 2003.

THEWES, M. R.; ENDRES JUNIOR, D.; DROSTE, A. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal wastewater treatment plants using the *Tradescantia pallida* var. *purpurea* bioassay. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, n. 4, p. 689-693, 2011.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. **MultiCiências**, v. 1, p. 1-15, 2003.

UMBUZEIRO, G. A. *et al.* Mutagenic activity assessment of Cristais River, São Paulo, Brazil, using the blue rayon/*Salmonella* microsome and the *Tradescantia pallida* micronuclei assays. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 2, p. 163-171, 2007.

VARGAS, V. M. F. *et al.* Genotoxicity assessment in aquatic environments under the influence of heavy metals and organic contaminants. **Mutation Research**, v. 490, p. 141-158, 2001.

Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano

Water quality and perception of residents about an urban river

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo conhecer as percepções de moradores do entorno da nascente do rio Carahá, em Lages (SC), sobre as condições desse rio, mudanças ocorridas com o processo de urbanização e qualidade das águas. Para isso, utilizou-se a abordagem qualitativa. Também foi realizada a análise de parâmetros físicos e químicos para avaliar a qualidade dessas águas. As percepções dos moradores sobre o rio foram agrupadas nas categorias: cuidado com o rio, importância, uso e características do rio. A análise das águas indicou alto grau de poluição. Os entrevistados percebem que as águas do rio são poluídas, mas parece haver falta de informação sobre as consequências do contato com o rio poluído, embora exista a preocupação com essa situação. O processo de urbanização ao longo do percurso do rio tem contribuído para mudanças ocorridas nas últimas duas décadas, com degradação da qualidade da água.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água; poluição da água; urbanização; população urbana

ABSTRACT

This study was conducted in order to understand the perceptions of the residents surrounding the headwaters of a river in a municipality in the mountains of Santa Catarina, about the conditions of this river, changes throughout the process of urbanization and the quality of the water. To this end, the case study used qualitative research. Physical and chemical analysis at the headwater and mouth of the river were also performed to evaluate water quality. The perceptions of residents about the river were grouped in categories: importance of the river, care for the river, river use and characteristics of the river. The analysis of the water revealed significant changes, indicating a high level of pollution. The interviewees perceive that the river water is polluted, but in general, it was observed that there seems to be a lack of information on the consequences of contact with the polluted river.

KEYWORDS: *water quality; water pollution, urbanization; urban population*

Camila Muniz Melo Antunes
Especialista em Saúde e Ambiente, UNIPLAC
Itapema, SC, Brasil
mila2223@hotmail.com

Silvia Cardoso Bittencourt
Professora da Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL
Florianópolis, SC, Brasil
scbflor@hotmail.com

Tássio Dresh Rech
Professor da Universidade do Planalto Catarinense, UNIPLAC e Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão rural de Santa Catarina (EPAGRI)
Lages, SC, Brasil
tassiodr@gmail.com

Aldo Camargo de Oliveira
Mestrando em Ciência Animal (CAV-UDESC) e Professor da Universidade do Planalto Catarinense, UNIPLAC
Lages, SC, Brasil
olivafarma@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A situação atual dos recursos hídricos aponta para um quadro de crise (MMA, 2009). No continente americano, há água abundante em algumas regiões, enquanto em outras esse recurso pode ser escasso, e a urbanização é um dos processos que têm causado impacto tanto nas águas superficiais quanto nas subterrâneas (CISNEROS; TUNDISI, 2012; FUZINATTO, 2009; GARRIDO, 2000; HADDAD; MAGALHÃES JUNIOR, 2007). Com o objetivo de chamar a atenção para a importância de ações que preservem esse recurso, foi definido que 2013 seria o “Ano Internacional de Cooperação na Esfera da Água” (NACIONES UNIDAS, 2011). No Brasil, a primeira lei a tratar dos recursos hídricos visando garantir a qualidade das águas foi o Código das Águas (SILVESTRE, 2008), de 1934, mas, o grande avanço em relação ao tema ocorreu a partir da Constituição Federal de 1988, que declarou a água bem de domínio público (Artigo 25) e apontou, no seu Artigo 21, sobre a competência da União em instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) (BRASIL, 1988).

Em 1997, a Lei 9.433/1997 instituiu o SNGRH e definiu os parâmetros para assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997), seguindo o que já havia sido apontado na Agenda 21 (CNUMAD, 1992), e em 2011, a Agência Nacional das Águas (ANA) instituiu o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas, a fim de estabelecer os parâmetros para avaliação das águas superficiais (MMA, 2011).

Como destaca Garrido (2000), a poluição dos corpos d'água por ações humanas tem contribuído para a má qualidade destes, fazendo com que se tenha que buscar água em distâncias cada vez maiores para suprir as necessidades das

populações. Quando as águas superficiais não são de boa qualidade para consumo, uma das alternativas é a utilização de águas subterrâneas. O Brasil possui grandes reservas subterrâneas (112 mil km³), e estima-se que 51% do suprimento de água potável no país seja originário de aquíferos (MMA, 2009), como o Guarani. Este é um dos maiores reservatórios subterrâneos de água doce do mundo, estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, numa área de aproximadamente 1.000.000 km² (UFSC, 2003; SCHEIBE; HIRATA, 2011) com cerca de 49.200 km² de zonas de recarga direta, abrangendo 44 municípios no estado de Santa Catarina (UFSC, 2003).

Deve-se levar em conta que o aumento do uso dos recursos hídricos superficiais em escala mundial leva ao uso ainda mais intenso das reservas de águas subterrâneas. Estas igualmente precisam ser gerenciadas para garantir sua qualidade. Para isso existem legislações específicas, como a resolução CONAMA 396/08, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais no manejo das águas subterrâneas (MMA, 2008). Vale lembrar que o ciclo natural da água resulta em infiltração das águas superficiais no solo, podendo provocar a degradação das águas subterrâneas se as primeiras estiverem poluídas. Os processos de filtração e as reações biogeoquímicas que ocorrem no subsolo fazem com que as águas subterrâneas apresentem, geralmente, boa potabilidade e sejam mais protegidas dos agentes de poluição (MMA, 2002).

Essa relação entre o que é construído pelo homem e os fenômenos naturais nem sempre é percebida uma vez que a sociedade tem se distanciado do ambiente natural. Macedo *et al.* (2007) destacam que nas sociedades urbanas a possibilidade de vivenciar a experiência do contato com a natureza torna-se cada vez mais

distante, afastando a sensibilidade das pequenas emoções do cotidiano, como uma simples chuva, que já não constitui numa aventura, sendo mal percebida ou tornando-se apenas um ruído nos compartimentos fechados de um apartamento.

Nesse sentido, as percepções mudam conforme o contexto sociocultural em que se está inserido. Ferreira (2005) lembra que “a percepção está atrelada ao ato do contato com os elementos externos, objetivo e coletivo, e internos, subjetivo e individual, da experiência”. Para essa autora o termo percepção “tem uma conotação ampla e popular” próxima à da abordagem fenomenológica e a “percepção ambiental está atrelada ao ato do contato com os elementos externos (objetivo e coletivo) e internos (subjetivo e individual) da experiência”. (p.43). Assim, nem sempre as mudanças ocorridas em determinado ambiente, incluindo aquelas relacionadas à poluição e contaminação das águas, são percebidas por aqueles que vivem em determinado local. Por outro lado, podem ser percebidas modificações no entorno sem o entendimento do significado dessas alterações para a saúde, por exemplo.

Conhecer os fatores que ameaçam a qualidade das águas superficiais e subterrâneas em contextos específicos pode contribuir para a preservação desses reservatórios, como no caso deste estudo. O objetivo deste estudo foi conhecer a qualidade da água e a percepção dos moradores que vivem no entorno da nascente do córrego que corta o município de Lages/SC, sobre essa qualidade, bem como os significados dessas águas na vida cotidiana e as mudanças nelas ocorridas com o processo de urbanização local nos últimos 20 anos. A nascente do córrego que corta a cidade, o Rio Carahá, está localizada em área de recarga e afloramento do aquífero Guarani, e,

embora esteja localizada na área urbana de Lages, mantém características rurais, tais como, a criação de animais domésticos de grande porte (gado e equinos) e a existência de áreas verdes. Publicação feita por um jornal da cidade aponta que cada morador procura solução individual para seu esgoto, que acaba sendo despejado sem tratamento na rede pluvial (CORREIO LAGEANO, 2002). Essa situação é atribuída à ineficácia do sistema público de esgoto, que ainda estava sendo implantado na ocasião. Outro artigo mais recente do mesmo jornal destaca que alguns moradores ainda despejam seus esgotos diretamente no rio (FAITA, 2011).

Não é possível pensarmos a água como “parte da natureza” e a sociedade como algo em separado. Como afirma Porto-Gonçalves (2011), “o problema é que boa parte da produção do conhecimento a respeito do tema da água [...] vê a sociedade de um lado e a natureza de outro, como se a sociedade não tivesse nada a ver com a crise da água” (p.38). Assim, a proposta deste trabalho é abordar dois aspectos relacionados às águas do Rio Carahá: (a) sua qualidade, a partir da análise de parâmetros físicos e químicos; e (b) a percepção dos moradores que vivem no entorno da nascente do rio sobre as mudanças ocorridas durante o processo de urbanização e os usos dessas águas. O conhecimento da percepção sobre a realidade local, com a possibilidade de pontuar fatores que contribuem para alterações da qualidade da água, pode auxiliar no desenvolvimento de ações que visem a recuperação dessa qualidade. Nessa direção, vale destacar o que está assinalado na Agenda 21 (CNUMAD, 1992), incentivando a “introdução de técnicas de participação pública, inclusive com a intensificação do papel [...] das comunidades locais” no manejo dos recursos hídricos (p.152). Vale lembrar, como destacam Rodrigues *et al.* (2012,

p.105), que quando se fala em percepção de indivíduos de uma comunidade, está se falando também em representações sociais, construídas a partir de informações da mídia ou do contato com outras pessoas e atores sociais (professores, líderes comunitários, entre outros).

MÉTODOS

Este é um estudo de caso sobre a situação do entorno da nascente do Rio Carahá a partir do olhar de seus habitantes e da análise de alguns parâmetros físicos e químicos das águas desse rio. O estudo de caso considera a localidade estudada na tentativa de apreender sua realidade social (GOLDENBERG, 2011). No total foram realizadas 16 entrevistas, guiadas por roteiro semiestruturado, com sete mulheres e nove homens, nos meses de abril e maio de 2012. A partir do momento em que os entrevistados trouxeram respostas que atenderam ao critério de saturação, foram finalizadas as entrevistas. Como aponta Minayo (2010, p.197-98) considera-se suficiente determinado número de sujeitos sociais no processo de pesquisa quando, “o conhecimento formado pelo pesquisador, no campo, [permite] compreender a lógica interna do grupo ou da coletividade em estudo”. Optou-se por entrevistar moradores que moravam pelo menos há 20 anos na região da nascente do rio (a moradora mais antiga vivia ali há 35 anos) na tentativa de apreender as mudanças ocorridas no local. Embora as mudanças em determinado local possam passar despercebidas pelo “costume” com a nova situação que se estabelece, como apontam Gerahdinger *et al.* (2006), moradores antigos são capazes de apontar detalhes sobre mudanças ocorridas a partir da realidade que vivenciaram anteriormente. Optou-se pelo período de 20 anos para tentar apreender a percepção dos sujeitos

que ali residiam o tempo mais longo possível. Inicialmente havíamos delimitado um período de 30 anos, mas foram encontrados poucos moradores que viviam no local por mais de 20 anos. Rodrigues *et al.* (2012), ao trabalharem a questão da percepção ambiental em uma comunidade, destacam que o fator tempo pode condicionar essa percepção, pois, problemas recorrentes e aqueles não habituais (aqueles que ocorrem esporadicamente, com intervalos de muitos anos entre um episódio e outro) podem não ser vivenciados por quem está há menos tempo em determinado local.

Foi também realizada observação direta durante as idas a campo e durante as entrevistas (GOLDENBERG, 2011; MINAYO, 2010). Todas as entrevistas foram realizadas por uma das autoras, durante os meses de abril e maio de 2012. Numa primeira visita à região, foi feito contato com uma moradora que aceitou participar da pesquisa e indicou outro morador que atendesse ao critério de tempo de residência no local, e assim sucessivamente. O anonimato dos participantes foi garantido com a identificação por meio de siglas (M1= primeiro morador entrevistado, M2= segundo morador entrevistado, e assim por diante).

A análise das entrevistas permitiu delimitar quatro categorias: (a) importância do rio, (b) cuidado com o rio, (c) uso do rio e (d) características do rio, a partir das quais os dados sobre a percepção dos moradores são apresentados. Essas categorias foram construídas a partir das falas dos entrevistados ao falarem sobre as águas do córrego durante as entrevistas. Como lembra Minayo, as categorias construídas a partir dos elementos dados pelo grupo social, têm “todas as condições de ser[em] colocada[s] no quadro mais amplo da compreensão teórica da realidade, e de, ao mesmo tempo expressá-la em sua especificidade” (p.94).

Para a análise das águas do Rio Carahá, foram realizadas coletas nos dias 04/04/2012, 02/05/2012, 24/05/2012, 04/06/2012, 02/07/12, 11/07/2012, 23/07/2012 e 02/08/2012, em dois pontos do rio: sua nascente (Ponto 1= N) e sua foz (Ponto 2 = F). O Ponto 1 é área de afloramento do Aquífero Guarani e o Ponto 2 está em área de contato do Rio Caveiras, que recebe as águas do Carahá, ou próximo dessa área. As datas foram escolhidas a partir da disponibilidade de ida a campo por um dos autores que realizou a coleta.

Foram realizadas análises físico-químicas de Temperatura, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez, Sólidos Totais, Cor, Detergentes e Surfactantes, e microbiológicas de Coliformes Totais (CT) e Termotolerantes (CTT). As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos foram coletadas em frascos de polietileno de 2L, e as amostras para análise microbiológica, em frascos de polietileno de 250mL, todos os frascos previamente esterilizados. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo até a chegada ao laboratório. Para a análise, foram seguidos os parâmetros do Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água do Ministério Público de Santa Catarina (MPSC, 2009), que segue as determinações da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2007) e da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005), que são embaixadores dos critérios da ANA/MMA (CETESB, 2011).

As análises de DBO (método de Biesel), DQO (método de dicromatometria) e de Detergentes e Surfactantes (método colorimétrico), foram realizadas no laboratório de apoio Calisul, de Lages/SC. As análises de Turbidez (método nefelométrico – turbidímetro Hach), Cor (método espectrofotométrico), Sólidos Totais

(método gravimétrico) e de CTT (Método Colilert® – Substrato Cromogênico, definido ONPG-MUG), foram realizadas no laboratório de apoio da Epagri de Chapecó/SC. As análises dos parâmetros de pH, OD e Temperatura da Água foram realizadas em campo, nos locais de coleta, através de sonda multiparâmetro marca YSI. Os dados meteorológicos acumulados de todo o período de coleta foram obtidos na Epagri/Ciram/Inmet-Lages/SC.

Foram seguidas as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde para realização de pesquisa envolvendo seres humanos, e o projeto foi aprovado pelo parecer 116/11 do Comitê de Ética da Uniplac/SC (CEP/UNIPLAC). O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi lido e explicado aos moradores entrevistados. Percebendo que parte dos entrevistados se sentia intimidada ao ter que assinar o documento (alguns mal sabiam ler e escrever), cinco entrevistas foram realizadas com o consentimento verbal dos moradores, após leitura e esclarecimento do TCLE, e essa situação foi notificada ao CEP/UNIPLAC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percepções dos moradores

Diegues (2005) lembra que as sociedades modernas possuem formas de classificação das águas e rios, ainda que seus símbolos e mitos sejam distintos dos existentes nas sociedades antigas. Sobre o papel das águas nas sociedades, é possível dizer ainda que os indivíduos percebem de forma diferente o ambiente em que vivem, e as reações (individuais ou coletivas) a esse ambiente vão decorrer dos julgamentos e expectativas (FERNANDES *et al.*, 2002). A percepção do lugar, as sensações a ele relacionadas e a avaliação do ambiente como poluído

ou não são fatores vinculados aos valores locais.

Neste estudo, sobre o item “importância do rio”, foi possível observar dois aspectos relevantes apontados pelos entrevistados: a função de “levar o esgoto” e o rio como fonte de “água para a vida”. Os moradores dizem que o rio “é tipo uma rede de esgoto, para levar o esgoto” (M.3) ou “[É] importante para tirar o esgoto” (M.8). Essas afirmações indicam que parece não haver consciência dos problemas que o esgoto pode causar no rio quando lançado diretamente em suas águas, como a transmissão de doenças. Sugere também que essa conduta seja aceita pelos moradores como algo “natural”, pois receber esgoto é visto como um “dever do rio”, de acordo com o que aparece nas falas de alguns moradores: “Se não fosse o rio, para onde iria o esgoto?” (M.10).

Embora os moradores não façam relação entre poluição e doenças, vale lembrar, como destaca Czeresnia (2000), que já em 1849, na Inglaterra, John Snow marca o surgimento da epidemiologia quando relaciona os casos de cólera aos dejetos jogados nos rios. Hoje sabemos que a contaminação das águas traz o risco de transmissão de várias doenças infectocontagiosas, tais como febre tifoide, hepatites e giardíase (OPS, 2007). Além disso, a contaminação por substâncias tóxicas tem sido um problema comum nas fontes de águas doces do Brasil (CISNEROS; TUNDISI, 2012).

Por outro lado, alguns moradores referiram a importância do rio como fonte de “água para a vida”. A primeira moradora entrevistada, há 23 anos no local, diz que o rio “É muito importante, porque a água é importante para a vida” (M.1). Mas em seguida destaca: “ninguém dá valor para a água”. Outro morador, há 32 anos no local, diz que o rio é importante, pois “é dele que vem a água [...]”. Sem luz a gente vive, mas sem água não” (M.7). Um terceiro

entrevistado objetiva a importância da água quando diz que “do rio vem a água tratada pra nós beber” (M.13).

Sobre a qualidade da água potável, segundo a OPS (2007), os países da América Latina possuem uma capacidade limitada (se comparados com países desenvolvidos) para determiná-la, em especial no que se refere à “presença de componentes tóxicos” (p.237). No Brasil, a Agência Nacional das Águas (ANA) avalia a qualidade da água utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), que é “particularmente sensível à contaminação pelo lançamento de esgotos” (MMA, 2012, p. 35).

Ao serem questionados sobre o “cuidado com o rio”, os moradores relataram sua contribuição pessoal para a preservação do mesmo. Referiram-se a jogar lixo diretamente no rio ou no ambiente, caso em que o lixo também acaba chegando ao rio, tornando-o poluído. Alguns declararam que não cuidam do rio: “Não colaboro [com o cuidado com o rio]” (M.8). Outros moradores se eximem do “não cuidado” e generalizam: “todo mundo joga lixo e polui o ambiente” (M.12) ou “muita gente joga lixo” (M.7). Dentre os moradores que dizem cuidar do rio, alguns não especificaram de que modo, como o morador que afirma: “faço minha parte” (M.1). Outra moradora diz: “Eu não paro em casa, mas as crianças [...], sempre oriento para não jogarem lixo [no rio]” (M.4). Embora pareça frisar a orientação aos filhos, ao mesmo tempo assinala “não estar em casa”, e com esta expressão parece dar a entender que não pode ser responsabilizada pelo não cuidado.

Outros moradores foram assertivos: “não joga lixo” (M.5), ou “não joga nada que vá para o rio” (M.9). A moradora M.6, há 30 anos no local, descreveu sua preocupação explicando:

“Ah, eu cuido. Não tanto, mas tento me cuidar pra não jogar

lixo. Até quando saio de carro com meu marido e as crianças, tento cuidar pra não estar jogando lixo [na rua]. Se eles jogam, eu chamo atenção [...], nessa parte eu cuido. (M.6)”

Ao mesmo tempo em que sinalizam a importância do cuidado com o rio, os entrevistados trazem a dificuldade em realizar esse cuidado. Jacobi *apud* Candido Bay e Silva (2011) assinala que embora exista alguma percepção dos problemas ambientais, geralmente os moradores aceitam a convivência com esses agravos, assumindo uma atitude passiva. Sobre as ações do poder público, uma das moradoras, que tem seu esgoto lançado diretamente no rio, afirma:

“É [...], tá aberto [o esgoto]. [...] nós já tentamos com candidatos, até o presidente do bairro já veio aqui, e trouxeram a rádio pra conseguir levar até lá [no rio]. O esgoto tá aberto. [...] No verão não há quem agunte por causa do cheiro. [...] Ninguém [refere-se ao poder público e à imprensa] fez nada. (M.4)”

Em relação às ações do poder público no cuidado ao ambiente, Rodrigues *et al.* (2012) também encontraram baixa satisfação da população quando entrevistaram moradores de uma comunidade na Região Metropolitana de São Paulo.

Sobre o “uso do rio”, quase todos os entrevistados afirmaram não utilizar suas águas na vida cotidiana, embora apontem situações que demonstram esse uso, como no caso das crianças que brincam no rio. Foi possível caracterizar dois motivos para esse “não uso”: a poluição e a dificuldade de acesso. Uma das moradoras relata que não utiliza o rio diretamente por ser afastado de sua casa e por considerá-lo “muito sujo, muito poluído” (M.1). Outros moradores falam em dificuldade no acesso:

“Não utilizo o rio para nada, pois fica longe e é difícil o acesso [por causa do mato]. (M.13)”

“Não [uso], porque não é tão perto de casa. (M.7)”

Os depoimentos sobre o uso do rio se referem a “antigamente” e “hoje”, sinalizando que houve mudanças ao longo do tempo. Ao falar sobre “antigamente”, os moradores citaram as práticas de tomar banho e beber a água do rio:

“Quando jogava bola com os amigos, tomava banho [...]. [...] hoje em dia não dá pra entrar na água... (M.15)”

“Antes a água dava pra beber, hoje tem cheiro ruim e cor escura. (M.14)”

“Antigamente nós brincávamos na beira do rio. Hoje não dá mais, é muito sujo. (M.12)”

“Quando era mais nova, levava o gado lá em cima [na nascente]. Então, antigamente passava pela água. (M.8)”

Nenhum dos entrevistados afirmou utilizar de forma direta a água do rio atualmente. Consideram essa água poluída e sem condições de uso, afirmando que “o rio é sujo” (M.5). Outros dizem que o rio é sujo “porque jogam muito lixo” (M.8), e o consideram “poluído” (M.11). De forma contraditória, os moradores dizem que as crianças costumam usar o rio:

“Tem peixe, porque a piizada vive pescando, tem gente que come ainda. (M.4)”

“[...] as crianças do bairro brincam na água do rio. (M.7)”

“[...] as crianças brincam. (M.8)”

Essas falas demonstram que, apesar de uma suposta consciência sobre a qualidade imprópria da água, não há

consciência dos malefícios concretos que essa poluição pode trazer, como uma possível contaminação dos peixes por metais, por exemplo. Sobre o consumo desses peixes, um dos moradores relatou uma situação peculiar. Ele conta que pesca em outro rio e depois traz o peixe para a “sanga” que corre perto da sua casa, onde é lançado o esgoto de várias residências. Ali o peixe é deixado por algumas semanas “para crescer” e, então, ser utilizado como alimento. Esse morador afirmou não saber de possíveis malefícios à saúde que o peixe “criado” em águas poluídas poderia trazer.

Barcellos *et al.* (2006) também encontraram divergências entre a análise da qualidade da água, considerada ruim para diferentes usos, e o uso dessa mesma água pelos moradores que participaram do seu estudo. Silvano (2003) constatou a acumulação de metais no fígado e músculos de peixes oriundos de áreas contaminadas. Também é possível perceber alterações em peixes expostos por um curto período de tempo em rios contaminados com xenobióticos, assim como em seus predadores, incluindo o homem (MARTINS, 2004).

Sabe-se que a água contaminada é um veículo importante para a transmissão de doenças (OPS, 2007) e que essa contaminação pode ocorrer, por exemplo, por infiltrações de água contendo fezes de animais ou humanos (AMARAL *et al.*, 2003; MARTINS; PEDRO; CASTIÑEIRAS, 2008). Como lembram Martins *et al.* (2008), “a maioria das infecções por agentes infecciosos pode ser adquirida através de transmissão fecal-oral, resultante da contaminação de água e alimentos por dejetos”. Outros tipos de contaminação também podem ocorrer, como por produtos tóxicos (SILVA *et al.*, 2002; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007), inclusive em águas subterrâneas. Estudo realizado em São Paulo mostra a contaminação de uma reserva subterrânea em que a

concentração de metais e compostos orgânicos ultrapassou os valores de referência utilizados para água de consumo humano, considerando pouco provável seu uso no futuro para qualquer finalidade com exposição humana (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

Sobre o uso de rios e lagoas impróprios para banho, Schall *et al.* (1987), ao se referirem à esquistossomose, lembram que, em geral, é maior o número de casos de contaminação entre crianças e jovens, pois nessa faixa etária não estão bem consolidados os hábitos de higiene e é grande a frequência de banhos em rios e lagoas. A transmissão de doenças infectocontagiosas pelas águas é um fator relevante nos países em desenvolvimento. Vale lembrar que as doenças infecciosas e parasitárias estão entre as principais causas de morbidade e mortalidade entre menores de cinco anos na América Latina e há uma relação recíproca entre o acesso a água e saneamento e a taxa de mortalidade entre menores de cinco anos (OPS, 2007).

No local estudado, se atualmente a água se encontra imprópria para uso, de acordo com os próprios moradores e os resultados das observações e análises realizadas, em épocas anteriores era diferente. Uma das moradoras relatou que “quando era mais nova [...] quando chovia era um problema para passar com a criação.” (M.8). Aqui é possível perceber o que vem sendo apontado em estudos (PORTO-GONÇALVES, 2011; OPS, 2007) que sinalizam a influência do processo de urbanização e da atuação humana na qualidade das águas.

Na categoria “características do rio” os moradores citaram algumas propriedades físicas do Rio Carahá, que podem ser traduzidas como “rio poluído”: “a água é muito suja” (M.4), “é médio” (M.6), “razoável” (M.9), “poluído” (M.11). Houve ainda um morador que demonstrou insegurança ao falar desse item:

“pelas reportagens que a gente vê, ele é poluído, né?” (M.2). Apenas uma moradora mencionou diretamente alterações percebidas ao longo dos anos em relação ao volume de água do rio: “a água era bem alta antigamente, agora é bem baixinha” (M.8).

A localidade estudada é um bairro que cresceu em torno da nascente do rio. Antigamente havia poucos moradores, como pode ser percebido na fala da moradora M.6, residente há 30 anos no local:

"quando nós viemos morar aqui, era só duas casas que tinha, [...] não tinha esse negócio hoje que vai no mercado compra coisarada e já fica jogando no lixo, o lixo era menos também. Naquele tempo, eu lembro, tinha uma mina ali. Dava até pra tomar água ali. Hoje em dia, Deus o livre. (M.6)"

O crescimento populacional no local acarretou o aumento da produção do lixo e de despejo de esgotos no rio. Os moradores foram se instalando, construindo até mesmo irregularmente, com seus dejetos lançados diretamente no rio. A poluição da nascente do rio é visível. Nas idas a campo, pôde-se perceber que além da canalização irregular das residências, o rio recebe em sua nascente esgoto de uma antiga estação de tratamento da empresa responsável pelo saneamento no município. Essa estação está desativada, mantendo apenas a aeração, que promove a oxigenação da mistura, eliminando gases indesejáveis e acelerando o processo de decomposição.

Análise da água

Por ocasião da coleta das amostras de água, foi possível observar que no entorno do Ponto 1 havia pequena quantidade de mata ciliar, plantação de *Pinus sp*, áreas de pastagem de gado e lixo nas margens do rio, além da estação de tratamento de esgoto desativada, acima da nascente. No Ponto 2, o

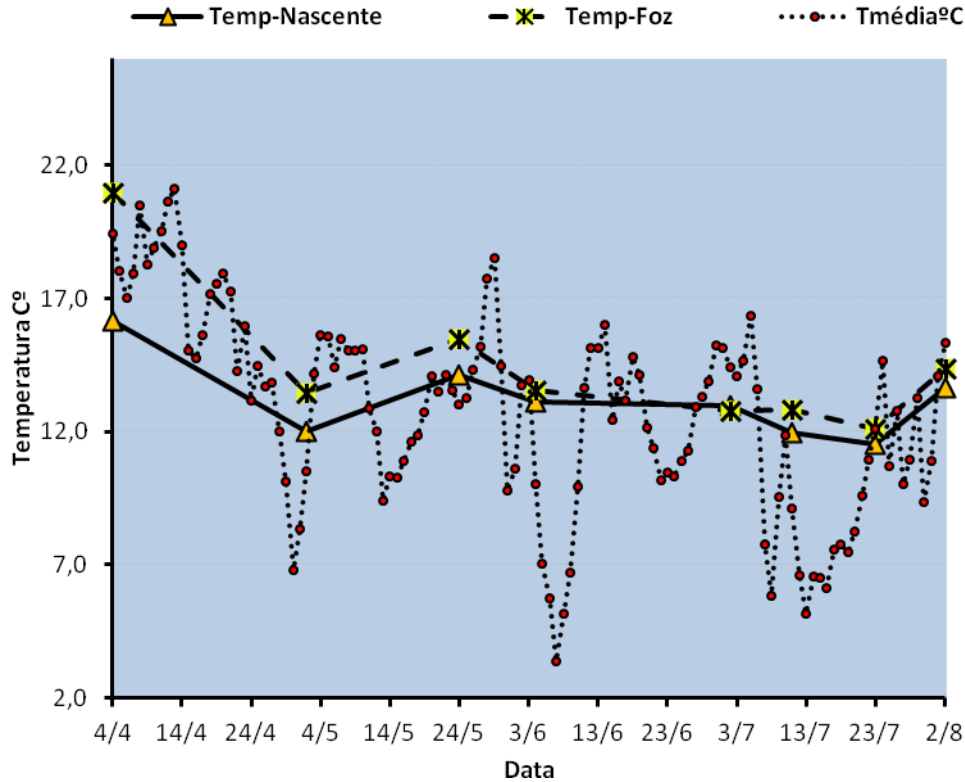


Figura 1 – Temperaturas da água na nascente e foz e temperatura média diária n posto metereológico da Epagri/EELages

aspecto da água é de esgoto, existindo a presença abundante de resíduos e lixo nas margens.

Em relação à temperatura da água, obteve-se um valor médio

de 13,81°C, com máxima de 21,0°C, no Ponto 2 na primeira coleta e mínima de 11,5°C no Ponto 1 na sétima coleta (Figura 1). As temperaturas apresentaram-se

baixas porque as coletas ocorreram no período de outono/inverno. Paiva (2004) lembra que a temperatura é um fator que influencia quase todos os processos

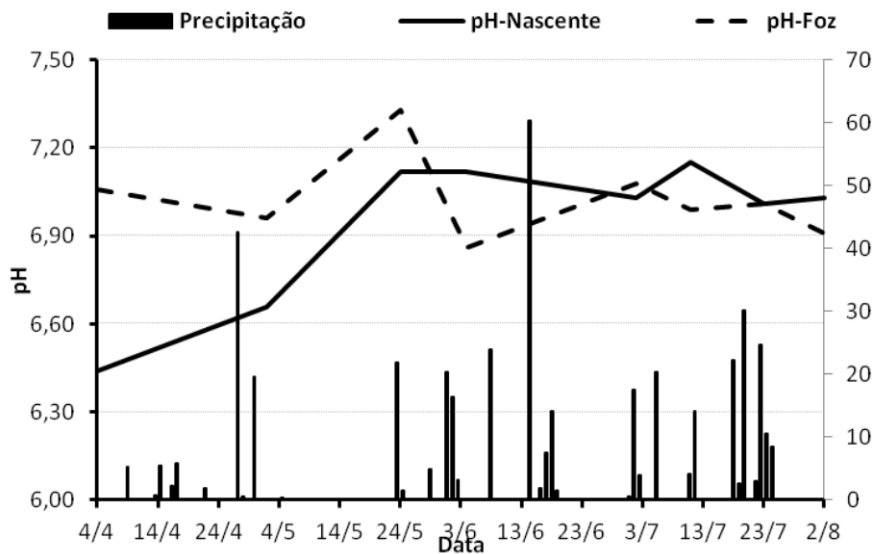


Figura 2 – pH da água na nascente e foz e precipitação acumulada diária no posto metereológico da Epagri/EELages

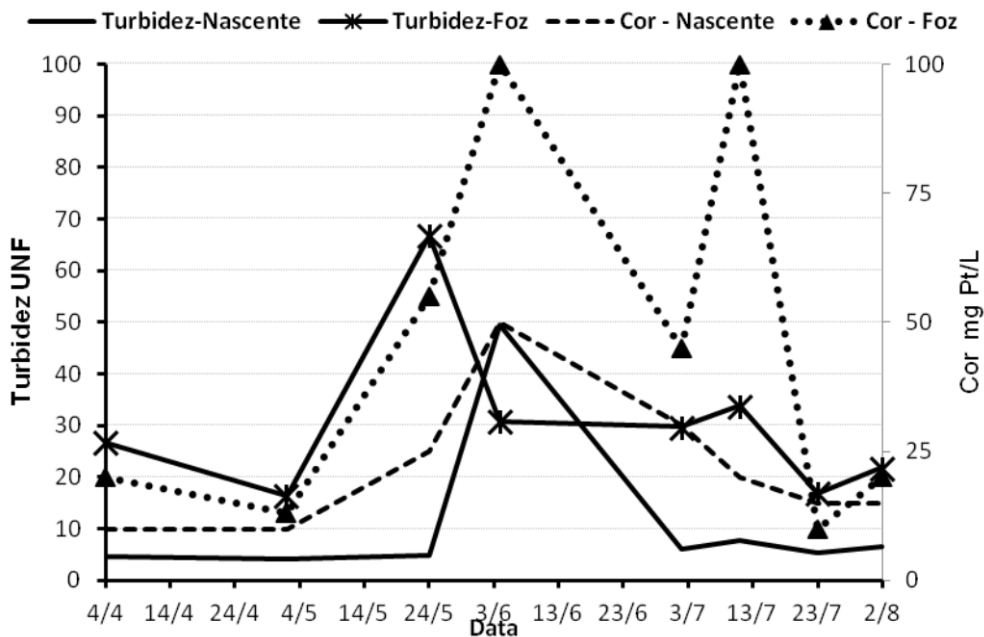


Figura 3 – Turbidez e cor da água na nascente e foz do rio Carahá. Lages, SC, 2012

físicos, químicos e biológicos na água, pois os organismos que ali vivem são adaptados a uma determinada faixa de temperatura. Nesse item não foram observadas variações significativas nas amostras coletadas.

No Brasil, a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais estão estabelecidas na resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (MMA, 2005).

Os valores de pH (Figura 2) obtidos nos dois pontos estão em conformidade com águas doces classificadas como classes 2 e 3, que devem ter valores de 6,0 a 9,0. De acordo com Siqueira, Aprile e Miguéis (2012), uma pequena

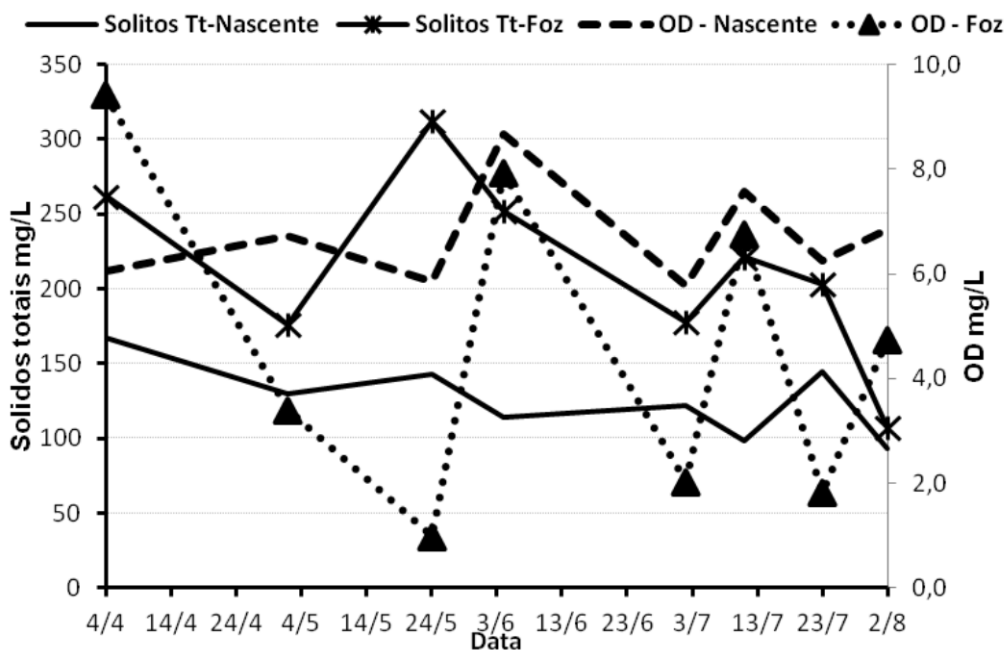


Figura 4 – Sólidos totais e oxigênio dissolvido na água da nascente e foz do rio Carahá. Lages, SC, 2012

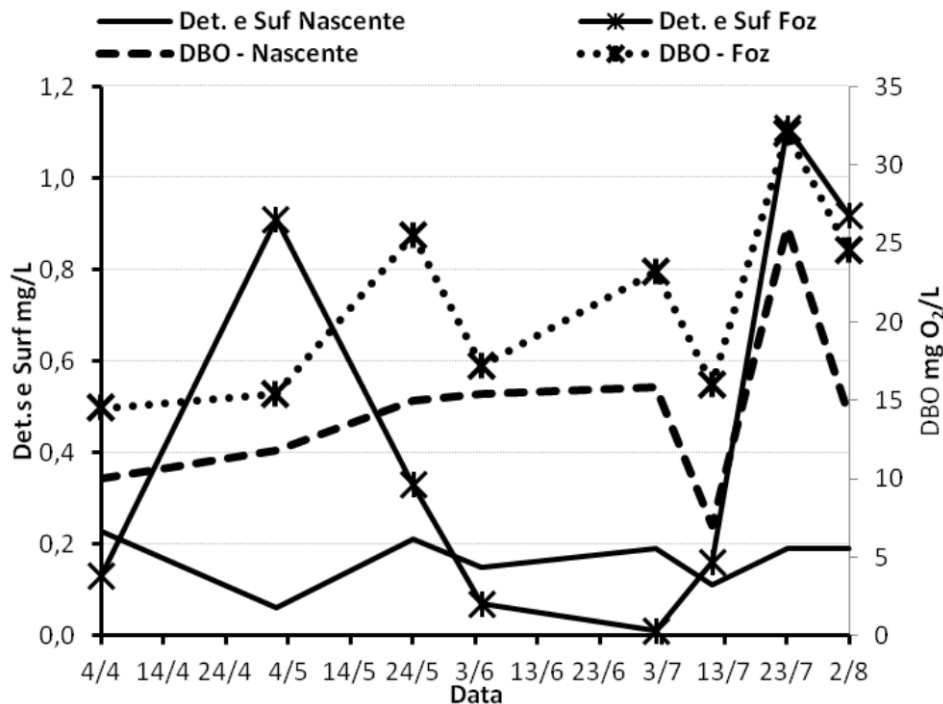


Figura 5 – Detergentes e surfactantes e demanda bioquímica da água na nascente e na foz do rio Carahá. Lages, SC, 2012

variação de pH ao longo dos rios revela uma ótima capacidade de tamponamento pelo ecossistema. Nesse sentido, observa-se positivamente que os valores de pH determinados nos pontos de coleta variam de uma faixa ligeiramente ácida, devido principalmente à decomposição da matéria orgânica, até uma faixa levemente alcalina. Esse fato pode estar relacionado à precipitação pluvial (Figura 2), que acarreta uma maior diluição dos compostos dissolvidos. Essas afirmações também concordam com os achados de outros autores (MARCHESAN *et al.*, 2009; CARVALHO; SIQUEIRA, 2011).

A Resolução 357/05 do CONAMA estabelece o valor máximo de Turbidez de 100 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) e valor máximo de cor verdadeira de 75mg Pt/L para os corpos d'água classe 2. Os resultados obtidos para Turbidez estão em conformidade com a legislação, mas os resultados para cor da água na foz não estão de

acordo com a mesma (Figura 3), indicando poluição. O processo de erosão das margens dos rios em épocas de alto índice de chuvas resulta no aumento de Turbidez (Figura 3) como resultado da maior concentração de Sólidos Totais (Figura 4), variando de acordo com os índices pluviométricos (Figura 2). Os valores de Turbidez foram mais elevados nas coletas em períodos de chuva, como também observaram Bottin *et al.* (2007).

Para OD, a resolução CONAMA 357/05 estabelece a concentração mínima de 5 mg O₂.L⁻¹ para rios classe 2 e de 4 mg O₂.L⁻¹ para rios classe 3. O Rio Carahá apresentou uma oxigenação pequena principalmente na sua foz (Figura 4), com destaque para as coletas 3, 5 e 7, nas quais a quantidade de oxigênio dissolvido foi inferior a 4 mg O₂.L⁻¹. Isso pode ter ocorrido devido a grandes lançamentos de efluentes de esgotos domésticos no rio. Bottin *et al.* (2007) lembram que no processo

de estabilização da matéria orgânica oriunda dos efluentes, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, ocasionando redução nos níveis de oxigênio dissolvido. Nas amostras coletadas, os índices de OD estiveram abaixo de 2mg L⁻¹, ou seja, insuficientes para a manutenção da vida aquática (EPA, 2007).

Foram também encontrados níveis de surfactantes acima dos valores preconizados tanto nas amostras coletadas na nascente quanto na foz, estas últimas em níveis muito além do aceitável, chegando a valores acima de 1,0 mg/L (Figura 5). Os surfactantes (ROCHA; PEREIRA; PADUA, 1985) conferem gosto atípico à carne de peixes, produzem espumas que podem albergar bactérias e fungos patogênicos, além de metais pesados. Embora física e quimicamente apresentem muitas diferenças entre si, possuem a propriedade comum de baixar a tensão superficial dos líquidos,

podendo causar eutrofização e apresentar toxicidade variável. Rocha, Pereira e Padua (1985) ainda ressaltam que concentrações superiores a 0,1 mg/L de surfactantes podem interferir no desenvolvimento de estágios juvenis de alguns invertebrados e propiciar efeitos sinérgicos, aumentando a incorporação de outros poluentes.

O teste de DBO (Figura 5) mede o consumo de oxigênio para oxidar compostos orgânicos biodegradáveis. Apenas uma coleta na nascente (11/07) não apresentou valor acima do que estabelece a resolução do CONAMA 357/05: máximo de 10 mg O₂.L⁻¹ para DBO em rios classe 3. Vale lembrar que valores maiores de DBO em um corpo d'água costumam ser produzidos por despejos de origem orgânica (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Os valores de Coliformes Totais (CT) variaram de 6.131 a mais de 2,4x10⁵ NMP/100 na nascente e de 48.840 a mais de 2,4x10⁵ NMP/100 na foz. Os valores de Coliformes Termotolerantes (CTT) foram superiores ao estabelecido para águas doces para uso de recreação de "contato secundário" – classe 3, limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100mL⁴⁵, em todas as coletas da Foz (5.210 a >2,0x10⁵ NMP/100mL) e na 1ª (6.488 NMP/100mL), 4ª e 6ª (>2,0x10⁵ NMP/100mL, em ambas) coletas da nascente, levando à classificação dessas águas como classe 4 desde a nascente, permitindo seu uso somente para a navegação e harmonia paisagística, segundo a resolução do CONAMA 357/05. As altas concentrações de CT e CTT obtidas nos dois pontos de coleta indicam que os dois locais sofrem influência do lançamento de esgoto não tratado.

CONCLUSÕES

Foi possível perceber que os moradores têm consciência da poluição das águas na região da nascente do Rio Carahá, embora

pareça haver falta de informação sobre as consequências do contato com o rio poluído e certa aceitação (até mesmo conformista) em relação a essa situação. É importante destacar que a comunidade está localizada no entorno da nascente, a parte mais "limpa" do rio. Observamos certa contradição quando os moradores dizem que consideram a importância do rio para levar/carregar o esgoto de suas residências e, ao mesmo tempo, afirmam que o rio é "importante para a vida". Pode-se inferir que esse paradoxo ocorre porque a água que leva o esgoto desses moradores não é diretamente usada para seu consumo, já que a água para esse fim vem tratada de outro local pela Secretaria Municipal de Águas e Saneamento (SEMASA) (LAGES, 2014). Além disso, foi pontuada a necessidade da ação do poder público para melhorar a situação. Em nenhum momento foi citado pelos moradores algum conhecimento sobre a presença de reservas subterrâneas na região como recurso a ser utilizado no futuro, ou sobre o local ser possível área de recarga do Aquífero Guarani. Atividades de conscientização sobre essas reservas, e sua importância para os moradores da região, pode ser desenvolvidas para que a comunidade local tome conhecimento dessa situação. É certo que a conscientização do poder público local sobre a necessidade de preservação dos recursos hídricos dessa região também deve ser despertada para viabilizar ações concretas no local.

Os dados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas evidenciaram desconformidade com a Resolução do CONAMA 357/05 para rios classe 2 e 3, podendo o Rio Carahá, nos dois pontos de coleta, ser classificado como classe 4. Na nascente, os parâmetros de DBO, CTT e termotolerantes foram os que apresentaram maiores alterações. Já em relação à foz, todas as análises,

com exceção da temperatura e do pH, possuem alterações significativas, indicando alto grau de poluição, o que evidencia a influência do processo de urbanização na contaminação das águas, já que a foz localiza-se após a passagem do rio pela cidade. Esses dados corroboram a percepção dos moradores sobre a qualidade atual da água, considerada "não limpa". Assim, o uso lúdico da água pelas crianças para banhos e a "criação de peixes", não deveriam estar ocorrendo no local, que, segundo essa Resolução, deveriam ocorrer apenas em rios com classificação 2.

Podemos pensar que diante da expansão espacial das cidades, as construções são privilegiadas em detrimento da dimensão geográfica "natural". O entorno muda e as percepções dos sujeitos também. Com as nascentes ameaçadas, seria importante que o homem percebesse como a qualidade do meio influencia a qualidade de vida e avaliasse como suas ações vêm afetando o ambiente e sua saúde.

A necessidade de ações governamentais tem sido sinalizada por diversos órgãos para que seja garantido o acesso à água de boa qualidade para as gerações atuais e futuras (CNUMAD, 1992; OPS, 2007). Além das consequências imediatas da poluição para a saúde das pessoas, é preciso pensar na importância das águas superficiais no processo de contaminação de reservas subterrâneas como o Aquífero Guarani. Há necessidade de trabalhos complementares, como, por exemplo, a análise física, química, bacteriológica e de resíduos tóxicos, para conhecer a dimensão da poluição e contaminação dessas águas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. *et al.* Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Rev. Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102003000400017&script=sci_arttext. Acesso em: 15 outubro 2012.

APHA (American Public Health Association). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Centennial, 2005. 21a edição.

BARCELLOS, C. M. *et al.* Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n9/21.pdf>. Acesso em: 14 novembro 2011.

BOTTIN, J. *et al.* Avaliação limnológica da microbacia do lajeado Passo dos Índios. **Biológico**, v. 69, n. 1, p. 31-39, 2007.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 10 agosto 2014.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 14 novembro 2011.

CANDIDO BAY, A. M.; SILVA, V. P. Percepção ambiental de moradores do bairro de liberdade de Parnamirim/RN sobre a implantação do esgotamento sanitário. **Holos**, v. 27, n.3, p. 97-112, 2011. Disponível em: www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/381/454. Acesso em: 03 outubro 2012.

CARVALHO, G. L.; SIQUEIRA, E. Q. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do

município de Goiânia-Goiás. **Rev. Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 2, p. 19-33, 2011.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 02 fevereiro 2013.

CISNEROS, B. J.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Diagnóstico del agua em las Americas**. México: IANAS/Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2012. Disponível em: http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americanas.pdf. Acesso em: 10 fevereiro 2013.

CNUMAD (Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Agenda 21**. Curitiba: IPARDES, 1992.

CORREIO LAGEANO. **Manual Ecológico**. Lages: Correio Lageano, 2002.

CZERESNIA, D. **Do contágio à transmissão**: ciência e cultura na gênese do conhecimento epidemiológico. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

DIEGUES, A. C. **Aspectos sócio-culturais e políticos do uso da água**. São Paulo: NUPAUB/USP, 2005. Disponível em: <http://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/agua.pdf>. Acesso em: 14 novembro 2011.

EPA (Environment Protection Authority). **Guidelines**: regulatory monitoring and testing water and wastewater sampling. EPA: Local, 2007.

FAITA, S. Enchente 2011: lageanos esperam que ela não volte. **Correio**

Lageano. Lages, 12 set. 2011. Disponível em: www.clnmais.com.br/entreterimento/25298/. Acesso em: 14 novembro 2011.

FERNANDES, R. S. *et al.* Percepção ambiental dos alunos da Faculdade Brasileira, Univix, Vitória, ES. 2002. Disponível em: <http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&tipo=temas&cd=80>. Acesso em: 14 novembro 2011.

FERREIRA, Carolina Peixoto. **Percepção Ambiental na Estação Ecológica de Juréia-Itatins**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. São Paulo. 2005.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na Ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade da água**. 2009. Dissertação – UFSC, Florianópolis, 2009.

GARRIDO, R. J. S. Água, uma preocupação mundial. **R. CEJ**, v. 4, n. 12, p. 08-12, 2000. Disponível em: <http://www2.cjf.jus.br/ojs2/index.php/revcej/article/viewArticle/351>. Acesso em: 11 novembro 2011.

GERHARDINGER, L. C. *et al.* Conhecimento ecológico local de pescadores da Baía Babitonga, Santa Catarina, Brasil: peixes da família Serranidae e alterações no ambiente marinho. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 28, n.3, p. 253-261, 2006. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/226>. Acesso em: 10 julho 2012.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Record, 2011.

GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: processos

que imitam a natureza. In: GIORDAN, M.; JARDIM, W. F. (Eds.). **Cadernos temáticos química nova na escola**. SBQ, 2001. n. 1, p. 19-30.

HADDAD, E. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco**. 2007. Dissertação – UFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-7LBML5>. Acesso em: 11 novembro 2011.

LAGES, Prefeitura. Secretaria Municipal de Águas e Saneamento – SEMASA. Lages, 2014. Disponível em: <http://www.lages.sc.gov.br/novo/setcretarias/9/Secretaria_Municipal_de_Aguas_e_Saneamento_%E2%80%933_SEMASA>. Acesso em: 12 agosto 2014.

MACEDO, Renato Luiz Grisi; MACEDO, Sâmara Borges; VENTURIN, Nelson; ANDRETTA, Vanessa; AZEVEDO, Felipe Carisio Scalia. **Pesquisas de percepção ambiental para o entendimento e direcionamento da conduta ecoturística em unidades de conservação**. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Ciências Florestais. 2007. Disponível em: <<http://www.physis.org.br/ecouc/Artigos/Artigo50.pdf>> Acesso em Nov/2011. Acesso em outubro 2012.

MARCHESAN, E. *et al.* Qualidade de água dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2050-2056, 2009.

MARTINS, F. S. V.; PEDRO, L. G. F.; CASTIÑEIRAS, T. M. P. P. **Doenças transmitidas por água e alimentos**. Centro de Informação em Saúde para Viajantes (CIVES), 2008. Disponível em: <http://www.cives.ufrj.br/informacao>

/viagem/protecao/dta-iv.html. Acesso em: 10 outubro 2012.

MARTINS, L. H. B. **Avaliação do impacto ambiental causado pelo efluente da indústria de polpa de celulose e papel, in situ, utilizando o bioindicador *oreochromis niloticus* (tilápia)**. 2004. Dissertação – UFSC, Florianópolis, 2004.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Avaliação do risco por resíduos perigosos no condomínio de Barão Mauá, município de Mauá/SP (Resumo Executivo), 2007. Disponível em: ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/DOMA/resumo_executmaua.pdf. Acesso em: 10 outubro 2012.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Águas subterrâneas**. Brasília: SIH, 2002. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/A_BAAAAYFAAD/aguas-subterraneas-ana. Acesso em: 14 novembro 2011.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: 18 de março, 2005.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf. Acesso em: 14 novembro 2011.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Água: manual de uso: vamos cuidar de nossas águas:**

implementando o plano nacional de recursos hídricos. Brasília: MMA, 2009.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Resolução nº 724, de 3 de outubro de 2011. Estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). **Diário Oficial da União**: 19 de outubro, 2011. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/setcretarias/upload/Legislacao/Portarias/2011/concurso/autorizacao/111019_port_442.pdf. Acesso em: 14 novembro 2011.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>. Acesso em: 10 fevereiro 2013.

MPSC (Ministério Público de Santa Catarina). **Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água**. Florianópolis: MPSC, 2009. Disponível em: http://portal.mp.sc.gov.br/portal/contenuto/cao/cme/atividades/agua_limpa/manual_coleta_%C3%A1gua.pdf Acesso em: 22 agosto 2013.

NACIONES UNIDAS. **Resolución 65/154 de 20 de diciembre de 2010, 69ª sesión plenária: año internacional de la cooperación en la esfera del agua**, 2013. Naciones Unidas, 2011. Disponível em: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N10/521/81/PDF/N1052181.pdf?OpenElement>. Acesso em: 02 fevereiro 2013.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). **Salud en las Américas**. Washington: OPS, 2007. v. I, cap. 3, p. 220-313.

PAIVA, A. B. **Avaliação do risco ambiental utilizando parâmetros físico-químicos e biológicos do Rio Canoas/SC**. Dissertação – UFSC, Florianópolis, 2004.

PORTO-GONÇALVES, C. W. A geopolítica da água e a crise do conhecimento. In: TREVISOL, J. V.; SCHEIBE, L. F. (Org.). **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade**. Joaçaba: UNOESC, 2011. p. 17-54.

ROCHA, A. A.; PEREIRA, D. N.; PADUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo. **Rev. Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 401-410, 1985.

RODRIGUES, M.L.; MALHEIROS, T.F.; FERNANDES, V.; DARÓS, T.D. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Saúde e Sociedade**, v.21, supl.3, p.96-110. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v21s3/09.pdf>. Acesso em 10 março 2013.

SCHALL, V. T. *et al.* Educação em saúde para alunos de primeiro grau: avaliação de material para ensino e profilaxia da esquistossomose. **Rev. Saúde Pública**, v. 21, n. 5, p. 387-404, 1987. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101987000500005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 outubro 2012.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. O sistema Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos da Bacia do Rio do Peixe. In: TREVISOL, J. V.; SCHEIBE, L. F. (Org.). **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade**. Joaçaba: UNOESC, 2011. p. 55-82.

SILVA, R. L. B. *et al.* Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública

no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 18, n. 6, p. 1599-1607, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2002000600014&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 12 outubro 2012.

SILVANO, J. **Avaliação de metais na água, no sedimento e nos peixes da Lagoa Azul, formada por lavra de mineração de carvão a céu aberto, Siderópolis, SC**. 2003. Dissertação – UFRGS, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://www.repositorioceme.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2115/000364335.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 outubro 2012.

SILVESTRE, M. E. D. Código de 1934: água para o Brasil industrial. **Revista Geo-Paisagem**, v. 7, n. 13, 2008. Disponível em: <http://www.feth.ggf.br/%C3%81gua.htm>. Acesso em: 14 novembro 2011.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). **Acta Amaz.**, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). Projeto FUNPESQUISA 2003. Disponível em: http://www.aquiferoguarani.ufsc.br/projeto_ufsc.html. Acesso em: 18 outubro 2011.

Recebido em: dez/2013
Aprovado em: jun/2014

Avaliação dos aspectos construtivos e vulnerabilidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios municipais de Curitiba (Paraná)

Constructive aspects and vulnerability of groundwater in municipal cemeteries areas in Curitiba (Paraná)

RESUMO

O presente estudo avaliou aspectos construtivos dos quatro cemitérios municipais de Curitiba (Cemitérios São Francisco de Paula, Água Verde, Boqueirão e Santa Cândida), bem como a vulnerabilidade dos aquíferos presentes nestes locais. A verificação utilizou informações dos Planos de Controle Ambiental e de visitas técnicas. A vulnerabilidade do aquífero foi analisada seguindo o método *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata* e *Depth to groundwater table* (GOD). Entre os quatro cemitérios (32.132 jazigos), 18.014 jazigos apresentaram danos aparentes, principalmente os com acabamento convencional argamassado e sem pintura. O cemitério do Boqueirão apresentou mais danos por jazigo. O cemitério Santa Cândida ocupa a área de maior vulnerabilidade e correspondeu à maior incidência de basculamento. Ações preventivas e corretivas que garantam a estanqueidade dos jazigos, por meio de boas práticas de engenharia, bem como a fiscalização de situações críticas devem ser fortalecidas na gestão de áreas cemiteriais, para a minimização de problemas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: cemitérios, contaminação, águas subterrâneas, Curitiba

ABSTRACT

The herein study evaluated the constructive aspects of the four municipal cemeteries in Curitiba (Cemetery São Francisco de Paula, Água Verde, Boqueirão and Santa Cândida), as well as the vulnerability of aquifers in these locations. Information from the Environmental Control Plans and from technical visits were used for verification. The aquifer vulnerability was analyzed according to the *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata* and *Depth to groundwater table* (GOD) method. Among the four cemeteries (32,132 graves), 18,014 graves showed apparent damage, especially with conventional mortar and unpainted walls. The cemetery Boqueirão showed more damage index per grave. The cemetery Santa Candida is in the highest vulnerability area and corresponded to the highest incidence of tipping. Preventive and corrective actions to ensure the impermeability of graves, through good engineering practices, and the monitoring of critical situations should be strengthened in the cemeterial management to minimize environmental problems.

KEYWORDS: *cemeteries, contaminated groundwater, Curitiba*

Cristiane Maria Born

Mestre em Gestão Ambiental pela Universidade Positivo, UP Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba Curitiba, PR, Brasil
cborn@smma.curitiba.pr.gov.br

Cíntia Mara Ribas de Oliveira

Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo, UP Curitiba, PR, Brasil
cmara@up.com.br

Selma Aparecida Cubas

Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e do curso de Engenharia Civil da Universidade Positivo, UP Curitiba, PR, Brasil
selmacubas@up.com.br

INTRODUÇÃO

A propagação de epidemias no final do século XVIII motivou ações político-sanitárias pelo mundo, uma vez que a decomposição natural dos corpos e os locais de sepultamentos associavam-se à contaminação da água e do ar. A individualização dos sepultamentos, em locais organizados e identificados nas periferias das cidades, surgiu na Europa, no final do século XVIII, concomitantemente à releitura do espaço urbano das cidades e à proibição de sepultamentos no interior das igrejas (FOUCALT, 2001). No Brasil, somente em 1828, foi regulamentada a legislação que proibia qualquer tipo de sepultamento em áreas urbanas e responsabilizava os municípios pelas questões sanitárias (DUARTE, 2009).

Desde então, estudos a respeito da decomposição de corpos humanos estão sendo aprofundados. Destaca-se, durante o processo de decomposição, a fase coliquativa por nela ocorrerem reações desencadeadas pela ação de enzimas microbianas, resultando na destruição dos tecidos, na produção de gases, líquidos e sais (CAMPOS, 2007). A ação conjunta de bactérias e da fauna necrófaga resulta, assim, na formação do líquido coliquativo, denominado necrochorume. Trata-se de uma solução de cor castanho-acinzentada, com densidade média de $1,23 \text{ g.cm}^{-3}$, pH entre 5 e 9, odor forte, grau variado de toxicidade e patogenicidade, constituído de 60% de água, 30% de sais minerais dissolvidos e 10% de substâncias complexas biodegradáveis (putrescina e cadaverina) (SILVA, 1998; MATOS, 2001; CAMPOS, 2007). Esta fase pode durar de seis a oito meses, e cada corpo liberar, de maneira intermitente, em torno de 30 a 40 L de necrochorume, com grande tendência de polimerização (SILVA, 1998), processo que pode ocorrer, segundo Pacheco e Batello (2000), de dois a oito anos, em razão

de variáveis geoambientais e de óbito.

Outro fator ambiental que influencia na decomposição dos corpos é a umidade, pois pode favorecer a saponificação ou a mumificação. A saponificação é um fenômeno que ocorre pelo excesso de umidade, enquanto a mumificação, em locais de baixíssima umidade. Outros fatores, que também podem contribuir para a inibição do fenômeno da decomposição natural e facilitar a mumificação, são hemorragia aguda, ingestão de arsênico e antimônio e embalsamamento (PACHECO & BATELLO, 2000); SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2008).

Aspectos de engenharia como porosidade e falhas de fechamento das paredes e lajes dos túmulos devem ser observados na construção ou operação dos cemitérios, pois podem favorecer o carreamento de necrochorume para águas superficiais e subterrâneas, além de permitir a liberação de odor desagradável, a partir do gás sulfídrico (H_2S) e mercaptanas provenientes da degradação (PACHECO & BATELLO, 2000). Sendo assim, a avaliação da situação dos jazigos possui um caráter relevante para as questões ambientais, pois pode contribuir na identificação da correlação com a vulnerabilidade das águas subterrâneas.

Cabe destacar, ainda, que as características das construções tumulares são variadas e retratam diferenças culturais, econômicas e sociais, ao evidenciarem as fases da história da arquitetura e da religiosidade, como pode ser observado em cemitérios com mais de cem anos de existência. Independente do tipo de construção, a execução de instalações civis comuns, sujeitas, como qualquer outra edificação, a ações das intempéries e ao desgaste natural das estruturas, pode facilitar problemas decorrentes de infiltração de água da chuva e do necrochorume à água subterrânea e ao solo.

Migliorini (1994), Migliorini *et al.* (2007) e Campos (2007) enfatizam que estudos geológicos e hidrogeológicos são necessários, por serem instrumentos de avaliação do risco de contaminação a partir de cemitérios. A suscetibilidade e a vulnerabilidade do aquífero a contaminações dá-se pelo seu posicionamento espacial no meio físico, que pode facilitar o acesso a vetores químicos e microbiológicos (ROMANÓ, 2004), a partir do carreamento e lixiviação de águas superficiais infiltradas (CAMPOS, 2007). A complexidade da composição do solo pode desencadear intensas reações bioquímicas e os contaminantes podem mudar enquanto percolam o solo em suas diferentes zonas (saturada e não saturada) até atingir o aquífero freático (ENVIRONMENT AGENCY, 2004). Em suma, em áreas cemiteriais, a possibilidade de contato entre solo, água e subprodutos da decomposição dos corpos representa riscos de poluição ao ambiente.

Ao longo do tempo, os cemitérios têm adotado outras concepções de implantação e, neste contexto, a Resolução CONAMA 335/03 e suas alterações (Resolução CONAMA nº 368/06 e Resolução CONAMA nº 402/08), bem como instrumentos legais nas esferas estadual e municipal definem parâmetros para a atividade, que incluem critérios técnicos para a instalação de novos cemitérios e para ampliação e operação dos existentes.

Em Curitiba (PR), o Decreto Municipal nº 1080/2011 (CURITIBA, 2011b), em consonância à Resolução CONAMA 335/03, classifica os cemitérios em três tipos: tradicional, tipo parque e vertical. Cemitérios tradicionais são definidos como horizontais, com jazigos sobre o solo, no subsolo ou mistos; tipo parque são aqueles cujas sepulturas ficam no subsolo recobertas por jardins; e os do tipo vertical concebidos em uma edificação

térrea ou não, com espaço para lóculos (CURITIBA, 2011b).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos construtivos dos jazigos dos cemitérios municipais de Curitiba e a vulnerabilidade do aquífero, buscando estabelecer uma possível correlação entre a influência da manutenção e a contaminação das águas subterrâneas.

METODOLOGIA

Seleção das Áreas de Estudo

Para a realização deste trabalho, foram selecionados os cemitérios municipais de Curitiba, que representam quatro entre as 22 áreas de cemitérios existentes na cidade. Para caracterização das áreas, foi feito um levantamento dos dados, por meio de pesquisa documental a laudos técnicos e analíticos, Planos de Controle Ambiental (PCA's) e outros documentos disponíveis em órgão públicos municipais e estaduais, como Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (SMMA), Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e Instituto da Águas (atual Águas Paraná), além de artigos científicos, legislação existente e fotografias de diferentes fontes de divulgação.

Vistoria Local

As visitas técnicas nos quatro cemitérios municipais ocorreram em 2007 e 2008, com o acompanhamento e fiscalização dos procedimentos adotados pelas equipes do laboratório contratado para realização das coletas de amostras de águas subterrâneas dos poços de monitoramento.

Nas visitas, as estruturas físicas existentes nas áreas foram verificadas, em relação ao tipo de pavimentação interna, aos sinais de

inoperância da rede de microdrenagem, às características operacionais dos poços de monitoramento, ao acondicionamento de resíduos sólidos e às condições externas dos jazigos. As informações coletadas permitiram analisar possíveis relações dos impactos ambientais a que as áreas estão sujeitas quanto aos aspectos construtivos e operacionais de cada cemitério. Todas as informações obtidas foram relatadas nos Planos de Controle Ambiental de cada cemitério, permitindo integrar estes dados à presente pesquisa.

Avaliação da Situação dos Jazigos

Quanto à situação dos jazigos, foram obtidas informações, em campo e a partir de relatórios técnicos, relativas: ao tipo de jazigos existentes (aéreo, enterrado ou misto); aos aspectos construtivos dos jazigos, como tipo e condições do revestimento, danos na estrutura dos jazigos, como a existência de rachaduras, posição das tampas, sinais de basculamento; à presença de vegetação junto à base; ao odor aparente e à ocorrência de vazamentos de líquido coliquativo.

Para fins de denominação, os acabamentos definidos como convencionais são aqueles que receberam aplicação de revestimento em argamassa. A identificação de "tampa entreaberta" refere-se a um deslocamento parcial da tampa do jazigo, quando da verificação.

No Cemitério Municipal Água Verde, os levantamentos de campo dos jazigos, realizados durante a elaboração dos PCA's, foram georreferenciados, possibilitando a construção de mapa por tipos de danos encontrados, o que permitiu integrar estes dados à presente pesquisa.

Em todas as áreas, foram verificados dados quanto ao número de jazigos e número de danos

encontrados em cada jazigo, para indicar numericamente os danos simultâneos ocorridos em cada um, com o objetivo de avaliar possíveis alterações ambientais atreladas à situação dos danos nos jazigos.

Avaliação das Campanhas de Monitoramento das Águas Subterrâneas

As campanhas de monitoramento das águas subterrâneas ocorreram em 2004, 2007 e 2009 nos quatro cemitérios municipais. No presente trabalho, foram, entretanto, avaliados os dados de qualidade dos poços de monitoramento somente para o Cemitério Municipal Água Verde, para os anos de 2007 e 2009 (mesmo período da avaliação dos jazigos), uma vez que todos os jazigos encontravam-se georreferenciados, permitindo uma correlação dos resultados nas várias etapas. Assim, a análise dos resultados laboratoriais obtidos nas campanhas de monitoramento das águas subterrâneas permitiu verificar a possível influência da atividade sobre a qualidade das águas subterrâneas. No ano de 2007, foram realizadas três campanhas amostrais (25/01, 01/05 e 13/09/2007) e em 2009, foi realizada apenas uma (16/07/2009).

Os parâmetros monitorados foram determinados em função da Resolução SEMA nº 19/2004 (PARANÁ, 2004), sendo: alcalinidade, dureza total, dureza (cálcio e magnésio), pH, condutividade, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, cloreto, amônia e nitrato. Não se utilizou a Resolução SEMA nº 02/2009 para interpretação dos dados, por esta apresentar menos parâmetros e para se estabelecer um critério único de monitoramento para os anos amostrados.

Os métodos analíticos utilizados seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods for the*

Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998), exceto para os parâmetros clostrídios sulfito redutores e *Salmonella* sp., cujos métodos aplicados foram, respectivamente, tubos múltiplos, de acordo com CETESB (1993) e para *Salmonella* em 25 g ou 25 mL de acordo com ITAL (1995). A determinação de coliformes termotolerantes foi realizada, a partir da caracterização das colônias isoladas em ágar eosina azul de metileno (EMB), por meio de provas bioquímicas específicas.

Os valores máximos permitidos (VMP) dos padrões de qualidade da água foram comparados aos estabelecidos pela Portaria MS 518/2004 (legislação vigente à época da pesquisa), Resoluções CONAMA n° 396/2008 e 357/2005. Para parâmetros que não apresentavam um padrão de comparação definido, foi adotado como referência a ausência de padrão.

Avaliação das Condições de Vulnerabilidade dos Aquíferos

A avaliação das condições de vulnerabilidade constituiu-se em pesquisa documental nos Planos de Controle Ambiental - PCA de cada cemitério, onde abordou-se as condições de vulnerabilidade dos aquíferos para o ano de 2008 (2007 para o Cemitério Municipal do Boqueirão). Teve como base o método simplificado *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata e Depth to groundwater table* (GOD), fundamentado nos mecanismos de recarga e na capacidade natural dos materiais que compõem os estratos das zonas não saturadas em atenuar fluidos, em função das condições geológicas superficiais e das profundidades do nível de água subterrânea (FOSTER *et al.*, 2002).

O método considera numericamente o confinamento da água subterrânea, estratos

geológicos, zonas não saturadas ou camadas confinadas e profundidade do nível da água subterrânea. Indica o potencial de contaminação da água subterrânea, permitindo avaliar propostas de desenvolvimento e da política de proteção das águas subterrâneas, bem como embasar decisões de controle e monitoramento quanto à qualidade destas águas (FOSTER *et al.*, 2002).

O procedimento dividiu-se em três fases. A primeira fase de atribuição correspondeu à identificação do tipo e do grau de confinamento hidráulico da água subterrânea (G), apresentados num intervalo de 0 a 1, cuja pontuação varia para confinamento artesiano, confinado, semi-confinado, não confinado (coberto) e não confinado. A segunda fase consistiu na valoração da ocorrência e caracterização geológica da zona não saturada (O), compreendida numa escala variável de 0,4 a 1. Na terceira fase, foi feita a atribuição de valor com relação à distância ou à profundidade do nível de água em aquíferos não-confinados ou à profundidade do teto do primeiro aquífero confinado (D), valorando numa escala compreendida entre 0,6 e 1. Os dados permitiram classificar o aquífero quanto à vulnerabilidade natural à poluição, como extrema, alta, moderada, baixa a desprezível.

ÁREAS DE ESTUDO

Os quatro cemitérios municipais localizam-se no Município de Curitiba (PR) e denominam-se: São Francisco de Paula (SF), Água Verde (AV), do Boqueirão (BQ) e Santa Cândida (SF) (Figura 1).

Quanto à geologia, os cemitérios São Francisco de Paula, Água Verde, do Boqueirão e parte do Santa Cândida situam-se sobre a Formação Guabirotuba, cujo aquífero possui um armazenamento e fluxo de água associados à

porosidade natural das lentes de areias arcosenas, do tipo intergranular, em que a água subterrânea ocupa os interstícios entre os grãos. O aquífero apresenta vulnerabilidade média à baixa, por possuir uma cobertura argilosa, que permite a ação dos processos de depuração dos eventuais efluentes na superfície do solo (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). As águas do Aquífero Guabirotuba têm a composição tendendo a bicarbonatadas sódicas, com concentrações de sólidos dissolvidos totais entre 90 e 297 mg.L⁻¹, pH entre 6,7 a 8,1, não sendo raro encontrar teores de ferro total e manganês acima dos valores máximos permitidos para consumo humano, além da presença de sódio, cálcio, magnésio e potássio (MULLER, 2007). Segundo SANTOS *et al.* (2007), nas áreas onde ocorre a Formação Guabirotuba, existe a susceptibilidade dos solos à erosão, colapsos por compactação e instabilização em taludes.

As partes norte do Cemitério Municipal Santa Cândida e norte do São Francisco de Paula situam-se sobre o Embasamento Cristalino, cujo aquífero possui um armazenamento de água condicionado à existência de fraturas que afetam estas rochas e permitem a infiltração e percolação da água. Sendo assim considera-se que este aquífero apresenta baixa vulnerabilidade às contaminações, contudo se esta ocorrer poderá ser irremediável. A exploração de água deste aquífero pode ser realizada por meio de poços profundos, cujas entradas de água estão entre 60 e 150 m (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). As águas deste aquífero são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com teores de sólidos dissolvidos totais entre 100 e 150 mg.L⁻¹, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Predominam a presença dos cátions cálcio e magnésio (MULLER, 2007).

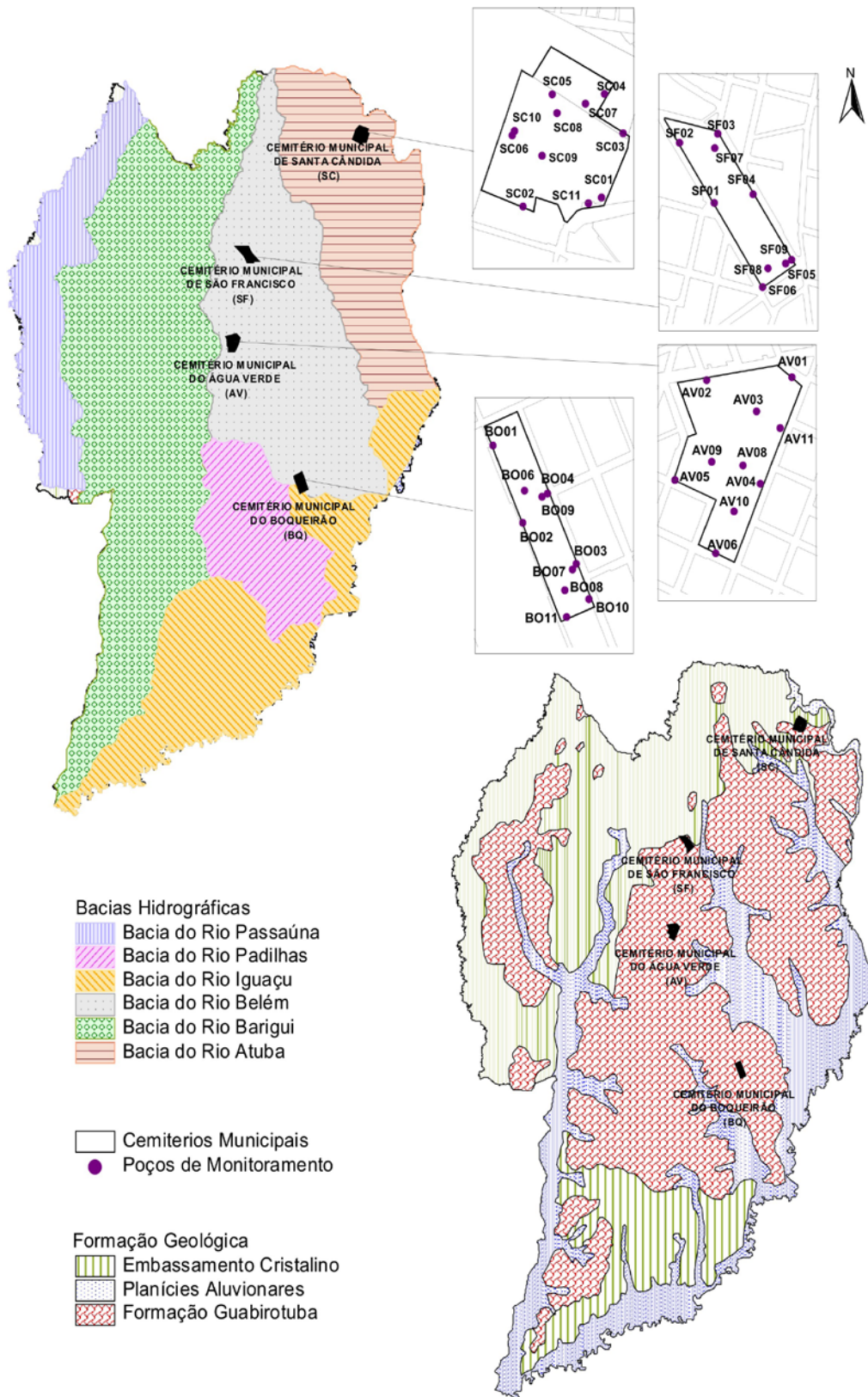


Figura 1 – Mapas do Município de Curitiba apresentando as bacias hidrográficas, unidades geológicas, bem como a localização dos Cemitérios Municipais e seus poços de monitoramento (CURITIBA, 2007; CURITIBA, 2008b, CURITIBA, 2008c; CURITIBA, 2008d)

A concepção das áreas de cemitérios municipais de Curitiba baseou-se nos pressupostos de construção do final do século XVIII e se mantém até o presente.

Independente do tipo de cemitério e do tipo de edificação que abrigue os jazigos, as gavetas que o compõe são prismáticas, com padronização das dimensões (0,80 m

de largura, 0,60 m de altura e 2,20 m de comprimento), em concreto armado pré-moldado e fechamentos laterais em alvenaria, para confinamento dos gases exalados e

do necrochorume até sua decomposição total.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula, o mais antigo, foi fundado em 1854, construído na parte alta da cidade, o que, na época, minimizava a preocupação sanitária da população pela proximidade com os mortos e com possíveis alagamentos que pudessem contaminar as águas (DUDEQUE, 2010). Mantém sua concepção original de cemitério horizontal e a mesma área (51.414 m²), mesmo tendo passado por obras de melhorias de infraestrutura ao longo destes anos. Em 2007, possuía 67.579 corpos sepultados em 5.741 túmulos (CURITIBA, 2008d).

Em 1888, foi inaugurado o Cemitério Água Verde, que passou a ser municipal somente em 1928 (OLIVEIRA, 2001 apud CURITIBA, 2008b). Há registros de ampliações em 1930, 1935 e 1997. É um cemitério horizontal com uma área construída de 97.827 m², e em 2007, possuía 90.758 sepultados em 12.049 túmulos (CURITIBA, 2008ba).

Em 1950 foi construído e inaugurado o cemitério do Boqueirão, de administração municipal somente a partir de 1954. É um cemitério horizontal e sofreu ampliações ao longo dos anos. Tem uma área construída de 45.214 m²; e em 2007, possuía 30.000 sepultados em 5.839 túmulos (CURITIBA, 2007).

Em 1957, foi inaugurado o cemitério Municipal de Santa Cândida para suprir a necessidade de novos locais para sepultamentos. Implantado em uma área de 132.299,75 m², contando com 8.503 túmulos em 2007 e 96.584 corpos sepultados (CURITIBA, 2008c).

Destaca-se que nos Cemitérios Municipais de Santa Cândida e do Boqueirão, exclusivamente, foram implantados gavetários, estruturas em concreto armado que abrigam gavetas aéreas geminadas com altura equivalente a quatro gavetas, para suprir a demanda por jazigos e aproveitar as áreas livres disponíveis. Estes

gavetários não foram objeto de avaliação neste trabalho.

Atualmente, as quatro áreas são administradas pelo poder público municipal, vinculado ao Departamento de Serviços Especiais da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba. O município concede à população, por meio de uma permissão de uso, o direito ao sepultamento em jazigos identificados e definidos, cuja construção e manutenção é de responsabilidade do permissionário. A administração pública atua na garantia de acessibilidade aos usuários, manutenção das áreas de acesso e circulação interna, segurança e monitoramento ambiental.

Em 1999, iniciou-se a implantação dos poços de monitoramento nos cemitérios municipais, bem como os estudos sobre a geologia dos locais e fluxos das águas subterrâneas. Em 2004, então, ocorreram as primeiras campanhas de monitoramento das águas subterrâneas, seguidas por coletas em 2007 e 2009. As áreas totalizam 40 poços de monitoramento, distribuídos da seguinte forma: 9 no São Francisco de Paula, 10 no Água Verde, 10 no Boqueirão e 11 no Santa Cândida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da Situação Geral

Os cemitérios municipais de Curitiba totalizam 32.132 jazigos, sendo 21.555 com gavetas aéreas, 10.441 com gavetas enterradas e 136 com gavetas mistas (aéreas e enterradas). As gavetas aéreas predominam nos Cemitérios Municipais São Francisco de Paula (5.055 jazigos), Água Verde (11.455) e Boqueirão (5.045), que juntos resultam em 67% do total de jazigos. As gavetas enterradas predominam no Cemitério Municipal Santa Cândida (8.503 jazigos), seguido pelo Boqueirão (691), São Francisco de Paula (662) e Água Verde (585).

Normalmente, os jazigos apresentam algum tipo de acabamento ou revestimento, que varia desde a argamassa à rocha ornamental. Nos cemitérios avaliados, são encontrados jazigos revestidos por rocha ornamental (granitos e mármore), azulejo, acabamento convencional (alvenaria com revestimento argamassado) e combinações, nas tampas e laterais, dos mesmos revestimentos já citados.

Destaca-se a aplicação de rocha ornamental em 2.334 jazigos do Cemitério Municipal São Francisco de Paula e em 8.710 jazigos do Cemitério Municipal Água Verde, que representam 40,65% e 72,28%, sendo estes os cemitérios mais antigos e tradicionais da cidade, construídos em bairros colonizados por alemães e italianos, respectivamente (FENIANOS, 1998). No Cemitério Municipal São Francisco de Paula, ainda podem ser encontrados 2.176 jazigos com revestimentos em azulejo, 1.216 com acabamento convencional e, no Cemitério Municipal Água Verde, outros 3.339 jazigos com acabamento convencional.

No Cemitério Municipal Boqueirão, 3.146 jazigos são revestidos com rocha ornamental (53,81%), cujo padrão pode ser um reflexo da época de sua implantação, tendo em vista a ocupação que predominava no bairro ser de imigrantes alemães (FENIANOS, 2000).

Já no Cemitério Municipal Santa Cândida, há um predomínio de jazigos revestidos em azulejo com laterais em acabamento convencional (4.681 jazigos), que representa 55,05% do total. Ainda podem ser encontrados 890 jazigos revestidos com rocha ornamental, 469 jazigos revestidos com azulejos, 1.981 jazigos revestidos com acabamento convencional e 482 com tampas revestidas em rocha ornamental e laterais revestidas com acabamento convencional.

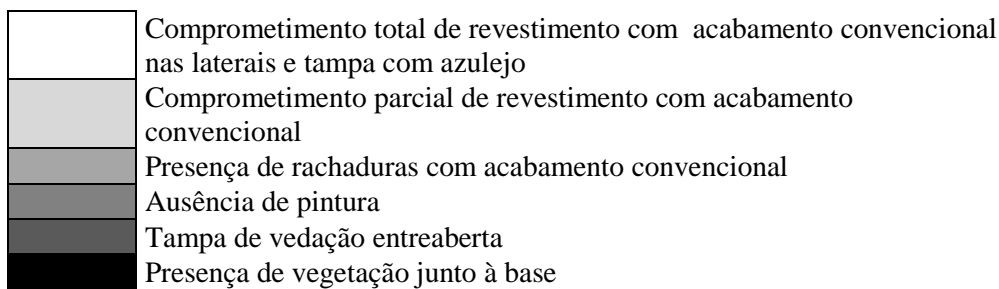
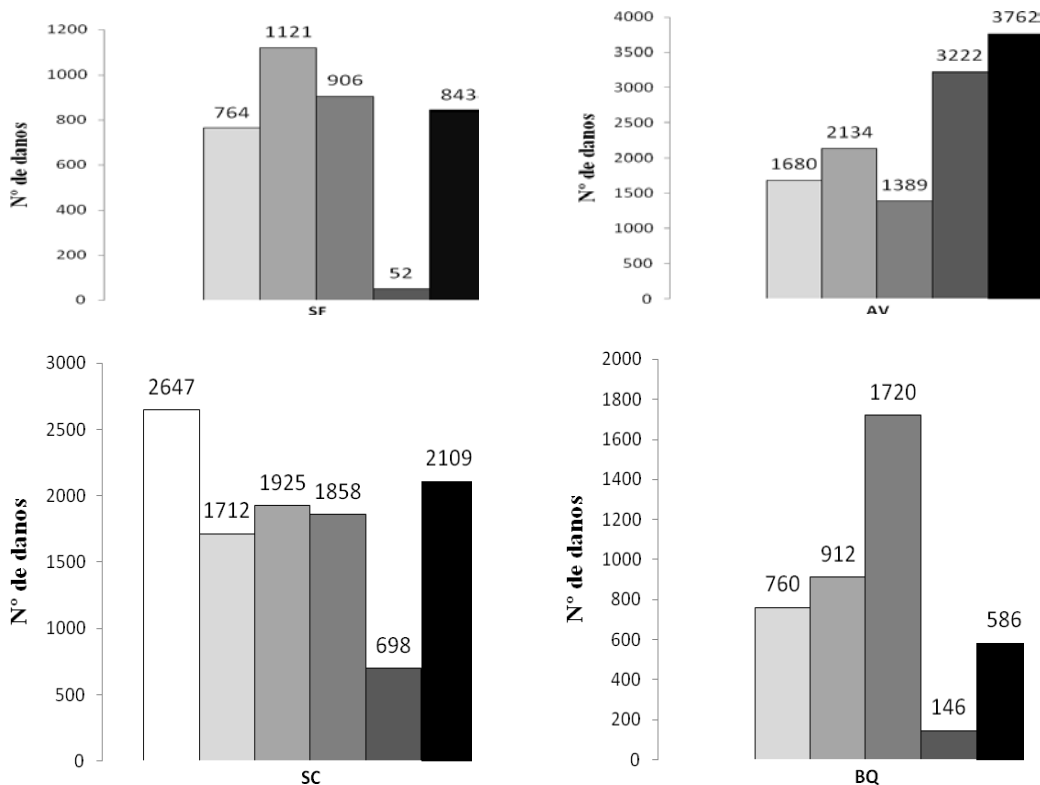


Figura 2 – Gráfico comparativo dos tipos de danos associados aos jazigos dos Cemitérios Municipais de Curitiba. SF = Cemitério Municipal São Francisco de Paula; AV = Cemitério Municipal Água Verde; BQ = Cemitério Municipal do Boqueirão; SC = Cemitério Municipal Santa Cândida (CURITIBA, 2007, 2008a, 2008b, 2008c).

Avaliação da Situação dos Danos dos Jazigos

Foram avaliados 32.132 jazigos presentes nas áreas de estudo e, deste total, 18.014 jazigos (56,06%) apresentam danos. Cabe destacar que em muitos jazigos há mais de um tipo de dano, o que resultou em número de danos superior ao número de jazigos. Dos 5.741 jazigos do Cemitério Municipal São Francisco de Paula, 2.258 (39,33%) apresentaram danos aparentes, tendo sido identificados 4.678 danos. Sendo assim, foram observados 2,07 danos simultâneos por jazigo, entre os quais se

destacam: revestimento parcialmente comprometido, ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional e a presença de vegetação junto à base, como pode ser visualizado na Figura 2.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula apresenta o menor número de danos por jazigo dentre as quatro áreas avaliadas. Esta condição pode estar associada à predominância de jazigos revestidos com rocha ornamental, que apresenta maior durabilidade do revestimento às ações das intempéries diárias e das variações de temperatura ao longo do ano. Segundo Frascá (s/d), este tipo de

material apresenta dilatação térmica linear de 10^{-3} mm/m.°C com capacidade de suportar variações de temperaturas em intervalo de 0°C e 50°C. O menor índice de danos por jazigo pode, ainda, estar associado a fatores como representatividade histórico-cultural do Cemitério em relação às personalidades de destaque da sociedade curitibana, ali sepultadas e visitadas constantemente pela sociedade em geral, além da proximidade com a sede administrativa deste serviço municipal.

No Cemitério Municipal Água Verde, em 8.877 jazigos, foram identificados 21.115 danos, o que lhe confere o segundo maior índice

de danos simultâneos por jazigo (2,38), mesmo com a predominância de jazigos construídos com acabamento em rocha ornamental. Os danos mais frequentes foram (Figura 2): ocorrência de tampa entre aberta (15,26%) e presença de vegetação junto à base (17,82%). Constatou-se que, neste cemitério, houve uma degradação do espaço pela não conservação e manutenção dos jazigos. Tais problemas podem estar ligados a fatores como falhas operacionais no controle da manutenção dada pelos permissionários aos jazigos, e/ou refletirem questões culturais acerca do distanciamento da sociedade atual em relação à morte e ao significado da preservação da memória de entes queridos. Também, os danos nas tampas dos jazigos podem estar relacionados a furtos de lápides, roubos de peças anatômicas, associados à ação de vandalismo recorrente, como apontado no plano de controle ambiental.

No Cemitério Municipal Santa Cândida, o único cemitério-parque municipal, com túmulos rentes ao solo e uma ampla área gramada, foram identificados 12.543 danos em 5.846 jazigos, o que representa um índice de danos simultâneos por jazigo de 2,15, próximo ao encontrado no Cemitério Municipal São Francisco de Paula. Contudo, na leitura visual do espaço, a própria tipologia do cemitério atenua a percepção dos danos por parte do visitante. Os danos mais comuns estão associados com o acabamento na tampa superior em azulejo e acabamento convencional nas laterais, sendo este o tipo de acabamento predominante na área. Também foram observadas rachaduras (15,34%), situações de revestimento parcialmente comprometido (13,64%) e ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional (14,81%), sugerindo uma possível ocorrência simultânea destes danos em razão

do acabamento com argamassa (Figura 2).

No Cemitério Municipal Boqueirão, dos 5.839 jazigos, 1.033 apresentaram danos, correspondendo 17,69% do total, e a um menor número de jazigos com danos entre as quatro áreas cimiteriais avaliadas. Quando avaliado, porém, o número de danos simultâneos por jazigo, esta situação é modificada, pois o local apresenta cerca de 3,86 danos simultâneos por jazigo, a maior relação encontrada, o que resulta em 3.984 danos. Os danos mais comuns foram a presença de rachaduras (22,89%), revestimento parcialmente comprometido (19,07%) e ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional (32,88%). Tais ocorrências implicam, ao longo do tempo, em uma degradação das paredes e, em casos de extremo abandono, descolamento e queda do revestimento (Figura 2).

Quanto à incidência de jazigos com vazamento de necrochorume e odor, o conjunto de dados para todas as áreas não atingiu 1,49% dos danos identificados em todos os cemitérios. É válido observar que vazamentos de necrochorume nas gavetas subterrâneas não foram objeto de análise, restringindo-se o levantamento a danos externos e visíveis.

Alterações como rachaduras, comprometimento no revestimento e deslocamento de tampas podem acarretar em acúmulos de águas pluviais no interior dos jazigos e, conseqüentemente, interferir no processo de decomposição dos corpos, resultando numa conservação dos corpos sepultados, dependendo do estágio de decomposição em que se encontram. Nestes casos, as águas pluviais podem, ainda, carrear o produto de coligação para fora dos jazigos, através das rachaduras, colaborando com o aumento da fragilidade ambiental destas áreas.

Outro dano comum a todas as áreas é o deslocamento de calçadas que afetem a base do jazigo, em função da presença de vegetação arbustiva ou arbórea, o que pode danificar as redes de drenagem de água pluvial, e, assim, contribuir para a fragilidade ambiental da área.

Apesar de ser um problema visível, cabe destacar que os dados dos Planos de Controle Ambiental consultados apontam para baixos índices de jazigos com basculamento, por um ou mais fatores associados, tais como sobrepeso da estrutura com fundação inadequada, capacidade de suporte extrapolada em função da sobrecarga e subdimensionamento de peças estruturais. O basculamento pode ser decorrente, ainda, de inadequações no padrão construtivo dos jazigos, em possíveis reformas, principalmente quando se mantêm, sob as novas estruturas, peças anatômicas dos sepultamentos antigos feitos diretamente no solo. Os planos registraram danos desta natureza somente nos Cemitérios Municipais São Francisco de Paula (0,49%) e Santa Cândida (1,20%), em decorrência das adaptações nas estruturas feitas ao longo dos anos, pois muitos jazigos alteraram sua aparência física, sobrelevando-se em dois ou três jazigos. Como consequência dos danos, pode ocorrer uma interferência na qualidade das águas subterrâneas, uma vez que as condições geológicas podem favorecer ou dificultar a dispersão de contaminantes.

Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas dos Poços de Monitoramento do Cemitério Municipal Água Verde

Os resultados de análise das águas subterrâneas no Cemitério Municipal Água Verde para os parâmetros pH, condutividade, turbidez, sólidos dissolvidos totais,

Tabela 1 – Resultados das Análises das Amostras de Água Subterrânea dos Poços de Monitoramento do Cemitério Municipal Água Verde (CURITIBA, 2008b, 2008e, 2009f)

| pH | | | | | | | | | CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) | | | | | | | |
|---|--------|---------|--------|---------|-------|---------|---------|--------|--|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| AV-01 | AV-02 | AV-03 | AV-04 | AV-05 | AV-06 | AV-08 | AV-09 | | AV-01 | AV-02 | AV-03 | AV-04 | AV-05 | AV-06 | AV-08 | AV-09 |
| 1 | 7,57 | 6,63 | 6,34 | 6,85 | 5,23 | 6,58 | 7,88 | 8,03 | 386,00 | 73,80 | 102,30 | 75,00 | 104,10 | 101,40 | 368,00 | 270,00 |
| 2 | 7,57 | 6,63 | 6,34 | 6,85 | 5,23 | 6,58 | 7,88 | 8,03 | 386,00 | 73,80 | 102,30 | 75,00 | 104,10 | 101,40 | 368,00 | 270,00 |
| 3 | 7,28 | 7,21 | 6,13 | 5,98 | 4,89 | 6,35 | 7,84 | 7,76 | 368,00 | 38,00 | 219,00 | 68,00 | 84,00 | 91,40 | 352,00 | 301,00 |
| 4 | 7,28 | 7,21 | 6,13 | 5,98 | 4,89 | 6,35 | 7,84 | 7,76 | 368,00 | 38,00 | 219,00 | 68,00 | 84,00 | 91,40 | 352,00 | 301,00 |
| 5 | 7,57 | 7,48 | 6,37 | 7,50 | 4,82 | 7,29 | 7,85 | 7,80 | 400,40 | 407,00 | 140,70 | 395,10 | 104,60 | 210,00 | 303,50 | 239,00 |
| TURBIDEZ (UT) | | | | | | | | | SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | |
| 1 | 450,00 | 12,00 | 56,00 | 16,00 | 3,00 | 47,00 | 1,20 | 2,50 | 251,00 | 48,00 | 66,00 | 49,00 | 68,00 | 66,00 | 239,00 | 176,00 |
| 2 | 450,00 | 12,00 | 56,00 | 16,00 | 3,00 | 47,00 | 1,20 | 2,50 | 251,00 | 48,00 | 66,00 | 49,00 | 68,00 | 66,00 | 239,00 | 176,00 |
| 3 | 6,00 | 2,00 | 7,00 | 60,00 | <1,00 | 5,00 | 3,00 | 13,00 | 239,00 | 247,00 | 142,00 | 44,00 | 55,00 | 59,00 | 229,00 | 196,00 |
| 4 | 6,00 | 2,00 | 7,00 | 60,00 | <1,00 | 5,00 | 3,00 | 13,00 | 239,00 | 247,00 | 142,00 | 44,00 | 55,00 | 59,00 | 229,00 | 196,00 |
| 5 | 41,00 | 49,76 | 33,58 | 47,71 | 11,30 | 91,46 | 35,67 | 79,60 | 228,00 | 234,00 | 104,00 | 244,00 | 96,00 | 148,00 | 190,00 | 152,00 |
| FERRO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | | | CÁLCIO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | |
| 1 | 4,27 | 1,42 | 7,90 | 1,25 | 0,73 | 0,29 | 0,20 | 0,48 | 41,44 | 9,42 | 6,78 | 10,55 | 7,54 | 7,91 | 40,31 | 32,77 |
| 2 | 4,27 | 1,42 | 7,90 | 1,25 | 0,73 | 0,29 | 0,20 | 0,48 | 41,44 | 9,42 | 6,78 | 10,55 | 7,54 | 7,91 | 40,31 | 32,77 |
| 3 | 0,06 | 0,25 | 14,20 | 1,96 | <0,01 | 0,29 | 0,04 | 0,23 | 53,37 | 32,76 | 18,67 | 10,44 | 6,48 | 11,09 | 38,13 | 41,22 |
| 4 | 0,06 | 0,25 | 14,20 | 1,96 | <0,01 | 0,29 | 0,04 | 0,23 | 53,37 | 32,76 | 18,67 | 10,44 | 6,48 | 11,09 | 38,13 | 41,22 |
| 5 | 0,30 | 0,34 | 21,40 | 0,40 | 0,26 | 0,63 | 0,30 | 0,60 | 52,00 | 52,00 | 8,00 | 52,00 | 4,00 | 24,00 | 32,00 | 28,00 |
| MAGNÉSIO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | | | COLIFORMESTERMOTOLERANTES (NMP.100 mL ⁻¹) | | | | | | | |
| 1 | 24,50 | 0,95 | 4,62 | 3,38 | 2,43 | 6,08 | 18,33 | 13,71 | 3,10 | 228,20 | 3,10 | >2419,2 | 5,20 | 62,00 | >2419,2 | <1,0 |
| 2 | 24,50 | 0,95 | 4,62 | 3,38 | 2,43 | 6,08 | 18,33 | 13,71 | 3,10 | 228,20 | 3,10 | >2419,2 | 5,20 | 62,00 | >2419,2 | <1,0 |
| 3 | 17,89 | 25,23 | 11,43 | 1,12 | 1,65 | 3,31 | 26,06 | 15,56 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| 4 | 17,89 | 25,23 | 11,43 | 1,12 | 1,65 | 3,31 | 26,06 | 15,56 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| 5 | 22,00 | 24,00 | 5,00 | 22,00 | 4,90 | 15,00 | 17,00 | 15,00 | >23,0 | >23,0 | 16,00 | <1,1 | <1,1 | 3,60 | <1,10 | 2,20 |
| DBO ($\text{mg}\cdot\text{O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | | | DQO ($\text{mg}\cdot\text{O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | |
| 1 | <2,0 | <2,0 | 3,2 | <2,0 | <2,0 | 2,3 | <2,0 | 2,9 | 7,41 | 2,47 | 11,86 | 4,94 | 9,88 | 12,36 | 2,47 | 9,39 |
| 2 | <2,0 | <2,0 | 3,2 | <2,0 | <2,0 | 2,3 | <2,0 | 2,9 | 7,41 | 2,47 | 11,86 | 4,94 | 9,88 | 12,36 | 2,47 | 9,39 |
| 3 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 5,3 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 5,00 | 3,00 | 15,00 | 27,00 | 6,00 | 5,00 | 5,50 | 4,00 |
| 4 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 5,3 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 5,00 | 3,00 | 15,00 | 27,00 | 6,00 | 5,00 | 5,50 | 4,00 |
| 5 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | 2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,00 | 5,00 | <2,00 | 11,00 | 3,00 | <2,00 | <2,00 | <2,00 |
| OXIGÊNIO DISSOLVIDO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | | | COR (uH) | | | | | | | |
| 1 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 600,00 | 25,00 | 500,00 | 75,00 | 5,00 | 400,00 | 5,00 | 10,00 |
| 2 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 7,50 | 600,00 | 25,00 | 500,00 | 75,00 | 5,00 | 400,00 | 10,00 | <5,00 |
| 3 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | <5,00 | <5,00 | 5,00 | 200,00 | <5,00 | 10,00 | <5,00 | 5,00 |
| 4 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | 6,30 | <5,00 | <5,10 | 5,00 | 200,00 | <5,00 | 10,00 | <5,00 | 5,00 |
| 5 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 2,98 | 25,00 | 50,00 | 125,00 | 50,00 | 25,00 | 50,00 | 25,00 | 1000,00 |
| COLIFORMES TOTAIS (NMP.100 mL ⁻¹) | | | | | | | | | BACTERIAS HETEROTROFICAS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | |
| 1 | 26,50 | >2419,2 | 206,40 | >2419,2 | 6,30 | 1046,00 | >2419,2 | 579,40 | 12,00 | 120,00 | 0,52 | 110,00 | 5,00 | 78,00 | 790,00 | 3,00 |
| 2 | 26,50 | >2419,2 | 206,40 | >2419,2 | 6,30 | 1046,00 | >2419,2 | 579,40 | 1,20 | 12,00 | 0,05 | 11,00 | 0,50 | 6,30 | 79,00 | 0,30 |
| 3 | <1,0 | <1,0 | 142,50 | 231,00 | 3,00 | 86,40 | <1,00 | 48,60 | 14,00 | 14,00 | 7,40 | 150,00 | 14,00 | 63,00 | 150,00 | 53,00 |
| 4 | <1,0 | <1,0 | 142,50 | 231,00 | 3,00 | 86,40 | <1,00 | 48,60 | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. |
| 5 | >23,0 | >23,0 | >23,0 | 1,10 | 9,20 | 23,00 | >23,0 | 12,00 | 47,00 | 172,00 | 69,00 | 5,10 | 3,00 | 48,00 | 84,00 | 54,00 |
| SALMONELLA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | | | CLOSTRIDIO SULFITO REDUTOR ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | | | | | | | |
| 1 | A | A | A | A | A | A | A | A | N.E. | A | A | A | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. |
| 2 | A | A | A | A | A | A | A | A | <1,10 | 9,20 | 6,90 | <1,10 | <1,10 | 5,10 | N.E. | N.E. |
| 3 | A | A | A | A | A | A | A | A | <1,10 | 9,20 | 6,90 | <1,10 | <1,10 | 5,10 | 3,60 | 9,20 |
| 4 | A | A | A | A | A | A | A | A | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. |
| 5 | A | A | A | A | A | A | A | A | >23,00 | >23,00 | >23,00 | >23,00 | 16,00 | 12,00 | 23,00 | 23,00 |

N.E. = dado não encontrado; A = ausência; Datas de realização das coletas = 1 – em 25/01/2007; 2 – em 01/05/2007; 3 – em 13/09/2007; 4 – em 01/02/2008; 5 – em 16/07/2009

ferro, cálcio, magnésio, DBO, DQO, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e cor constam na Tabela 1.

• pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais
Os valores de pH das amostras de água subterrânea dos

poços de montante, durante os anos de monitoramento, apresentaram-se numa faixa de 5,98 a 8,50, semelhantes às características

encontradas no aquífero Guabirotuba, que, conforme Muller (2007), corresponde a um pH entre 6,7 a 8,1. e dentro dos valores aceitáveis pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 (entre 6 e 9,5). Feitosa e Manoel Filho (2000) citam que, geralmente, o pH das águas subterrâneas varia entre 5,5 e 8,5. Já a Resolução CONAMA nº 396/08 não estabelece nenhum padrão de pH para as diferentes classes.

O único poço de monitoramento com valores de pH fora da faixa aceitável pela Portaria foi o AV-05, considerado como *background*, cujas interferências podem referir-se a atividades antrópicas externas ao cemitério e não relativas a sua operação.

Também foram avaliados os parâmetros condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. A condutividade elétrica é um valor recíproco da resistividade elétrica, utilizada indiretamente para determinar a concentração de sólidos dissolvidos, sendo um dos parâmetros indicados para se determinar condições de potabilidade (MARION *et al.*, 2007). Quanto à condutividade, não há limites estabelecidos pela legislação. Entretanto, Migliorini *et al.* (2007), em pesquisa realizada nos Cemitérios Municipais São Gonçalo e Parque Bom Jesus de Iguape, em Cuiabá (Mato Grosso), atribuíram o aumento de condutividade dos poços de jusante em relação ao de *background* como função de possível contaminação das águas subterrâneas por necrochorume. Os autores citados verificaram uma condutividade média de $98,6 \mu\text{Scm}^{-1}$, superior aos resultados obtidos de *background* e atribuíram esta condição a um possível impacto da atividade cemiterial, pois o poço avaliado possuía uma profundidade e um tempo de contato maior devido à formação geológica.

Avaliando os resultados de condutividade para o Cemitério Municipal Água Verde, seguindo as discussões de Migliorini, observou-

se que as condições antrópicas externas à área têm maior influência na qualidade das águas subterrâneas do que a atividade cemiterial. Considerando o poço AV-04 como o mais representativo da atividade, verificou-se que a média de condutividade ($116,89 \mu\text{S.cm}^{-1}$), para o período de monitoramento, apresentou-se inferior à observada para AV-06, um poço de *background* ($180,40 \mu\text{S.cm}^{-1}$), que poderia ter interferência direta em função da potenciometria.

Quando comparados os resultados de Espíndula (2004), que obteve valores acima de $1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para o Cemitério da Várzea, Recife, atribuídos por ele como decorrentes da decomposição de corpos em área de sepultamento com menos de um ano, aos registrados para o Cemitério Água Verde, estes apresentaram-se inferiores, em todos os poços de monitoramento.

Os resultados obtidos com a análise dos sólidos dissolvidos totais mostraram o mesmo comportamento que a condutividade, o que já era esperado, pois há uma correlação intrínseca entre ambos (Migliorini *et al.*, 2007) e que, indiretamente, demonstra a presença de sais minerais.

As amostras coletadas não ultrapassaram o limite máximo permitido para sólidos dissolvidos totais, que é de 1.000mg.L^{-1} pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04.

Foram detectadas alterações de condutividade e sólidos dissolvidos totais nos poços de monitoramento AV-01, AV-02 e AV-08, também denominados de montante (*background*), sugerindo reflexos da área externa, não associados ao desenvolvimento das operações do cemitério. Além disso, as águas do Aquífero Guabirotuba possuem naturalmente concentração média de sólidos dissolvidos totais de $156,74 \text{mg.L}^{-1}$, variando entre $11,00$ e $419,00 \text{mg.L}^{-1}$

(INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010), o que contribui para a hipótese de não haver interferência da atividade cemiterial nesta área.

Para o poço AV-04, considerado o mais à jusante da área e que possui o nível do aquífero freático mais aflorante (0,69 a 1,16 m), ou seja, mais suscetível às variações de nível por ocasião de chuvas intensas, os resultados dos parâmetros condutividade e sólidos dissolvidos totais apresentaram-se mais baixos que os demais poços. Isto foi observado, com exceção do período de coleta das amostras em 2009, onde os valores foram superiores em relação aos demais, porém semelhantes aos poços de *background* e à condição encontrada para as águas subterrâneas do aquífero Guabirotuba. Sendo assim, por este parâmetro não é possível afirmar que haja uma relação dos resultados do poço AV-04 com contaminação do aquífero freático decorrente da decomposição humana ou ainda que ocorra uma influência direta do Cemitério Municipal Água Verde na qualidade das águas subterrâneas.

Sugere-se, para monitoramento futuro, um acompanhamento periódico mensal dos níveis do aquífero freático, de modo a correlacionar com os índices pluviométricos verificados para Curitiba, integrando-os na análise dos resultados destes parâmetros.

- Cor e turbidez

Uma forma de avaliar os resultados obtidos no parâmetro sólidos dissolvidos totais é a verificação do comportamento dos resultados para o parâmetro cor (CETESB, 2008). Também se pode associar a cor em função da presença de altos níveis de ferro, entretanto, estas relações não foram verificadas neste trabalho. Os resultados obtidos para o parâmetro cor apresentaram uma grande variação, além de terem ultrapassado o limite máximo permitido pela Portaria MS 518/04 (15uH), nos vários anos amostrados

e nos diferentes poços de monitoramento. As oscilações encontradas podem estar relacionadas a problemas analíticos envolvendo coleta e metodologia de análise.

O parâmetro turbidez indica a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos (CETESB, 2008). Conforme legislação pertinente (Portaria MS 518/2004 e Resolução CONAMA nº 396/2008), apenas a portaria do Ministério da Saúde estabelece um padrão, em relação à turbidez (5 uT). Para o Cemitério Água Verde, no ano de 2007, o valor médio do parâmetro turbidez foi igual a 55,28 uT e, para 2009, de 48,76 uT. É importante, ressaltar, porém, que a comparação adequada destes dados e suas possíveis correlações com outros parâmetros foi prejudicada, em função de métodos analíticos distintos terem sido aplicados nas campanhas avaliadas.

- Ferro

Quanto ao parâmetro ferro total, em 2007, observou-se concentração média de 2,18 mg.L⁻¹ e, para o ano de 2009, de 3,03 mg.L⁻¹. Estes valores apresentam-se muito superiores ao limite correspondente a 0,3 mg.L⁻¹, estabelecido pela Portaria MS 518/2004 e pela Resolução CONAMA 396/2008.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (2000), os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero. Em relação aos processos intrínsecos, ao que se refere à Formação Guabirota, observou-se que teores de ferro total podem atingir médias de 0,7 mg.L⁻¹ e máximos de até 9 mg.L⁻¹ (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). Assim, pode-se verificar que os valores de ferro encontrados, na maioria das campanhas de monitoramento, estão em consonância com a formação geológica local, uma vez que as

variações do nível do aquífero freático num ciclo hidrológico podem provocar o desprendimento constante de partículas, lixiviando tais compostos para as águas subterrâneas. Com relação aos fatores extrínsecos, poderiam estar associadas as guarnições metálicas dos caixões, bem como a pintura à base de verniz como acabamento dos caixões (MIGLIORINI, 1994).

- Cálcio, magnésio

A dureza é um indicador da qualidade das águas para abastecimento e que está associada à presença de cátions cálcio e magnésio. Não há evidências da relação destes indicadores com algum problema sanitário, há, no entanto, constatações de sabor desagradável e efeitos laxativos (CETESB, 2008).

A qualidade natural das águas subterrâneas do Aquífero Guabirota, ao qual pertence o Cemitério Municipal Água Verde, apresenta uma composição química bicarbonatada sódica, não sendo raro encontrar sódio, cálcio, magnésio e potássio (MULLER, 2007). Segundo o Instituto das Águas (2010), as águas do Aquífero Guabirota possuem em média 22,13 mg.L⁻¹ de cálcio, podendo variar entre 0,65 a 81,85 mg.L⁻¹ e 7,24 mg.L⁻¹ de magnésio, também podendo variar entre 0,31 e 35,47 mg.L⁻¹. Sendo assim, os resultados obtidos para os parâmetros cálcio e magnésio apresentaram-se com as características naturais da composição química das águas subterrâneas do aquífero Guabirota, não sendo possível associar a alterações decorrentes da atividade cemiterial.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os parâmetros que permitem avaliar as questões relativas à contaminação por matéria orgânica são DBO e DQO e os próprios bacteriológicos. Por

definição, a DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB, 2008), sendo uma medida indireta para caracterização do grau de poluição. A Resolução CONAMA nº 357/2005 orienta que, para amostras de água com classe 2, a DBO deverá ser menor que 5 mg.L⁻¹. Feitosa e Manoel Filho (2000) afirmam que, em geral, para as águas subterrâneas, a DBO é inferior a 1 mg.L⁻¹ e que valores superiores indicam contaminação. Já demanda química de oxigênio (DQO) é, por definição, a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (CETESB, 2008). Em águas subterrâneas, a DQO pode variar de 1 a 5 mg.L⁻¹, e valores acima de 10 mg.L⁻¹ indicam contaminação (FEITOSA ; MANOEL FILHO, 2000).

A análise dos dados de DQO obtidos a partir de relatórios técnicos foi dificultada no presente trabalho, tendo em vista a falta de padronização metodológica observada em determinadas campanhas, cujos limites mínimos quantificados foram distintos (exemplo 5 mg.L⁻¹ para uma campanha e 2 mg.L⁻¹ para outra). Além disso, quando analisados conjuntamente os parâmetros DBO, DQO e coliformes termotolerantes, não foi possível estabelecer uma correlação direta entre eles, sugerindo a inconsistência dos dados. Um exemplo disto pode ser verificado mediante a análise do poço AV-08, que apresentou em 2007, DBO menor que 2,0 mg.L⁻¹, DQO de 2,47 mg.L⁻¹ e coliformes termotolerantes maior que 2419,20 NMP.100 mL⁻¹.

- Oxigênio Dissolvido (OD)

Outro parâmetro que aponta as condições de sobrevivência de microrganismos é o oxigênio dissolvido. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido indicam que houve consumo na decomposição de

compostos orgânicos (CETESB, 2008), assim como a presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos podem influenciar o teor de oxigênio dissolvido (FIORUCCI ; BENEDETTI FILHO, 2005).

O oxigênio dissolvido em águas subterrâneas pode variar entre zero e 5 mg.L^{-1} , segundo Feitosa e Manoel Filho (2000). Os resultados encontrados, com exceção da campanha de 2009, sugerem que houve erro no momento da realização da purga, tendo sido provocada uma modificação das condições naturais e que interferiram não só no parâmetro oxigênio dissolvido como também podem ter influenciado nos resultados da DBO.

- Demais parâmetros químicos Na natureza, são encontradas diferentes formas de nitrogênio que permitem avaliar em que fase de decomposição a matéria nitrogenada se encontra. O nitrogênio orgânico e amoniacal são formas reduzidas de nitrogênio, dando indícios de poluição mais recente. Já nitratos e nitritos são formas oxidadas do nitrogênio e apontam para poluição mais antiga (CETESB, 2008).

Nos resultados para a família dos nitrogenados, ocorreu alternância de valores em todos os poços de monitoramento. Mesmo assim, todos os resultados das campanhas apresentaram valores dentro dos limites de potabilidade, apesar das divergências encontradas ao relacioná-los com os parâmetros nitrogênio total, Kjeldahl e amoniacal. O nitrato pode ser encontrado na composição química das águas subterrâneas do Aquífero Guabirotuba, alcançando valor médio de $3,65 \text{ mg.L}^{-1}$, e podendo variar entre $0,021$ e $74,00 \text{ mg.L}^{-1}$ (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010).

Outros estudos publicados sobre a qualidade das águas do aquífero Guabirotuba indicaram a presença de nitrato acima do limite de potabilidade em algumas amostras, fato que não tem origem

natural, estando associado ao recebimento de esgotos domésticos (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010).

Como há relatos do desenvolvimento de cânceres, linfomas e má formação congênita decorrentes da ingestão de água contaminada com até 4 mg.L^{-1} de nitrato em longo prazo (NEIRA *et al.*, 2008), sugere-se a realização de pesquisa junto aos órgãos de saúde para apurar a ocorrência destas doenças na população do entorno imediato, assim como realizar um levantamento da existência de poços para abastecimento e consumo de água subterrânea.

Já os teores encontrados de cloreto, sulfato, sódio, zinco e cádmio nos anos amostrados foram muito abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação (250 mg.L^{-1} , 250 mg.L^{-1} , 200 mg.L^{-1} , 5 mg.L^{-1} , $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente).

- Coliformes Totais e Termotolerantes e outros parâmetros microbiológicos Os parâmetros microbiológicos avaliados para o Cemitério Municipal Água Verde foram coliformes totais, coliformes termotolerantes, bactérias heterotróficas, *Salmonella* e clostrídio sulfito redutor. O grupo coliforme é considerado o principal indicador de contaminação fecal, associado às fezes de animais homeotermos e com o solo, sendo o coliforme termotolerante o mais significativo por se tratar de bactérias restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2008).

Os resultados destes parâmetros para o Cemitério Municipal Água Verde apontaram uma possível ocorrência de interferência externa à área devido às alterações registradas nos poços de monitoramento ditos de montante em relação ao sentido de fluxo das águas subterrâneas, refletindo as condições em que o empreendimento está submetido e o contexto local no qual a área está inserida. Somado a este fato, é

necessário considerar que os níveis do lençol freático são altos, praticamente aflorantes em alguns pontos, incorrendo na possibilidade da influência da qualidade das águas do curso hídrico canalizado na área do cemitério ou ainda, estar relacionada à possibilidade de ligação clandestina de esgotos, contaminando diretamente o rio.

Para os anos amostrados, coliformes totais e termotolerantes foram detectados na maioria das campanhas de amostragem. Segundo o Ministério da Saúde, o padrão de potabilidade em relação a estes organismos é de ausência em 100 mL. Observou-se, no entanto, que algumas amostras resultaram em valores absolutos elevados e outras abaixo do limite de detecção do método utilizado, sendo possível identificar diferenças metodológicas adotadas nos relatórios analíticos consultados. Demonstra-se, portanto, a necessidade de padronizações analíticas em campanhas futuras, para que estes parâmetros possam ser analisados de forma segura e integrada aos demais.

Martins *et al.* (1991), em trabalho realizado no Cemitério Vila Formosa (São Paulo), apresentaram um exemplo de caso em que a geologia local desempenha um papel de filtro natural, retendo microrganismos e matéria orgânica no solo, devido à alternância de solos argilosos e areno-argilosos. Contudo, apesar da composição do solo do Cemitério Municipal Água Verde ser bastante similar ao Cemitério Vila Formosa, os níveis de água mais aflorantes no Água Verde não garantem que haja uma coluna de solo suficiente para o bom desempenho como filtro. A presença de coliformes termotolerantes associados à água relaciona-se à existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (von SPERLING, 1996).

Outro indicador utilizado para verificar as condições higiênicas corresponde às bactérias heterotróficas, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de carbono. Sua presença pode indicar uma condição de aerobiose maior, sugerindo a passagem de matéria orgânica para o lençol freático, onde as proteínas seriam convertidas a nitrato, que se acumula na água subterrânea (MARTINS *et al.*, 1991). Embora não sejam consideradas patogênicas, quando presentes em nível elevado podem constituir risco à saúde (ESPINDULA, 2008; MARTINS *et al.*, 1991). Os resultados das campanhas realizadas indicam elevadas concentrações deste tipo de bactéria heterotrófica, que caracterizam anaerobiose, favorecendo a desnitrificação do nitrato, levado a nitrogênio.

Para avaliar o risco da presença de microrganismos patogênicos nas águas subterrâneas, tem sido também utilizado o indicador *Salmonella*. Sua presença está relacionada a doenças infecciosas gastro-intestinais de relevância para saúde pública. Os resultados das campanhas de 2007 e 2009 indicaram ausência desta bactéria.

E, por fim, outro parâmetro microbiológico analisado foi o indicador clostrídio sulfito redutor, cuja avaliação pode sugerir poluição mais antiga, por ser mais resistente às condições ambientais adversas, prolongando sua permanência no meio (MARTINS *et al.*, 1991). Os resultados das análises de clostrídio sulfito redutor no ano de 2007 apontam a presença desta bactéria em algumas amostras, o que remete a uma preocupação, em especial no que se refere à utilização de poços artesianos nas áreas de entorno do cemitério, já que o Plano de Controle Ambiental registrou a existência de um poço à jusante no entorno imediato. Segundo Martins *et al.* (1991), não se pode afirmar, entretanto, que a presença desta bactéria esteja relacionada ao processo de putrefação, mas tão

somente que este organismo poderia compor mais um indicador para avaliação das águas subterrâneas.

Avaliação da Vulnerabilidade dos aquíferos

As quatro áreas deste estudo estão assentadas basicamente sobre duas geologias predominantes, Formação Guabirotuba (FG) e Embasamento Cristalino (EC). A Formação Guabirotuba é composta por bancos pouco consolidados de argilas, arcósios, depósitos rudáceos (conglomeráticos) e de finos depósitos carbonáticos (caliches), bem como areias arcoseanas e cascalhos (SALAMUNI; STELLFELD, 2001; SALAMUNI *et al.*, 2004). O Embasamento Cristalino é composto por rochas metamórficas de alto grau, compostas por grande variedade litológica, indicada pela ocorrência de gnaisses, migmatitos e subordinadamente, xistos, quartzitos, ultrabásito, metabásito e anfíbolito (MINEROPAR, 2006 apud CURITIBA, 2011a; TALAMINI NETO, 2001).

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula está assentado sobre duas unidades geológicas distintas, que são o Complexo Atuba (Embasamento Cristalino) e a Formação Guabirotuba (Figura 1), sendo a primeira em menor proporção de área. Basicamente os solos da Formação Guabirotuba possuem uma composição mineralógica mais expressiva de argilas, sendo comum a presenças de siltes e areias inconsolidadas. Os resultados dos ensaios de permeabilidade da área apontam para uma condutividade hidráulica na área entre $8,2 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ e $8,5 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$ e uma velocidade aparente de fluxo entre $15,97 \text{ m.ano}^{-1}$ e $0,17 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008c). Isto indica que os solos da área são mais impermeáveis, o que pode dificultar a percolação de efluentes para as camadas mais profundas e, assim,

proteger as águas subterrâneas de possíveis contaminações externas.

O Cemitério Municipal Água Verde, por sua vez, está assentado numa área basicamente da Formação Guabirotuba, com predominância de argilas a siltes, e ocasionalmente lentes de arcóseo, que são sedimentos inconsolidados. Os ensaios de campo para o Plano de Controle Ambiental resultaram em condutividade hidráulica (k) média de $9,90 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$ e a velocidade média de fluxo subterrâneo é de $0,14 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008a). O Cemitério Municipal Boqueirão encontra-se sobre duas unidades geológicas distintas: Embasamento Cristalino e Formação Guabirotuba. A condutividade hidráulica (k) observada foi de $2,9398 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ (CURITIBA, 2007).

Já o Cemitério Municipal Santa Cândida, localizado no outro extremo da cidade, apresenta-se assentado, em sua maior parte, sobre o Embasamento Cristalino e em proporções menores sobre a Formação Guabirotuba. Os resultados de ensaios indicaram que a área possui condutividade hidráulica (k) entre $3,3 \times 10^{-5}$ e $1,7 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$ e velocidade de fluxo subterrâneo entre $0,44 \text{ m.ano}^{-1}$ e $8,61 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008b).

A condutividade hidráulica de todas as áreas variou entre $3,3 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ e $8,5 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$, resultados que indicam uma baixa condutividade, dificultando a migração de contaminantes. A exceção é para o Cemitério Municipal Santa Cândida que, por estar assentado em sua maior parte sobre o Embasamento Cristalino com possibilidade de rochas mais aflorantes, pode representar um fator de risco para eventos de contaminação de aquífero profundo.

Tabela 2 – Características físicas dos poços de monitoramento dos Cemitérios Municipais de Curitiba (CURITIBA, 2007, 2008b, 2008c, 2008d)

| POÇOS | COTA (m) | PROFUNDIDADE (m) | NÍVEL DE ÁGUA (m) | | CARGA HIDRÁULICA (m) | |
|--------|----------|------------------|-------------------|------|----------------------|--------|
| | | | 2008 | 2009 | 2008 | 2009 |
| SF-01 | 929,01 | 5,08 | 4,09 | 0,95 | 924,92 | 928,06 |
| SF-02 | 936,9 | 5,32 | 2,08 | 2,5 | 934,82 | 934,4 |
| SF-03 | 927,51 | 5,95 | 4,73 | 3,5 | 922,78 | 924,01 |
| SF-04 | 922,73 | 6,1 | 3,22 | 3,3 | 919,51 | 919,43 |
| SF-05 | 923,26 | 9,48 | 9,87 | ND | 913,39 | ND |
| SF-06 | 921,1 | 7,9 | 8 | ND | 913,2 | ND |
| SF-07 | 930,5 | 11,75 | 10,88 | 10,6 | 919,62 | 919,9 |
| SF-08 | 922,87 | 7,89 | 4,58 | 2,67 | 918,29 | 920,2 |
| SF-09 | 923,22 | 5,16 | 1,27 | 1,27 | 921,95 | 921,95 |
| AV-01 | 918 | 10,22 | 1,54 | 1,62 | 916,46 | 916,38 |
| AV-02 | 918 | 8,44 | 0,82 | 0,98 | 917,18 | 917,02 |
| AV-03 | 908 | 4,23 | 1,44 | 1,44 | 906,56 | 906,56 |
| AV-04 | 903 | 5,34 | 0,78 | 1,16 | 902,22 | 901,84 |
| AV-05 | 911 | 7,85 | 3,57 | 3,65 | 907,43 | 907,35 |
| AV-06 | 913 | 6,61 | 0,82 | 0,83 | 912,18 | 912,17 |
| AV-08 | 906 | 9,83 | 1,32 | 1,3 | 904,68 | 904,7 |
| AV-09 | 907 | 8,09 | 1,22 | 1,15 | 905,78 | 905,85 |
| AV-10 | 908 | NE | 1,78 | ND | 906,22 | ND |
| AV-11 | 907 | NE | 2,36 | ND | 904,64 | ND |
| BQ-01 | 922 | 5,97 | 6,6 | 5 | 915,4 | 917 |
| BQ-02 | 920,5 | 10 | 5,68 | 6,9 | 914,82 | 913,6 |
| BQ-03 | 919,87 | 4,93 | 5,55 | 2,9 | 914,32 | 914,32 |
| BQ-04 | ND | 6,38 | ND | 4,4 | ND | ND |
| PP-01 | 919,62 | NE | 5,1 | ND | 914,52 | ND |
| PP-02 | 921,8 | NE | 6,55 | ND | 915,25 | ND |
| PP-03 | 920,72 | NE | 5,54 | ND | 915,18 | ND |
| BQ-06 | 919,87 | 3,48 | ND | 2,6 | ND | 917,27 |
| BQ-08 | 918,5 | 7,34 | ND | 4,5 | ND | 914 |
| BQ-09 | 919,93 | 6,24 | 3,15 | 3,1 | 916,78 | 916,83 |
| BQ-09A | 921,45 | NE | 3,3 | 7,3 | 918,15 | 915,15 |
| BQ-09B | 919,93 | NE | 2,9 | 7,1 | 917,03 | 912,83 |
| SC-01 | 951,37 | 6,47 | 3,17 | 1 | 948,2 | 950,37 |
| SC-02 | 944,5 | 5,21 | 4,24 | Seco | 940,26 | ND |
| SC-03 | 931 | 5,41 | ND | ND | ND | ND |
| SC-04 | 924,99 | 3,1 | 1,69 | 2,39 | 923,3 | 922,6 |
| SC-05 | 926,69 | 3,96 | 2,94 | 2,44 | 923,75 | 924,25 |
| SC-07 | 935,5 | 10,82 | Seco | 7,07 | ND | 928,43 |
| SC-08 | 934,93 | 8,84 | 9,01 | ND | 925,92 | ND |
| SC-09 | 934,4 | 6,63 | 6,94 | 3,2 | 927,46 | 931,2 |
| SC-10 | 938,32 | 5,64 | 3,89 | 2,75 | 934,43 | 935,57 |
| SC-11 | 929,72 | 0,95 | 2,88 | Seco | 926,84 | ND |

ND = informação não disponível; NE = informação não encontrada

As condições dos níveis de água subterrânea e a respectiva carga hidráulica para as poços de monitoramento para as amostras de 2007 e 2008 estão apresentadas na Tabela 2.

De acordo com os resultados obtidos pelo método GOD, as quatro áreas estão assentadas em solo, cujas águas subterrâneas podem estar classificadas quanto à vulnerabilidade variando desde

insignificante à alta, como pode ser visualizado no quadro síntese na Tabela 3.

A área mais vulnerável quanto à contaminação das águas do aquífero freático é o Cemitério Municipal Santa Cândida. O Embasamento Cristalino é uma formação geológica que pode conter falhas geológicas, ditas fraturas, e facilitar a contaminação do aquífero profundo. A parte sobre a Formação Guabirota indicou uma

condição moderada à suscetibilidade, em razão das características predominantes que conferem um arranjo impermeável e de semi-confinamento.

Cabe destacar que o Santa Cândida é o segundo maior cemitério municipal de Curitiba, em área e em número de túmulos e sua concepção de implantação prejudica a percepção visual dos danos e dos problemas de vazamento. Desta forma, a realização das campanhas

Tabela 3 – Avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero freático nos Cemitérios Municipais de Curitiba, aplicando-se o método GOD (CURITIBA, 2007, 2008a, 2008b, 2008c)

| Aquífero (G) | Critério | SF | | AV | BQ | | SC | |
|--------------------------------------|----------|----------------|------------------|---------------|----------------|----------------|-------|----------|
| | | EC | FG | FG | EC | FG | EC | FG |
| | | 20 a 100m | 1,20 a 11m | | 20 a 100m | 5 a 20m | todas | <5m |
| Substrato geológico (O) | GOD | 0,5 | 0,9 – 0,8 | 0,6 | 0,50 | 0,80 | 1,0 | 0,90 |
| | Critério | confinado | livre-coberto | não confinado | confinado | semi-confinado | livre | Livre |
| Profundidade do teto do aquífero (D) | GOD | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 0,20 | 0,40 | 0,90 | 0,70 |
| | | 0,6 a 0,7 | 0,6 a 0,5 | 0,90 | 0,60 | 0,70 | 0,60 | 0,55 |
| Índice Vulnerabilidade | | 0,06 a 0,07 | 0,24 – 0,32 | 0,49 | 0,06 a 0,07 | 0,224 | 0,54 | 0,34 |
| | | Insignificante | Baixa a moderada | Moderado | Insignificante | Baixa | Alta | Moderada |

SF = São Francisco de Paula; AV = Água Verde; BQ = Boqueirão; SC = Santa Cândida; EC = Embasamento Cristalino; FG = Formação Guabirotuba

de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, para detectar as alterações, significa antecipar a possível contaminação das águas subterrâneas. A fiscalização dos jazigos quanto às condições de manutenção também deve ser feita de forma efetiva, uma vez que a responsabilidade é do cessionário, e ao poder público, cabe orientar e resguardar o direito de todos a um ambiente saudável.

O Cemitério Municipal Boqueirão corresponde à área menos vulnerável em relação à contaminação das águas subterrâneas (vulnerabilidade baixa a insignificante). Esta condição é atribuída, principalmente, pelo favorecimento do semi-confinamento das camadas argilosas, que as tornam naturalmente impermeáveis, minimizando a dispersão de contaminantes.

Apesar disto, sua fragilidade ambiental reside nas condições desfavoráveis de manutenção, sendo este o cemitério cujo número de danos por jazigos foi maior. Destaca-se a presença de rachaduras e de revestimentos parcialmente comprometidos, o que favorecem a infiltração da água de chuva, a circulação de vetores, carreamento do lixiviado, e, em longo prazo, infiltrações internas podem ocorrer e propiciar o contato do necrochorume com o solo e água. Neste caso também, a ação do

poder público deve ser mais efetiva e eficaz, pois os cessionários têm a obrigação de manter seus jazigos em condições mínimas que garantam sua integridade.

Diferentemente dos demais, o Cemitério Municipal Água Verde está assentado basicamente da Formação Guabirotuba, o que dificulta a percolação de efluentes para as camadas mais profundas pela presença das argilas. Pacheco e Batello (2000) e Silva (1998) destacam que, quanto menos profundo for o nível do aquífero freático, mais suscetíveis à inundação estão as sepulturas, tornando o aquífero vulnerável às contaminações pelo transporte de vetores químicos e microbiológicos contidos no necrochorume. Esta condição de vulnerabilidade pode ser agravada se considerada a ocorrência de danos nas tampas dos jazigos em áreas suscetíveis à inundação.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula está assentado sobre Embasamento Cristalino e Formação Guabirotuba, e os resultados dos ensaios de permeabilidade revelam que os solos presentes na área são mais impermeáveis, o que pode dificultar a percolação de efluentes para as camadas mais profundas e, assim, proteger as águas subterrâneas de possíveis contaminações externas. Mesmo que os níveis de água na maioria dos poços de

monitoramento apresentem-se em profundidades maiores, a parte assentada na Formação Guabirotuba consiste em níveis mais aflorantes, sendo conseqüentemente de suscetibilidade maior.

Entre as quatro áreas avaliadas, este é o cemitério que apresentou o menor índice de danos por jazigos, destacando-se a predominância de revestimentos de jazigos com rocha ornamental, acabamento mais durável em relação à ação de intempéries, bem como ter visitação constante da população atraídas pelo valor histórico-cultural da área e pelas personalidades de destaque ali sepultadas, e a presença da administração municipal dos cemitérios. Além disto, foram identificados danos que podem ser agravados ao longo do tempo como revestimentos parcialmente comprometidos, ausência de pintura convencional e a presença de vegetação junto à base, fatos que contribuem para vulnerabilidade.

CONCLUSÃO

Foram avaliados os quatro cemitérios municipais de Curitiba quanto aos aspectos construtivos e vulnerabilidade das águas subterrâneas. Nos aspectos construtivos, observou-se que a falta de manutenção nos jazigos é preocupante, uma vez que 56,06% ou 18.014 jazigos apresentam um ou

mais danos, sugerindo um baixo índice de conservação e manutenção dos espaços, o que compromete a operação adequada da área.

Os índices obtidos no Boqueirão (3,56) sugerem uma situação de abandono em áreas pontuais, e nos cemitérios Água Verde (2,38) e Santa Cândida (2,15), um abandono geral das áreas. O índice do São Francisco de Paula (2,07) indica uma melhor condição de conservação e manutenção dada pelos permissionários. Além disso, a falta de manutenção em geral, destacada pela presença de rachaduras e revestimento parcialmente comprometido, favorece infiltração, carreamento de lixiviado, circulação de vetores, acentuando a fragilidade ambiental.

Quanto à verificação da contaminação do aquífero freático por necrochorume no Cemitério Municipal Água Verde, os resultados das amostras das campanhas de monitoramento sugerem, em parte, reflexos de atividades externas, não associadas ao cemitério. As características químicas naturais do aquífero Guabirota também marcaram os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados.

Em relação à vulnerabilidade das águas subterrâneas, das quatro áreas analisadas, concluiu-se que o Cemitério Municipal Santa Cândida apresentou a mais alta vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas. O Cemitério Municipal Água Verde apresentou a maior vulnerabilidade de contaminação por possuir níveis do aquífero freático mais aflorantes. Levando-se em consideração o índice de danos múltiplos por jazigo no Cemitério Municipal Água Verde e a vulnerabilidade de contaminação da área, decorrente do tipo de formação geológica, verificou-se a necessidade de uma ação imediata nos jazigos danificados identificados, por possibilitarem a contaminação por decomposição humana.

O acompanhamento e fiscalização da evolução da situação dos jazigos críticos são práticas de gestão que necessitam ser fortalecidas em áreas cemiteriais, como procedimentos para a minimização de problemas ambientais. A arquitetura destas áreas deve ser revista de modo amplo, incluindo a avaliação quanto à suscetibilidade de contaminação decorrente dos níveis de água mais aflorantes e, assim, compatibilizando o projeto de implantação dos espaços a condições ambientais adequadas.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed Washington, DC, 1998.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrentes de atividade cemiterial**. São Paulo, SP. Originalmente apresentada como dissertação de pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2007, 105 p.

CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, Apêndice A. São Paulo, 2008, 40 p.

CONAMA. Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003. Licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 5 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 368, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335 que

dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 2 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília, DF, 11 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 402, de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 03/04/2003, que dispões sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 1 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CURITIBA. IPPUC. **Curitiba em Dados**. Paraná, 2008a, 504 p.. Disponível em: <http://ippuc.org.br>. Acesso em: 05 de novembro de 2012.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal do Boqueirão**. Curitiba, 2007.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal de Água Verde**. Curitiba, 2008b.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal de Santa Cândida**. Curitiba, 2008c.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal**

de São Francisco de Paula. Curitiba, 2008d.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Monitoramento da qualidade da água do aquífero freático nos cemitérios municipais do Água Verde, Boqueirão, Santa Cândida e São Francisco de Paula.** Curitiba, 2008e.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Monitoramento da qualidade da água do aquífero freático nos cemitérios municipais do Água Verde, Boqueirão, Santa Cândida e São Francisco de Paula.** Curitiba, 2009f.

CURITIBA. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Estudo de impacto ambiental da Linha Azul – Santa Cândida / CIC Sul do Sistema de Metrô de Curitiba no eixo norte / sul da rede integrada de transportes.** Curitiba, 2011a.

CURITIBA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Decreto Municipal nº 1080, de 05 de julho de 2011. Aprova o regulamento sobre licenciamento ambiental de cemitérios e estabelece requisitos, condições técnicas, no que tange à proteção e conservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas. **Diário Oficial do Município**, Poder Executivo, Curitiba, PR, 05/07/2011, 15p, 2011b.

DUARTE, D. M. **Manaus entre o passado e o presente.** Manaus: Edições Mídia Ponto Comm, 2009, p. 142-153.

DUDEQUE, I. T. **Nenhum dia sem uma linha:** uma história do urbanismo em Curitiba. São Paulo: Studio Nobel, 2010, 428 p.

ENVIRONMENT AGENCY. **Assessing the groundwater pollution potential of cemetery developments.** Inglaterra, 20 p., 2004. Disponível em: <http://publications.environment->

agency.gov.uk/pdf/SCHO0404BGLA-e-e.pdf. Acesso em: 12 de dezembro de 2012.

ESPINDULA, J. C. **Caracterização Bacteriológica e Físico-química das águas do Aquífero Freático do Cemitério da Várzea – Recife.** Recife, PE. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2004, 130 p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Noções de Hidroquímica.** In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPe, 2000, p. 81 – 108.

FENIANOS, E. E. **São Francisco:** Uma história de monumentos. Curitiba: Editora UniverCidade, 1998, 54 p., (Coleção Bairros de Curitiba, 14).

FENIANOS, E. E. **Boqueirão, Alto Boqueirão, Hauer:** Gigantes pela própria natureza. Curitiba: Editora UniverCidade, 2000, 50 p., Coleção Bairros de Curitiba, 22.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola;** n. 22, p. 10-16, 2005.

FRASCÁ, M. H. B. O. **Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso.** São Paulo, 15 p., s/d. Disponível em: http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Protección de la calidad del agua subterránea:** Guia para empresas de água, autoridades municipales y agencias

ambientales. Washington, D.C.: Banco Mundial, [2002], 115 p.

FOUCALT, M. **O nascimento da medicina social.** In: Microfísica do Poder. Rio de Janeiro, RJ: Edições Graal, 2001, p. 79-98.

INSTITUTO DAS ÁGUAS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas - parte B.** Curitiba, 2010. Disponível em: http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_2_Parte B_RevisaoFinal.pdf. Acesso em: 02 de novembro de 2012.

MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria - RS. **Revista Ciência e Natura** n. 29, p. 97-109, 2007.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52, 1991

MATOS, B. A. **Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.** São Paulo, SP. Originalmente apresentado como tese de doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2001, 113 p.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição de aquíferos:** Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo, SP. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1994, 74 p.

MIGLIORINI, R. B.; SILVA, E. C.; SALOMÃO, F. X. T.; VECCHIATO, A. B.; SHIRAIWA, S.; MOURA, I. B.; LIMA, Z. M.; ZEILHOFER, L. V. A. C. **Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas.** Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Brasília: FUNASA, 2007, 118 p.

MS. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras responsabilidades. **DOU**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26/03/2004. Disponível em: <http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf> . Acesso em: 12 de novembro de 2010.

MULLER, C. V. **Análise hidrogeoquímica no município de Curitiba - Paraná.** Curitiba, PR. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, 2007, 151 p.

NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; PRATTESANTOS, R.; BARBIÉRI, R. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas de cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **.Net**, Espírito Santo, 2008 Disponível em: <www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/07_NeiraDFetal_3641.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2012.

PACHECO, A.; BATELLO, E. A. influência de fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios. **Revista Engenharia e Arquitetura** n. 2, p. 32-39, 2000.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA nº 019, de 04 de maio de 2004. Estabelece requisitos e condições técnicas para a

implantação de cemitérios destinados ao sepultamento, no que tange à proteção e à preservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Poder Executivo, Curitiba, PR, 11/05/2004, 7 p.

ROMANÓ. E. N. de L. Cemitérios: passivo ambiental medidas preventivas e mitigadoras. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2004, Curitiba. Paraná: CIETEP, 2004. Disponível em: http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma_romano_cemiterio.pdf . Acesso em: 12 de novembro de 2012.

SALAMUNI, E.; STELLFELD, M. C. Banco de dados geológicos georeferenciados da bacia sedimentar de Curitiba (PR) como base de sistema de informação geográfica (SIG). **Boletim Paranaense de Geociências** n. 49, p. 21-31, 2001.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências** n. 4, p. 469-478, 2004.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências** n. 4, p. 812-820, 2007.

SILVA, L. M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 1998, Montevideo. Uruguai: ALHSUD, 1998, v. 2, p. 667-681.

SILVA, R. W. da C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas.

Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 9, p. 26-35, 2008

TALAMINI NETO, E. **Caracterização geotécnica do subsolo de Curitiba para o planejamento de ocupação do espaço subterrâneo.** São Carlos, SP. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001, 223 p.

VON SPERLING, M. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243 p.

Recebido em: dez/2013
Aprovado em: jun/2014

Metais pesados nos sedimentos ativos de corrente na confluência dos rios Piranhas e Seridó, estado do RN

Heavy metals in sediments active current in the confluence of Piranhas and Seridó rivers , RN state

RESUMO

Neste trabalho se discute as definições de Sedimento de Fundo (SF) e Sedimento Ativo de Corrente (SAC), na perspectiva de aplicação dos parâmetros nacionais e internacionais definidores da qualidade dos sedimentos. Um estudo de caso concernente à coleta de 432 amostras SAC e análise dos metais As, Cd, Cr, Cu, Ni e Zn, na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, no Rio Grande do Norte, revelou que, na exceção do zinco, todos os demais estão presentes em concentrações superiores àquelas indicadas pela Resolução do CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, abrangendo os municípios de Caicó, Timbaúba dos Batista e São Fernando, os metais As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb estão geodisponíveis em concentrações prejudiciais a saúde humana, conforme os valores de referência da Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, do Canadian Council of Ministers of the Environment" (CCME, 2002), MacDonald *et al.* (2000), Mc Donald *et al.* (2003), USEPA (2010) e do Wisconsin Department of Natural Resources (2003).

PALAVRAS-CHAVE: sedimento ativo de corrente, sedimento de fundo, qualidade de sedimento

Mário Tavares de O. Cavalcanti Nt.

Programa DINTER UFCG/IFRN
Natal, RN, Brasil
mario.tavares@ifrn.edu.br

Maria Sallydelândia Sobral de Farias

Programa PPGRN/UFCG
Campina Grande, PB, Brasil
sallyfarias@hotmail.com

José Dantas Neto

Programa PPGRN/UFCG
Campina Grande, PB, Brasil
zedantas1955@gmail.com

ABSTRACT

The paper discusses the definitions of sediment Fund (SF) and Sediment Active Current (SAC) in the context of application of the defining national and international parameters of quality of sediment. A case studied concerning 432 samples SAC collected and analysis of the metals As, Cd, Cr, Cu, Ni and Zn in the region of the confluence of the Seridó and Piranhas Rivers, in Rio Grande do Norte state, northeast of Brazil, revealed that, in the exception of zinc, all others elements are present in concentrations higher than those indicated by CONAMA Resolution No. 344 of 25 March 2004 in the region of the confluence of the Piranhas and Seridó Rivers, covering the municipalities of Caicó, Timbaúba dos Batistas and São Fernando. The metals Cd, Cr, Cu, Ni and Pb are geoavailable in concentrations harmful to human health, according to the reference values of CONAMA Resolution No. 344, of March 25, 2004, Canadian Council of Ministers of the Environment "(CCME, 2002), MacDonald *et al.* (2000), Mc Donald *et al.* (2003), USEPA (2010), Wisconsin Department of Natural Resources (2003).

KEYWORDS: bottom sediment, active sediment stream, sediment quality

INTRODUÇÃO

As Diretrizes para Avaliação da Qualidade de Sedimentos (Sediment Quality Guidelines - SQG) são controversas (Simpson *et al.*, 2005), pois são vários os critérios, definições e abordagens adotadas, com os consequentes problemas de aplicabilidade. Duas definições se confrontam: Sedimento de Fundo (SF), para o qual se identificam várias normas a nível nacional e internacional, e Sedimento Ativo de Corrente (SAC), para o qual não se reconhece nenhuma proposição de parâmetros de qualidade.

MacDonald *et al.* (2000) apresentaram valores de referência para a qualidade de sedimentos visando à proteção de organismos que residem em sedimentos do Estado da Florida (USA), indicando aqueles teores cuja concentração situa-se no limiar entre os valores que não causam danos aos organismos residentes em sedimentos (TEC – Threshold Effect Concentration) e os que causam provável efeito negativo (PEC – Probable Effect Concentrations) nos organismos que vivem nos sedimentos daquele Estado norte-americano. Mais tarde, o Wisconsin Department of Natural Resources (2003), baseado em MacDonald *et al.* (2000) e Mc Donald *et al.* 2003, apresentou quatro níveis de referência para a qualidade de sedimentos, do qual destacamos os teores de metais, também utilizado pela USEPA (2010). Para tanto aquele departamento sugeriu um parâmetro intermediário (MEC – Midpoint Effect Concentration) igual a média aritmética entre TEC e PEC que reproduzimos na Tabela 1.

A Resolução do CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, dentre os quais os teores limites de alguns metais presentes nos sedimentos de água doce e salgada (ver tabela 2), tomando por base os

limites estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” (CCME, 2002) para arsênio, metais pesados e compostos orgânicos visando à proteção da vida aquática, o qual foi construído a partir de MacDonald *et al.* (2000) e Mc Donald *et al.* (2003). Esses mesmos valores de referência foram adotados pela Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004 (ver tabela 2) que estabelece os limites de teor de alguns metais para a avaliação da qualidade dos materiais a serem dragados em sedimentos de água doce e salina/salobra.

Um aspecto fundamental, que tem sido negligenciado pela maioria das abordagens, reside nas definições e classificações de Sedimentos. A maioria das Diretrizes para Avaliação da Qualidade de Sedimentos (SQG – Sediment Quality Guidelines) enfocam os denominados Sedimentos de Fundo (SF), os quais, via de regra, englobam a porção dendrítica (areia, silte, argila), incluindo a parte ativa de corrente, os organismos bentônicos, enfim, todo o material de origem geogênica, biogênica e antropogênica que compõem o assoalho dos corpos d’água (rio, lagoa, oceano, açude etc.). Na maioria das abordagens de SQG’s são realizadas análises em amostras que são, na realidade, uma mistura das porções geogênicas, biogênicas e antropogênicas que compõem as amostras dos SF’s. Na análise dos resultados de laboratório dessas amostras, o poder de bioacumulação de determinados metais pelas plantas e animais que compõem o SF tem sido negligenciado, implicando que essas informações podem refletir apenas efeitos pontuais, se prestando basicamente para verificar a presença de contaminantes em determinadas partes do fundo do corpo d’água objeto de estudo.

Quando o material coletado é exclusivamente o Sedimento Ativo de Corrente (SAC), como é o caso deste trabalho, se tem por objetivo

identificar a fonte dos metais (e demais elementos químicos) e, assim, delimitar corpos hospedeiros de mineralizações ou áreas de emissão de poluentes que alimentam a bacia de captação. Vistos de outra maneira, se prestam também para verificar a extensão da dispersão de metais em uma Bacia de Drenagem. As amostras de SAC são coletadas exclusivamente no leito de drenagem ativo, ou seja, naquela porção onde os sedimentos estão sendo constantemente transportados, daí serem chamados de Ativos. As amostras SAC são constituídas predominantemente de partículas e agregados minerais que são produzidas numa determinada área chamada de bacia de captação, situada a montante do local de coleta (estação de amostragem). O efeito da bioacumulação no aumento do teor de alguns metais não é considerado nas amostras SAC, pois esta porção foi eliminada quando da coleta, conforme tradicionalmente é recomendado pelos geoquímicos (ver LINS, 2003). Esta eliminação é justificada, uma vez que o objetivo precípua deste tipo de amostragem é verificar a fonte de metais que se dispersaram na rede de drenagem.

As diferenças entre SAC e SF são sutis e a avaliação dos resultados têm implicações distintas em alguns aspectos e similares em outros. Os valores constantes na Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004 (Tabela 2), referem-se ao conteúdo químico em Sedimentos de Fundo (SF), desconsiderando a bioacumulação e a biodisponibilidade. Portanto, os teores apresentados podem estar acrescidos em relação àqueles coletados em SAC em função da bioacumulação.

Nesta perspectiva, a presente pesquisa teve como foco principal, fazer uma avaliação de metais pesados nos sedimentos ativo de corrente (SAC) na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó e compará-las com diretrizes para Sedimentos de fundo, do

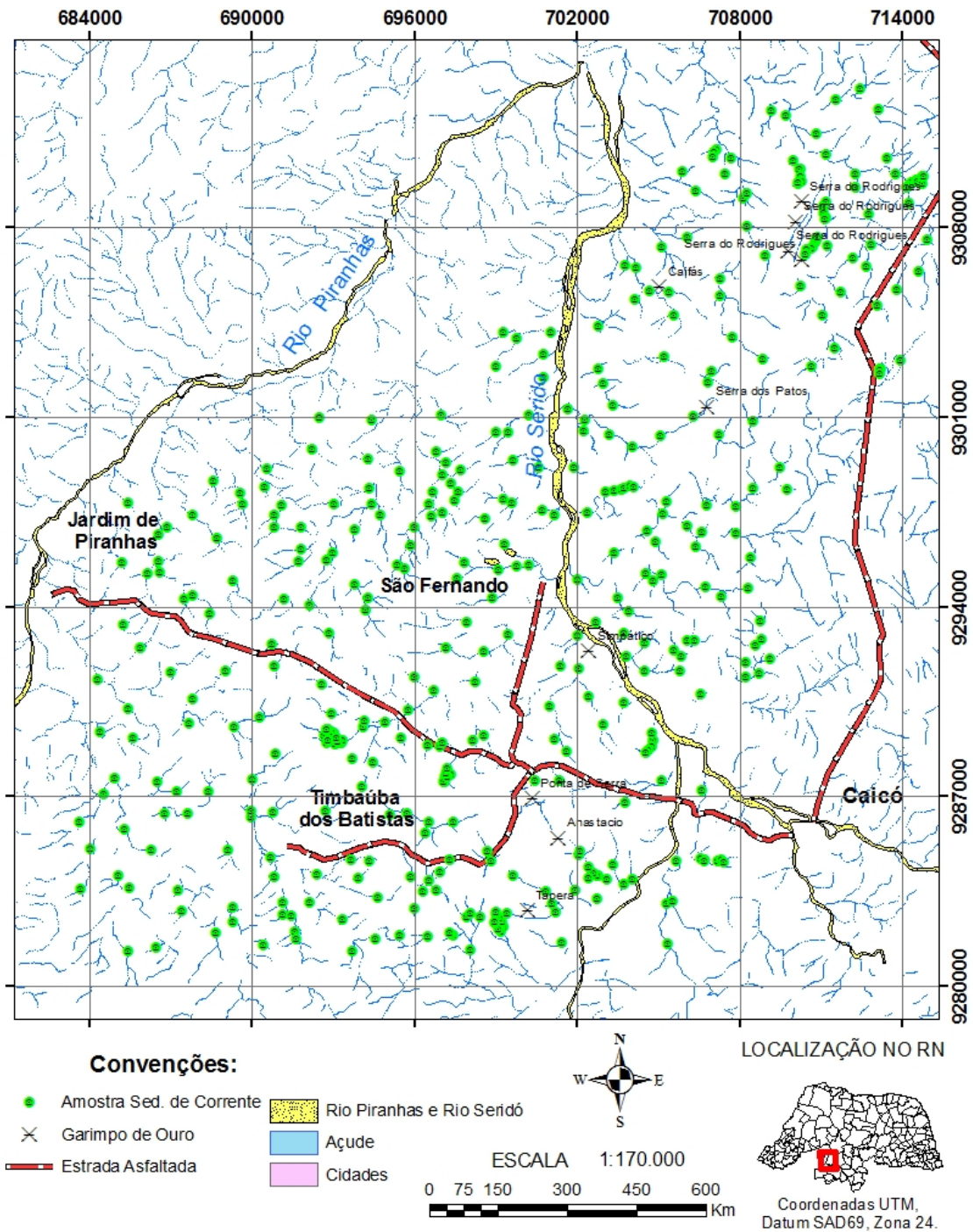


Figura 1 - Mapa de Localização das estações de coleta de amostras SAD, entre os municípios de Caicó e de São Fernando, no Estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. (Georreferenciamento segundo coordenadas UTM, Datum SAD69, Zona 24)

CONAMA e do Wisconsin Department of Natural Resources (2003).

METODOLOGIA

Foram coletadas 432 amostras de SAC na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte (figura 1), nordeste do Brasil, onde se constatou teores de As, Cd, Pb, Cu, Cr e Ni acima daqueles níveis recomendados pelas normas

brasileiras para a qualidade dos sedimentos a serem dragados, ou seja, os SF's. Pela ausência de outros parâmetros, se utilizou deste da Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, por ser o SF aquele que mais se assemelha aos SAC.

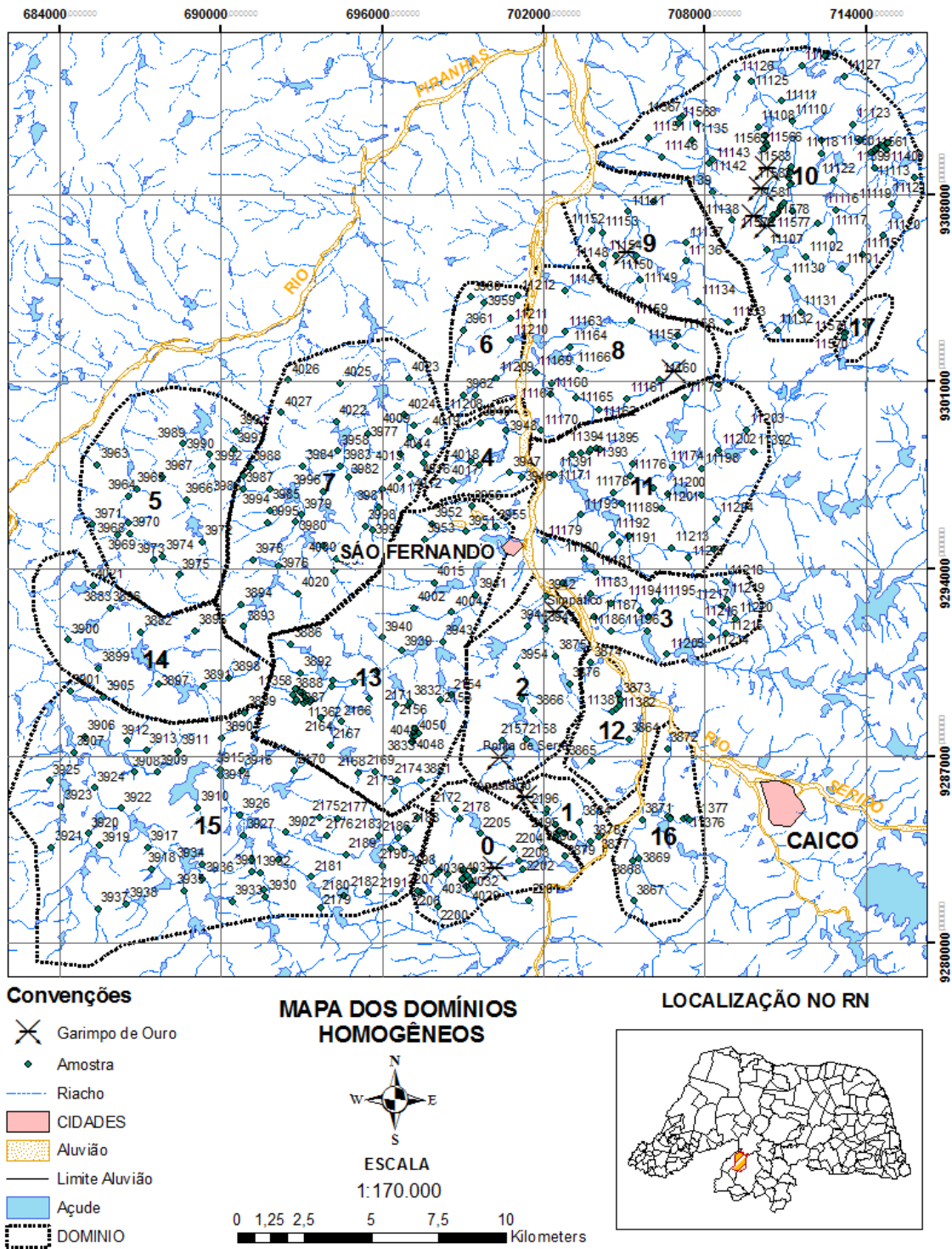


Figura 2 - Distribuição dos domínios homogêneos na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil – áreas dentro de um mesmo polígono são consideradas homogêneas com respeito aos teores As, Cd, Pb, Cu, Cr e Ni

Os dados coletados foram divididos em 18 domínios homogêneos, uma vez que o conjunto de teores de cada um dos elementos aqui apresentados revelou uma distribuição multimodal por refletirem diferentes fontes de

contaminação (confirmada pela análise do fluxo direcional da rede de drenagem, altimetria, imagens de satélite CBERS, imagem SRTM referência SB-24-Z-B e interpretação tridimensional do modelo digital do terreno).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesses 18 Domínios convém destacar que o Cádmiu só esta presente acima do limite inferior de detecção no Domínio 13, a prata nos domínios 10 e 12 e o

TABELA 1 - Teores médios em ppm dos elementos químicos determinados em cada domínio homogêneo na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil

| | As | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Ni | Pb | S | W | Zn |
|------------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Domínio 0 | 0 | 0 | 3,9 | 8,3 | 5,4 | 1,2 | 12,7 | 12,7 | 1,53 | 21,1 | 21,1 |
| Domínio 1 | 0 | 0 | 4,6 | 8,6 | 3,6 | 1,1 | 6,9 | 7,0 | 0 | 14,7 | 14,6 |
| Domínio 2 | 1,9 | 0 | 5,3 | 15,5 | 6,3 | 1,2 | 11,0 | 11,1 | 2,4 | 23,9 | 23,9 |
| Domínio 3 | 1,5 | 0 | 8,4 | 28,0 | 5,6 | 1,1 | 12,6 | 12,8 | 1,8 | 18,9 | 18,8 |
| Domínio 4 | 1,8 | 0 | 9,8 | 40,1 | 5,1 | 1,5 | 11,3 | 11,3 | 1,7 | 26,1 | 26,1 |
| Domínio 5 | 0 | 0 | 10,2 | 31,3 | 4,5 | 1,4 | 5,5 | 5,5 | 1,6 | 27,5 | 27,5 |
| Domínio 6 | 0 | 0 | 10,3 | 23,1 | 3,2 | 1,2 | 7,2 | 7,4 | 1,4 | 28,1 | 28,1 |
| Domínio 7 | 2,5 | 0 | 9,1 | 33,3 | 5,9 | 1,3 | 5,8 | 5,9 | 1,6 | 23,6 | 23,6 |
| Domínio 8 | 1,3 | 0 | 8,5 | 30,8 | 9,1 | 1,4 | 16,3 | 16,3 | 1,8 | 21,8 | 21,8 |
| Domínio 9 | 0 | 0 | 5,4 | 30,3 | 7,2 | 1,6 | 4,5 | 4,7 | 2,5 | 29,1 | 29,1 |
| Domínio 10 | 0 | 0 | 8,1 | 34,8 | 9,8 | 1,7 | 8,4 | 8,5 | 2,3 | 31,7 | 31,6 |
| Domínio 11 | 1,3 | 0 | 7,9 | 24,5 | 5,9 | 1,2 | 14,1 | 14,1 | 1,3 | 18,4 | 18,4 |
| Domínio 12 | 0 | 0 | 7,8 | 17,7 | 8,4 | 1,4 | 8,2 | 8,3 | 1,7 | 25,2 | 25,2 |
| Domínio 13 | 0,6 | 0,02 | 10,1 | 39,2 | 16,1 | 2,0 | 16,2 | 0 | 4,4 | 31,5 | 25,5 |
| Domínio 14 | 0 | 0 | 4,1 | 19,4 | 1,2 | 1,2 | 7,4 | 0 | 0,7 | 23,4 | 23,4 |
| Domínio 15 | 0,4 | 0 | 6,0 | 18,3 | 6,5 | 1,5 | 13,0 | 0 | 2,7 | 29,2 | 29,1 |
| Domínio 16 | 0 | 0 | 5,7 | 18,2 | 7,7 | 1,2 | 3,5 | 0 | 0,6 | 15,0 | 14,9 |
| Domínio 17 | 0 | 0 | 4,8 | 20,8 | 5,1 | 1,4 | 5,0 | 0 | 0 | 25,0 | 25,0 |

arsênio nos domínios 2, 3, 4, 7, 8, 11, 13 e 15. O chumbo nos domínios 13, 14, 15, 16 e 17 (Figura 2).

Destaca-se a Correlação fortemente positiva entre o W e Zn em todos os domínios, como pode ser observado, ainda que parcialmente, pelas médias aritméticas de teores de alguns elementos listadas por domínio na tabela 1. Todavia, esses elementos não foram considerados neste trabalho por não constarem na Resolução do CONAMA. Uma forte correlação também pode ser observada entre o Chumbo e o Níquel do domínio 0 ao domínio 12 (figura 2), uma vez que nos demais domínios o Pb está ausente ou abaixo do limite de detecção. Essas fortes correlações sugerem uma associação geoquímica entre esses elementos e que cada domínio se constitui numa fonte única de

suprimento de metais para a bacia de captação.

Observa-se, na figura 3, a média dos teores dos elementos As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. As linhas alternadas, tracejadas e pontilhadas, referem-se aos valores de referência dos metais para água doce, acrescido dos números 1 e 2 referentes aos níveis 1 e 2 (quando os teores situam-se na escala do gráfico), conforme estabelecido naquela resolução do CONAMA. O zinco não está incluído, pois o valor mínimo de referência, 123 mg/Kg, situa-se fora dos valores de área de abrangência do gráfico, denotando que nenhum elemento teve teor médio que atingisse tais valores. O Cr, Cu e Pb estão representados no gráfico apenas com respeito ao nível 1, pois os valores relativos ao nível 2 fogem da escala do gráfico.

Observa-se que as médias dos elementos estão abaixo dos

valores de referências, exceto o cromo nos domínios 4 e 13.

Na figura 4 é possível comparar os valores de teores máximos e os teores acima da média aritmética mais um desvio padrão ($X + \sigma$) com os valores de referência em cada um dos 18 domínios. Ressalta-se que os teores máximos e $X + \sigma$ de cromo são mais elevados que os de referência do nível 1 em quase todos os domínios e são maiores que o nível 2 nos domínios 5, 7 e 13.

A tabela 2, que lista a frequência de teores acima dos valores de referência e da média mais um desvio padrão ($X + \sigma$), em cada um dos 18 domínios, corrobora com o gráfico da figura 4.

Quando a comparação é feita com os valores de referência do nível 1 estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, tomados a partir do TEC (Threshold Effect

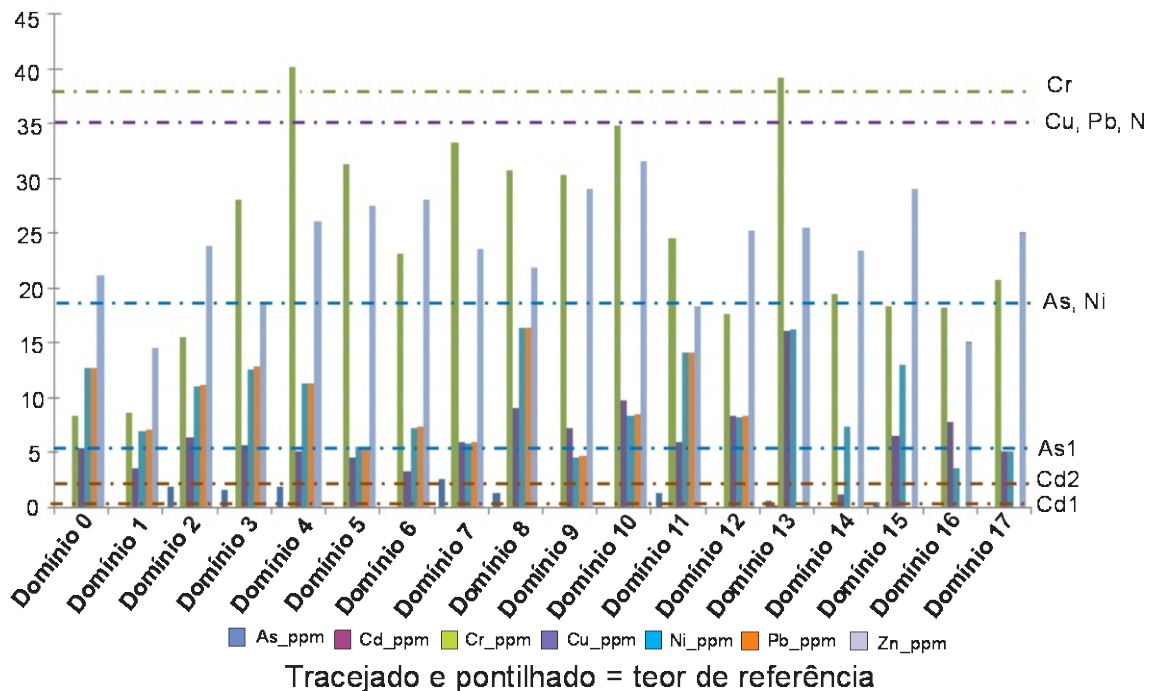


Figura 3 - Teores médios dos elementos químicos determinados em cada domínio homogêneo e seus respectivos valores de referência propostos pela resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004

Concentration de McDonald *et al.*, 2003), limiar a partir do qual o teor passa a ser preocupante à saúde. De outra forma podemos afirmar que nos casos em que os teores estejam acima dos valores de referência, o sedimento possui quantidades preocupantes do metal em questão. Este é o caso do arsênio que apresenta 3 dados de teor acima do

valor de referência no domínio 13, configurando aquela área numa região preocupante. Somando-se a isto se inclui, apesar dos cuidados tomados com a amostragem, transporte e análises, as questões peculiares do arsênio, que exigem cuidados especiais, sem os quais os teores de As são facilmente subdimensionados

Os valores anômalos geoquimicamente em relação à população de dados de cada domínio são aqueles acima da $X + \sigma$. Em alguns casos essas anomalias não são preocupantes em relação à saúde, pois estão abaixo daqueles valores de referência estabelecidos pela resolução do CONAMA, conforme a maioria dos casos

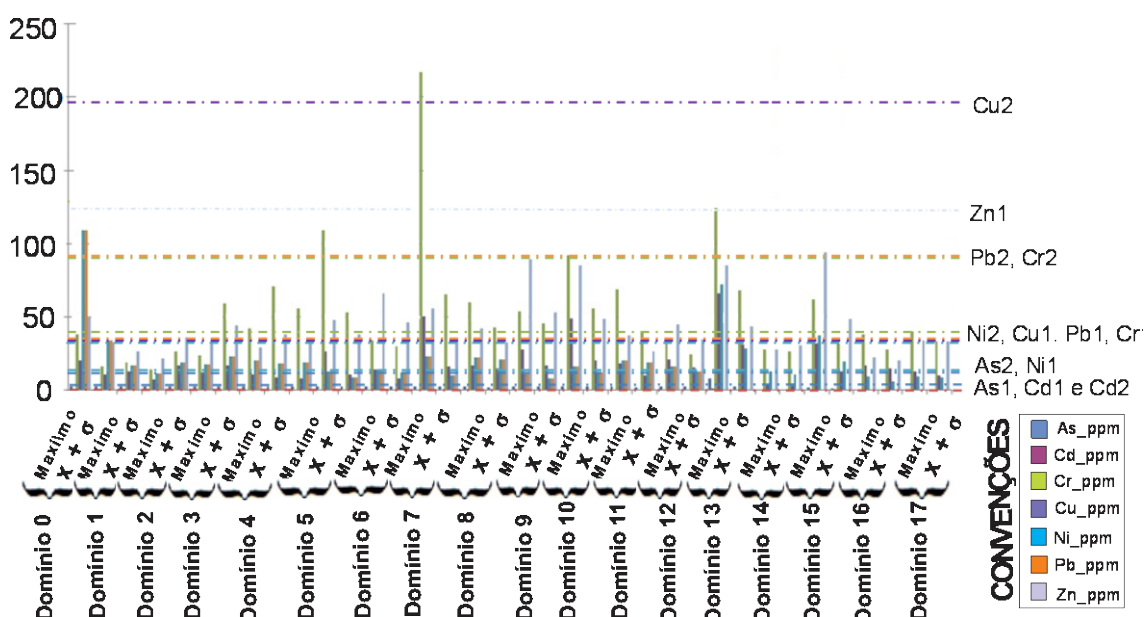


Figura 4 - Valores Máximos e seus desvios padrão dos elementos químicos determinados em cada domínio homogêneo e os respectivos valores de referência propostos pela Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004

TABELA 2 - Frequência dos Teores dos Elementos Químicos acima dos Valores de Referência(*) e Frequência dos Valores acima da Média Aritmética mais um Desvio Padrão, determinados para cada Domínio Homogêneo

| D | | As_ppm | Cd_ppm | Cr_ppm | Cu_ppm | Ni_ppm | Pb_ppm | Zn_ppm |
|----|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | FREQ>REF | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 | 0 |
| 0 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 1 | FREQ>REF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | FREQ>REF | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 2 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 3 | FREQ>REF | 0 | 0 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| 3 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 4 | 3 | 1 | 4 | 3 |
| 4 | FREQ>REF | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 4 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | FREQ>REF | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | FREQ>REF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 7 | FREQ>REF | 0 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 2 | 5 | 3 | 3 | 5 |
| 8 | FREQ>REF | 0 | 0 | 3 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| 8 | FREQ>X+ σ | 3 | 0 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 9 | FREQ>REF | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | FREQ>REF | 0 | 0 | 24 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 10 | 9 | 7 | 7 | 7 |
| 11 | FREQ>REF | 0 | 0 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 |
| 11 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 6 | 4 | 3 | 3 | 6 |
| 12 | FREQ>REF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 13 | FREQ>REF | 3 | 1 | 26 | 9 | 22 | 0 | 0 |
| 13 | FREQ>X+ σ | 3 | 1 | 11 | 9 | 3 | 0 | 10 |
| 14 | FREQ>REF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 15 | FREQ>REF | 0 | 0 | 4 | 0 | 11 | 0 | 0 |
| 15 | FREQ>X+ σ | 10 | 0 | 9 | 7 | 6 | 0 | 6 |
| 16 | FREQ>REF | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 3 |
| 17 | FREQ>REF | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | FREQ>X+ σ | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

D = Domínio Homogêneo

(*) Valores de Referência propostos pela Resolução CONAMA Nº 344, de 25 de Março de 2004.

segundo registrado na tabela 2. Em outros, todavia, o valor $X + \sigma$ é maior que o valor de referência e, assim, a frequência de dados acima do valor de referência é maior que a frequência de dados acima do valor

de referência, como é o caso do Ni nos domínios 0, 3, 4, 8, 11, 13 e 15 e do Cr nos domínios 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 e 13. O Níquel tem 90 amostras acima do valor de referência, ocorrendo este fato em 13 dos 18

domínios. Já o Cr tem 64 teores acima do nível 1 de referência, tendo este fato se repetido em 9 dos 18 domínios. O Cu encontra-se acima da referência nos domínios 7, 10, 13, o Pb só tem teor acima da

referencia no domínio 0 e o Cd só tem teor acima da referencia no domínio 13. O Zinco é o único elemento que se manteve abaixo do nível de referência indicado pela Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004 em todos os domínios.

O estudo realizado por Alba *et al.* (2008) em sedimentos corrente do vale da Ribeira(SP), sugere que os sedimentos de corrente são indicadores eficientes da presença de solos com seu padrão de qualidade alterado, principalmente quando envolvidas anomalias multivariadas expressivas.

CONCLUSÃO

Na região de confluência dos Rios Piranhas e Seridó, abrangendo os municípios de Caicó, Timbaúba dos Batista e São Fernando, os metais As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb estão geodisponíveis em concentrações prejudiciais a saúde humana, conforme os valores de referência da Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, do Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2002), de MacDonald *et al.* (2000), Mc Donald *et al.* (2003), da USEPA (2010) e do Wisconsin Department of Natural Resources (2003).

Dos elementos investigados o Zinco foi o único elemento com concentrações abaixo do nível de referência indicados por estas instituições.

No sedimento de corrente o Arsênio, o primeiro da lista dos mais perigosos da ASTDR (2014), se encontra acima do valor de referência na área que engloba uma sub-bacia de drenagem imediatamente a montante da sede do município de São Fernando e do açude que a abastece.

Os sedimentos ativos de corrente são apropriados para indicar a fonte e a área de dispersão de metais numa bacia hidrográfica, enquanto os sedimentos de fundo refletem uma mistura das porções geogênicas, biogênicas e

antropogênicas, incluindo a porção SAC presente entre aquelas geogênicas. A depender da participação de cada uma dessas porções no SF, a amostra pode refletir, mais fortemente, informações à montante da estação de coleta, ou dados “*in situ*”, ou ainda uma mistura indivisível de ambos.

Os valores de referência de metais pesados numa bacia hidrográfica não podem ser determinados pela simples comparação com aqueles valores indicados na Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Todavia, se considera esses valores pela absoluta ausência de referências mais apropriadas.

REFERÊNCIAS

ALBA, José Maria Filippini, SOUZA FILHO, Carlos Roberto, FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro. Análise da assinatura geoquímica de solos e de sedimentos de corrente no Vale do Ribeira (SP) por meio de um sistema de informação geográfica. Revista Brasileira de Geociências José Maria Filippini Alba *et al.* 38(1): 66-77, março de 2008. **Revista Brasileira de Geociências** 38(1): 66-77, março de 2008

ASTDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) - **The Priority List of Hazardous Substances**. 2014. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/spl/>

BAY, Steven; GREENSTEIN Darrin; YOUNG, Diana. **Evaluation of Methods for Measuring Sediment Toxicity in California Bays and Estuaries**. Southern California Coastal Water. Research Project. Technical Report 503, March 2007.

CBSQG (2000) = MacDonald, D.D., C.G. Ingersoll, and T.A. Berger. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater

ecosystems. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39:20-31. 2000 a.

CCME Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian **Environmental Quality Guidelines - Summary Tables**. 2002.

CRANE, J.L., MACDONALD, D.D.; INGERSOLL, C.G.; SMORONG, D.E.; LINDSKOOG, R.A.; SEVERN, C.G.; BERGER, T.A. and FIELD, L.J. Development of a framework for evaluating numerical sediment quality targets and sediment contamination in the St. Louis River Area of Concern. EPA 905-R-00-008. Great Lakes National Program Office. United States Environmental Protection Agency. Chicago, Illinois. 107 pp. + appendices. 2000.

CRANE Mark. **Proposed development of Sediment Quality Guidelines under the European Water Framework Directive: a critique**. Crane Consultants, Chancel Cottage, 23 London Street, Faringdon, Oxfordshire SN7 7AG, UK, Toxicology Letters 142 (2003) 195_/206.

FLÜCK, R.; CAMPICHE, S.; CHÈVRE, N.; ALENCASTRO, F. DE; FERRARI, B.; SANTIAGO, S. **Use of sediment quality criteria for the assessment of sediment toxicity : Applicability to Switzerland**. First report in the Project “Assessment of Swiss sediment toxicity”. Centre Suisse d’écotoxicologie appliquée Eawag EPFL. August 2010.

LINS, Carlos Alberto Cavalcanti. **Manual Técnico da Área de Geoquímica da CPRM - versão 5.0**. Min. Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2003.

MACDONALD, D.D. and MACFARLANE, M.. 1999. (Draft). **Criteria for managing contaminated sediment in British Columbia**. British Columbia Ministry of

Environment, Lands, and Parks.
Victoria, British Columbia.

MACDONALD, D. D., INGEROLL, C. G., BERGER, T. A. – Development and Evaluation of Consensus – Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. **Archives Environmental Contamination and Toxicology** 39, 20-31, 2000.

MACDONALD, D. D., INGEROLL, C. G., SMORONG, D.E.; LINDSKOOG, R.A.; SLOANE G.; BIERNACKI T. **Development and Evaluation of Numerical Sediment Quality Assessment Guidelines for Florida Inland Waters. Technical Report.** Prepared for: Florida Department of Environmental Protection, USA, 2003.

NOAA (1991) = Long, E.R. and L.G. Morgan. 1991. **The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program.** NOAA Technical Memorandum NOS OMA 52. National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, Washington.

PEREIRA *et al.* Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos traço em sedimentos. **Química Nova**, Vol 30, n 5. 2007. P 1249-1255

ONTARIO (1993) = Persaud, D.R., R. Jaagumagi, and A. Hayton. 1993. **Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario.** Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy. Toronto, Canada.

RESOLUÇÃO N o 344, DE 25 DE MARÇO DE 2004, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA**, disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34404.xml>.

RITTER, Kerry J.; BAY, Steven M.; SMITH, Robert W.; VIDAL-DORSCH,

Doris E. and FIELD L. Jay. **Sediment Quality Guidelines Based on Benthic Macrofauna Responses.**, NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle. Sediment quality guidelines based on benthic macrofauna responses, Integr. Environ. Assess. Manag. © 2011 SETAC

SIMPSON, Stuart L; BATLEY, Graeme E; CHARITON, Anthony A; STAUBER, Jenny L; KING, Catherine K; CHAPMAN, John C; HYNE, Ross V; GALE, Sharyn A; ROACH, Anthony C; MAHER, William A. **Handbook for Sediment Quality Assessment.** ISBN 0 643 09197 1 (CSIRO: Bangor, NSW), University of Canberra, 2005.

USEPA Ohio. **Guidance on Evaluating Sediment Contaminant Results.** Division of Surface Water. Standards and Technical Support Section. January 2010.

Wisconsin Department of Natural Resources, Box 7921 Madison, WI 53707 **Consensus-Based Sediment Quality Guidelines. Recommendations for Use & Application Interim Guidance.** December 2003, WT-732 2003

Recebido em: set/2012
Aprovado em: jun/2014

Análise da Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e Nível de Estresse em Trabalhadores da Construção Civil

Analysis of Quality of Life, Work Ability and Level of Stress in Construction Workers

RESUMO

Analisou-se o perfil epidemiológico, fatores de riscos envolvidos na atividade e QV do trabalhador da construção civil. Pesquisa de delineamento transversal, de caráter epidemiológico, com 71 trabalhadores. Foram aplicados: Questionário Epidemiológico, Critério de Classificação Econômica da ABEP, Questionário de Qualidade de Vida, Perfil do ambiente e condições de trabalho, Índice de Capacidade para o Trabalho, Questionário de Sintomas Osteomusculares e *Job Stress Scale*. Os resultados foram analisados descritivamente e correlacionados. Houve uma predominância de trabalhadores pardos, média de 36 anos, primeiro grau de escolaridade, sedentários, classe econômica "C", receberam treinamento, possuíam boa percepção de QV e saúde, boa capacidade para o trabalho e baixo índice de estresse. As variáveis revelaram que a idade está relacionada com a qualidade de vida, capacidade para o trabalho e nível de estresse. Conclui-se que quanto melhor o ambiente e as condições de trabalho melhor será a QV e menor a percepção do estresse.

PALAVRAS-CHAVE: construção civil; qualidade de vida; capacidade para o trabalho; estresse

ABSTRACT

Analyzed the epidemiology, risk factors involved in the activity and QOL worker. Conducted a cross-sectional survey, with 71 construction workers. Were applied: Epidemiological Survey, Economic Classification Criterion ABEP, Quality of Life Questionnaire, Profile of the environment and working conditions, index the Work Ability, Musculoskeletal Questionnaire and Job Stress Scale. The results were descriptively analyzed and correlated. There was a predominance of brown workers, 36 years old, elementary education, sedentary, economic class "C", received training, had good perception of QOL and health, good workability and low level of stress. The variables shown that age is related to the quality of life, ability to work, and stress level. Conclude that the better the environment and working conditions better QOL and less perceived stress.

KEYWORDS: construction, quality of life; capacity for work, stress

Hernani Camilo Valinote

Mestre em Ciências Ambientais e Saúde pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás Goiânia, GO, Brasil
hernanivalinote@gmail.com

Lílian Fernanda Pacheco

Professora Doutora da Universidade Estadual de Goiás Goiânia, GO, Brasil
lilianx@hotmail.com

Fabiana Pavan Viana

Professora Doutora da Pontifícia Universidade Católica de Goiás Goiânia, GO, Brasil
pavanviana@gmail.com

Cibelle Kayenne Martins Roberto Formiga

Professora Doutora da Universidade Estadual de Goiás Goiânia, GO, Brasil
cibellekayenne@gmail.com

INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta várias peculiaridades que refletem uma estrutura dinâmica, complexa e com alto grau de risco inerente as atividades desenvolvidas (ANDRADE, 2004). Representa 5,2% do produto interno bruto (PIB) da União Europeia (UE), empregando 12,7 milhões dos trabalhadores (7,9% do total da UE) (KARJALAINEN, 2004; LUNDHOLM, 2004).

Na UE, a construção civil é o setor que apresenta os mais elevados níveis de acidentes de trabalho, com mais de três dias de ausência, além do maior índice de óbito (LUNDHOLM, 2004). Os custos relacionados aos incidentes ocupacionais aumentam as perdas financeiras (LIPSCOMB *et al.*, 2006). Assim, a promoção de intervenções eficazes para prevenir os acidentes de trabalho é à base de uma política de saúde eficaz e segura, garantindo a saúde e a redução dos encargos sociais relacionados aos custos indiretos da lesão no trabalho (LUNDHOLM, 2004; SMITH *et al.*, 2006). Embora um grande progresso tenha sido feito como resultado da melhoria das medidas preventivas, as taxas de mortalidade e de acidentes de trabalho ocupam um nível inaceitavelmente elevado (KONKOLEWSKY, 2004).

Qualidade de vida relacionada à saúde e estado subjetivo de saúde são conceitos afins, centrados na avaliação subjetiva do indivíduo e ligados ao impacto do estado de saúde sobre a capacidade do indivíduo de viver plenamente. O termo é mais geralista e inclui uma variedade potencialmente maior de condições que podem afetar a percepção do indivíduo, incluindo a sua condição de saúde e as intervenções médicas (FLECK *et al.*, 1999).

As interações, as características do trabalho e as diferenças individuais influenciam na motivação, satisfação e produtividade dos trabalhadores

(RUGUÊ, 2001). Assim a QVT está associada à satisfação dos trabalhadores no desempenho de suas funções (FIGUEIREDO *et al.*, 2009).

Por ter a QV um cunho holístico e gerar inúmeros benefícios ao empregado e ao empregador é que as empresas passaram a desenvolver gestões estratégicas de pessoas, por meio de ações de melhoria do ambiente e condições de trabalho, emprego de técnicas de ginástica laboral, sessões de relaxamento, atividades lúdicas e outros (MELLO, 2011).

A capacidade para o trabalho pode ser definida como a qualidade física e/ou mental com que o homem desenvolve o seu trabalho a qual é a base do bem estar para o ser humano. Ela se degrada ao longo da vida, sendo que para tal há a contribuição de vários fatores, não só os ligados aos aspectos fisiológicos, como características físicas, psíquicas e alterações do ritmo cardíaco, como também os fatores ligados ao próprio trabalho (MARTINS, 2002).

O conceito que o trabalhador tem da sua capacidade para o trabalho, quanto à opinião dos especialistas são importantes, pois em conjunto, estas avaliações fornecem uma melhor visão da capacidade para o trabalho, que pode ser verificada por meio de um índice denominado Índice de Capacidade para o Trabalho (ICT) (TUOMI *et al.*, 1997).

Existe uma estreita relação entre capacidade percebida para o trabalho e QV de indivíduos empregados em atividades fisicamente exigentes. A promoção da capacidade para o trabalho também pode influenciar na qualidade de vida. Comunidade de trabalho e organização, recursos individuais e competência profissional podem ter mais potencial no aumento da capacidade para o trabalho (SÖRENSEN, *et al.*, 2008).

O estresse é um desgaste geral do organismo, causado pelas

alterações psicofisiológicas que ocorrem quando o indivíduo encontra-se forçado a enfrentar uma situação que desperte uma emoção forte, boa ou má, e que exija mudanças (LIPP *et al.*, 2007).

O resultado de um esforço exagerado pode levar ao adoecimento, e as respostas ao estresse podem mobilizar o organismo a encontrar recursos para enfrentar as situações que exijam adaptação. Ou seja, a maneira como esses esforços são direcionados e a identificação das suas consequências é que ajudam a ter êxito ou não com a saúde (SILVA, 2000).

Um indivíduo está submetido ao estresse quando necessita fazer frente a uma demanda qualquer, que avalie como superiores a seus recursos, de maneira que não pode produzir uma resposta efetiva. Nesse tipo de situação, o organismo emite uma resposta de estresse, com importante aumento da ativação fisiológica, cognitiva e motora. As consequências dessa ativação dependem da duração e intensidade do evento estressor. Assim, quando a resposta ao estresse é frequente e intensa, poderá repercutir negativamente, com manifestações psicofisiológicas ou psicossomáticas. O estresse ocupacional, por sua vez, se refere aos estímulos do ambiente de trabalho e às respostas aversivas frente a esses estímulos (LABRADOR *et al.*, 1993).

A manutenção da saúde física e mental da pessoa ou seu adoecimento está relacionado à interpretação do mundo exterior e aos recursos que dispõe para atender às demandas e aos estímulos aos quais está exposta. Quanto maior a compreensão e o controle das pressões e das situações que a influenciam melhor será a adaptação e as respostas que essa pessoa produzirá. No entanto, se o estresse laboral prevalecer, seu efeito sobre o indivíduo será negativo, desestimulando a realização de suas tarefas,

provocando sentimentos de solidão, impotência, desânimo e diminuindo sua capacidade para o trabalho, a qual é conceituada como o quão bem está o trabalhador e quão capaz ele pode executar seu trabalho, em função das exigências, de seu estado de saúde e de seus recursos físicos e mentais (ILMARINEN *et al.*, 2005).

A sociedade tem assistido a um aumento na complexidade das tarefas laborais. Sendo assim, é importante entender melhor o modo como a saúde pode ser afetada quando as condições psicossociais de trabalho são predominantemente adversas, gerando o estresse ocupacional (ELIAS *et al.*, 2006).

Greenberg (2002) revela que 70% dos trabalhadores de uma empresa nos Estados Unidos relatavam o estresse do trabalho resultava em problemas frequentes de saúde e que baixava sua produtividade. Sendo que cerca de 34% destes trabalhadores pensavam em pedir demissão por causa do estresse, 46% diziam que seu emprego era extremamente estressante, 17% diziam que faltavam com frequência ao emprego devido ao estresse e 34% achavam que em um ano seriam incapazes de continuar no emprego, devido ao estresse (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA, 2003).

O estresse não pode ser completamente eliminado, mas, sim, deve ser controlado para que não seja excessivo, pois quando se chega a esse nível a pessoa ultrapassa seus limites, esgotando sua capacidade de adaptação, prejudicando sua qualidade de vida e ocasionando adoecimento (LIPP *et al.*, 2007).

Com base na crescente demanda pelo trabalho na construção civil nos últimos anos e considerando a relação dinâmica entre nível de estresse e qualidade de vida dos trabalhadores, o presente estudo tem o objetivo de analisar os níveis e influência de

variáveis como a idade, escolaridade e nível de atividade física na qualidade de vida, capacidade para o trabalho e estresse entre os trabalhadores de uma construção civil em Goiânia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo de Estudo

Pesquisa de delineamento transversal, de caráter epidemiológico, em que foram avaliados os fatores de risco do ambiente de trabalho, percepção e qualidade de vida de trabalhadores da construção civil.

Amostra

Participaram do estudo, 71 trabalhadores de uma empresa da indústria da construção civil. Critérios de inclusão: trabalhadores da construção civil nas áreas mais diversas áreas; ter idade superior a 18 anos; trabalhar na área da construção civil diariamente; disposição em participar da pesquisa voluntariamente. Critério de exclusão: participantes de outras pesquisas; trabalhadores que estejam afastados por licença médica e trabalhador que não esteja registrado na empresa em que trabalha ou esteja cumprindo aviso prévio.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (protocolo nº 036/11) e os sujeitos da pesquisa preencheram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Materiais e instrumentos

Para a coleta dos dados foram utilizados os seguintes instrumentos:

a) Questionário Epidemiológico

Para traçar o perfil epidemiológico da amostra estudada foi elaborado um questionário contendo os seguintes dados: Cor de pele; Estado civil;

Escolaridade; Ocupação na empresa; Turno de trabalho; Consumo de bebida alcoólica e tabaco; Prática de atividades físicas; Percepção de saúde e felicidade; Fatores ambientais do trabalho.

b) Critério de Classificação Econômica da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (2003)

Este critério considera o poder de compra das pessoas e o grau de instrução do chefe da família, variando de 0 a 34 pontos, classificando-as em uma escala ordinal decrescente como: Classe A1 (30 a 34 pontos), Classe A2 (25 a 29 pontos), Classe B1 (21 a 24 pontos), Classe B2 (17 a 20 pontos), Classe C (11 a 16 pontos), Classe D (6 a 10 pontos) e Classe E (0 a 5 pontos).

c) Questionário de Qualidade de Vida World Health Organization Quality of Life/bref (WHOQOL – Bref) (FLECK, *et al.* 2000).

O WHOQOL/abreviado é um questionário com 26 questões que envolvem aspectos diversos da vida cotidiana, aborda quatro domínios da qualidade de vida: físico, psicológico, meio ambiente e relações sociais (FLECK *et al.*, 2000).

Para cada aspecto da qualidade de vida, expresso no questionário, o sujeito pode apresentar sua resposta por meio de escores que variam de um a cinco, sendo a condição pior no escore um e a melhor no escore cinco. Os resultados dos domínios apresentam valores entre zero e cem, sendo piores os mais próximos de zero e melhores, os mais próximos de cem. Dessa forma, um sujeito que apresente valor igual a 50 para determinado domínio pode ser considerado mediano para esse domínio (FLECK *et al.*, 2000).

d) Índice de Capacidade para o Trabalho (BELLUSCI, 1998)

O índice de capacidade para o trabalho (ICT) é um instrumento de auto avaliação em que o trabalhador avalia a sua capacidade para o trabalho, por isso, tem um efeito importante no modo como este lida com a sua vida profissional

(SILVA, 2000). O ICT foi traduzido e adequado pelo grupo “Brasildade”, grupo este formado por pesquisadores de instituições brasileiras. É um instrumento que revela quão bem um trabalhador é capaz de realizar seu trabalho (BELLUSCI, 1998).

O ICT teve origem em pesquisas de saúde ocupacional desenvolvidas na Finlândia (TUOMI *et al.*, 1997) e caracteriza-se como uma auto avaliação feita pelo trabalhador que traz ideia do seu bem estar e da capacidade para assegurar o seu trabalho, levando em conta as exigências do mesmo, a sua saúde e os recursos psicológicos disponíveis (ILMARINEN *et al.*, 2005; SILVA, 2000).

Os seus principais objetivos são avaliar a perda da capacidade para o trabalho, propor medidas de intervenção e promoção de saúde, prevenindo assim perdas excessivas e mantendo a atual capacidade de trabalho. Pode ser aplicado desde o ingresso na força de trabalho para prognosticar, de forma confiável, as mudanças da capacidade para o trabalho em diferentes grupos ocupacionais. A contribuição do ICT em estudo de avaliação da capacidade para o trabalho se dá pelo seu valor preditivo para invalidez, saúde/doença e mortalidade (MARTINEZ *et al.*, 2008).

O resultado do ICT pode ser utilizado nos níveis individual e coletivo. No nível coletivo permite a identificação de um perfil geral da capacidade para o trabalho, da capacidade funcional e dos fatores que os afetam, direcionando medidas corretivas. Além disso, oferece as facilidades de ser um instrumento de preenchimento rápido, simples e de baixo custo (FISCHER *et al.*, 2005).

No presente estudo foi utilizado apenas o escore final, retratando o próprio conceito do trabalhador sobre a sua capacidade para o trabalho como: capacidade para o trabalho baixa, moderada, boa ou ótima (BELLUSCI, 1998).

e) *Job Stress Scale*, adaptada (ALVES *et al.*, 2004)

A *Job Stress Scale* (JSS), adaptada é um instrumento que avalia as dimensões de: demanda, controle e apoio no trabalho frente ao estresse no ambiente de trabalho e o desgaste resultante de sua interação, onde a demanda é qualquer tipo de pressão de natureza psíquica, que pode ser tanto quantitativa, como pressão de velocidade e tempo, como qualitativa, referente à execução de tarefas. Controle é a possibilidade que o trabalhador tem de utilizar as habilidades intelectuais para realizar seu trabalho e a autoridade que possui para tomar decisões. E apoio no trabalho frente ao estresse no ambiente de trabalho, sendo que a falta desta interação social pode gerar consequências negativas à saúde do trabalhador (ALVES *et al.*, 2004).

A demanda é avaliada por meio de perguntas referentes a aspectos quantitativos (quatro questões) e qualitativos (uma questão) do processo de trabalho. O controle, por meio de questões referentes ao uso e desenvolvimento de habilidades (quatro questões) e à autoridade para tomada de decisões (duas questões) (ALVES *et al.*, 2004).

Procedimentos do Estudo

O pesquisador foi ao ambiente de trabalho dos trabalhadores da construção civil e explicou o objetivo da pesquisa. Após anuência dos trabalhadores, o pesquisador aplicou os instrumentos de coleta em local reservado no próprio ambiente de trabalho. A aplicação dos questionários não atrapalhou a rotina de trabalho e horários de intervalo/descanso dos funcionários. Neste sentido, o pesquisador aguardou a liberação do funcionário pelo setor responsável para maior comodidade e conforto no momento de responder as informações propostas no presente estudo.

Todo o conjunto de dados coletados nos instrumentos usados foram organizado em uma planilha eletrônica do Excel®. Para as variáveis discretas foram utilizados códigos para facilitar o tratamento estatístico dos dados. Exemplos: para a variável sexo, será utilizado 1 para feminino e 2 para masculino. Após a preparação de toda a planilha os dados foram transferidos para uma planilha do SPSS – *Statistical Package for Social Sciences* (versão 15.0) e processadas as análises estatísticas descritiva e inferencial.

Na análise descritiva foi calculada a média, desvio padrão (DP), mediana, valores mínimo e máximo para as variáveis contínuas e as frequências absoluta e relativa para as variáveis discretas.

Na análise de comparação de grupos foi utilizado o teste T de *Student* para verificar as diferenças entre os grupos quanto à idade, escolaridade e hábitos de vida.

RESULTADOS

A amostra constou de 71 trabalhadores da construção civil. Os resultados obtidos serão apresentados nas tabelas a seguir.

Segundo os resultados obtidos, constatou-se que 100% da população eram do gênero masculino, trabalhavam nos turnos matutino e vespertino, 8 horas por dia e todos trabalhavam somente na empresa estudada (Tabela 1). Houve uma predominância da cor parda (56,3%), idade abaixo de 40 anos (62%), média de 36 anos, desvio padrão (DP) 12,5 idade mínima de 18 anos e idade máxima de 67 anos, a maioria solteiro (66,2%) e em relação à escolaridade a maior parte tinham 1º grau completo ou incompleto.

Com relação aos hábitos de vida a maioria não praticam atividade física (54,9%). A população encontrava-se predominantemente na classe econômica “C” (62%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Características da Amostra do Estudo (n=71)

| Características | Frequência | Porcentagem |
|-----------------------------|------------|-------------|
| Cor | | |
| Pardo | 40 | 56,3 |
| Negro | 16 | 22,5 |
| Branco | 15 | 21,1 |
| Idade | | |
| <40 anos | 44 | 62,0 |
| ≥40 anos | 27 | 38,0 |
| Estado Civil | | |
| Solteiro | 47 | 66,2 |
| Casado | 24 | 33,8 |
| Escolaridade | | |
| 1º Grau Completo/Incompleto | 49 | 69,0 |
| 2º Grau Completo/Incompleto | 22 | 31,0 |
| Pratica atividade Física | | |
| Não | 39 | 54,9 |
| Sim | 32 | 45,1 |
| Tipo de Atividade Física | | |
| Nenhuma | 39 | 54,9 |
| Futebol | 21 | 29,6 |
| Bicicleta/Caminhada | 8 | 11,3 |
| Academia/Dança | 4 | 5,6 |
| Classe Econômica | | |
| Classe B | 5 | 7,0 |
| Classe C | 44 | 62,0 |
| Classe D | 21 | 29,6 |
| Classe E | 1 | 1,4 |

Na tabela 2 Ao analisar as médias individuais de cada domínio do WHOQOL-BREF, verificou-se que os menores escores, ou seja, aqueles domínios que apresentaram maior influencia para a queda da qualidade de vida dos trabalhadores da construção civil, foram o meio ambiente, seguido do psicológico. Já os maiores escores, aqueles que interferiram para uma melhor

qualidade de vida dos participantes, foram referentes ao domínio das relações sociais e físicos respectivamente, ficando uma média para todos os domínios 73,9.

A média do índice de capacidade para o trabalho foi de 39,2.

A média da demanda do trabalho foi acima de 13,5, considerada uma demanda de

trabalho alta, sobrecarregando o trabalhador neste item, porém o controle obteve uma média de 16,6, considerado um controle alto, que quer dizer que o trabalhador possui o controle suficiente para uma boa realização e execução do trabalho, assim como o apoio, que obteve uma média de 18,7, o que significa que o trabalhador tem um bom apoio dos colegas de trabalho,

Tabela 2 – Resultados da Pontuação na avaliação da Qualidade de Vida, Índice de Capacidade para o Trabalho e Nível de Estresse

| | Média | DP | Mín. | Máx. |
|---|-------|------|------|------|
| Qualidade de Vida | | | | |
| Domínio Físico | 79,1 | 11,5 | 53 | 100 |
| Domínio Psicológico | 78,3 | 9,9 | 57,5 | 100 |
| Domínio Social | 81,3 | 15,3 | 41,7 | 100 |
| Domínio Ambiental | 56,7 | 12,6 | 34,4 | 93,8 |
| Média | 73,9 | 9,1 | 49,8 | 92,1 |
| Índice de Capacidade para o Trabalho | 39,2 | 3,8 | 29 | 44 |
| Nível de Estresse (<i>Job Stress Scale</i>) | | | | |
| Demanda | 13,5 | 2,6 | 08 | 19 |
| Controle | 16,6 | 2,5 | 11 | 23 |
| Apoio | 18,7 | 2,8 | 08 | 24 |

DP: desvio padrão; Mín.: Mínimo; Máx.: Máximo

Tabela 3 – Análise da Influência da Idade na Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e nível de Estresse dos Trabalhadores

| Itens Avaliados | < 40 anos | | ≥40 anos | | Valor de “p” |
|---------------------|-----------|------|----------|------|--------------|
| | Média | DP | Média | DP | |
| Qualidade de vida | | | | | |
| Domínio Físico | 79,3 | 11,2 | 78,8 | 12,0 | 0,854 |
| Domínio Psicológico | 76,9 | 9,6 | 80,6 | 10,2 | 0,137 |
| Domínio Social | 78,4 | 16,5 | 85,9 | 11,9 | 0,030* |
| Domínio Ambiental | 56,3 | 13,6 | 57,3 | 10,9 | 0,734 |
| Média | 72,8 | 9,7 | 75,7 | 8,0 | 0,176 |
| ICT | 40,0 | 3,6 | 37,8 | 3,7 | 0,016* |
| JSS | | | | | |
| Demanda | 14,1 | 2,5 | 12,6 | 2,4 | 0,018* |
| Controle | 16,6 | 2,4 | 16,5 | 2,6 | 0,852 |
| Apoio | 18,3 | 3,1 | 19,5 | 2,0 | 0,050* |

*p≤0,05; ICT: Índice de Capacidade para o Trabalho; JSS: Job Stress Scale

compensando também a alta da demanda.

Na tabela 3 comparou-se a idade com a qualidade de vida, índice de capacidade para o trabalho e a escala de estresse.

Houve significância estatística entre os trabalhadores com idade de 40 anos ou mais e o domínio social, confirmado pelo apoio social da escala de estresse que também apresentou diferença estatisticamente significativa.

Já os funcionários com idade menor de 40 anos apresentaram uma correlação melhor no ICT.

Com relação a idade e escala de estresse os trabalhadores com idade inferior aos 40 anos

também apresentaram diferença estatisticamente significativa com relação a demanda de trabalho, ou seja, os participantes com menor idade consideram a demanda de trabalho maior que os mais velhos.

Na tabela 4 apresenta a comparação da escolaridade. Houve somente diferença estatisticamente significativa entre a escolaridade e o apoio social da escala de estresse, onde quem tinha grau de escolaridade maior obteve maior pontuação neste item.

Na tabela 5 mostra a comparação entre os trabalhadores praticantes de atividade física e os não praticantes com o nível de qualidade de vida, capacidade para o trabalho e estresses.

Houve diferença significativa entre os não praticantes de atividade física e os praticante no quesito demanda de trabalho do JSS, onde os não praticantes obtiveram pontuação maior, significando que os não praticantes de atividade física interpretam que há sobrecarga de trabalho maior.

DISCUSSÃO

Todos os funcionários eram do sexo masculino, com predominância da cor parda e idade média de 36 anos, classe econômica foi a “C”, o cargo de maior ocupação foi o de servente, escolaridade a maior parte tinha 1º grau completo

Tabela 4 – Análise da Influência da Escolaridade na Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e nível de Estresse dos Trabalhadores

| Itens Avaliados | 1º Grau | | 2º Grau | | Valor de “p” |
|---------------------|---------|------|---------|------|--------------|
| | Média | DP | Média | DP | |
| Qualidade de vida | | | | | |
| Domínio Físico | 79,9 | 11,3 | 77,4 | 12,0 | 0,415 |
| Domínio Psicológico | 77,8 | 9,7 | 79,5 | 10,5 | 0,527 |
| Domínio Social | 81,1 | 15,1 | 81,5 | 16,0 | 0,922 |
| Domínio Ambiental | 56,6 | 12,5 | 56,9 | 13,1 | 0,925 |
| Média | 73,9 | 8,7 | 73,8 | 10,3 | 0,911 |
| ICT | 39,2 | 3,8 | 39,1 | 3,7 | 0,912 |
| JSS | | | | | |
| Demanda | 13,6 | 2,6 | 13,4 | 2,6 | 0,742 |
| Controle | 16,3 | 2,3 | 17,0 | 2,7 | 0,298 |
| Apoio | 18,2 | 2,6 | 19,9 | 2,8 | 0,027* |

*p≤0,05; ICT: Índice de Capacidade para o Trabalho; JSS: Job Stress Scale

Tabela 5 – Análise da Influência da Prática da Atividade Física na Qualidade de Vida, Capacidade para o Trabalho e nível de Estresse dos Trabalhadores

| Itens Avaliados | Prática | | Não Prática | | Valor de "p" | |
|-------------------|----------------|------|-------------|------|--------------|--------|
| | Média | DP | Média | DP | | |
| Qualidade de vida | | | | | | |
| Psicológico | Domínio Físico | 78,4 | 10,6 | 80,0 | 12,5 | 0,581 |
| | Domínio | 76,3 | 9,9 | 80,8 | 9,5 | 0,059 |
| Ambiental | Domínio Social | 80,0 | 17,4 | 82,8 | 12,3 | 0,430 |
| | Domínio | 55,4 | 12,4 | 58,3 | 12,9 | 0,357 |
| ICT | Média | 72,6 | 9,7 | 75,5 | 8,3 | 0,178 |
| | JSS | 39,0 | 3,9 | 39,4 | 3,7 | 0,653 |
| JSS | Demanda | 12,8 | 2,8 | 14,4 | 2,1 | 0,008* |
| | Controle | 16,5 | 2,5 | 16,6 | 2,5 | 0,846 |
| | Apoio | 18, | 3,0 | 18,5 | 2,5 | 0,590 |

* $p \leq 0,05$; ICT: Índice de Capacidade para o Trabalho; JSS: Job Stress Scale

ou incompleto e não praticava atividade física. Nesse sentido, sabe-se que a construção civil é responsável por grande parte do emprego das camadas pobres da população masculina, por este motivo, os trabalhadores em sua maioria possuem poder aquisitivo baixo, com baixa escolaridade e alguns hábitos de vida pouco saudáveis (RINGEN *et al.*, 2009).

Em relação ao dado percepção da sua QV os resultados obtidos nesta pesquisa foram de que 74,6% apresentaram boa ou muito boa qualidade de vida. Quanto à percepção da satisfação de quão satisfeito o trabalhador está com sua saúde à maioria dos entrevistados, 88,7%, responderam que estavam satisfeitos ou muito satisfeitos com sua saúde.

Em um estudo os autores avaliaram a qualidade de vida de 134 trabalhadores de uma indústria metalúrgica, onde 55,0% dos funcionários apresentaram uma boa qualidade de vida e estavam satisfeitos com sua saúde, bem como Melo (2006) que avaliou a qualidade de vida de motoristas de caminhão onde a maioria (58,7%) classificou a qualidade de vida como boa e também estavam satisfeitos com a saúde (DYNIEWICZ *et al.*, PIZONI, 2009).

Em outro estudo onde o autor avaliou empresas da indústria

da construção civil, onde uma empresa de grande porte apresentou evidências de atendimento às NR's e procedimentos de QV, os funcionários são bem orientados quanto a riscos físicos, químicos e biológicos aos quais são submetidos e através dos treinamentos se tornam comprometidos com a Segurança do Trabalho, eles possuíam o nível de formação necessário para a execução dos trabalhos. Tais medidas fizeram com que os funcionários apresentassem uma melhor percepção de sua QV bem com sua saúde, quando comparados aos trabalhadores de empresas de médio e pequeno porte, já que estas não apresentaram tais medidas para a melhoria da qualidade de vida (OLIVA, 2008).

Percebe-se então que quanto mais e melhor a empresa investir em seus funcionários melhor será a percepção de QV e conseqüentemente melhor será seu rendimento para a empresa.

No presente estudo foram observados que os trabalhadores da construção civil apresentaram boa pontuação na QV nos domínios social, físico e psicológico. Contudo, o aspecto de menor pontuação foi o ambiental. Corroborando com um estudo que investigou a QV de 134 trabalhadores de uma indústria

metalúrgica do Paraná e observaram que o maior domínio apresentado foi o social, seguido do psicológico e físico e, por último, o ambiental (DYNIEWICZ *et al.*, 2009).

Pelo fato do trabalho executado pelos funcionários avaliados ser extremamente braçal e de seus trabalhadores virem de uma classe econômica relativamente baixa, esperava-se encontrar, no presente estudo, que a qualidade de vida estivesse em um patamar mais inferior.

Contudo, os resultados encontrados revelaram o contrário. Isso provavelmente se deve ao sistema de promoção de qualidade do trabalho desenvolvido pela empresa onde foi realizada a pesquisa. Foi observado que esta se preocupa com os aspectos físicos, psicológicos e sociais dos seus trabalhadores, por adotar medidas socioeducativas, tal como a Semana Interna de Prevenção ao Acidente de Trabalho (SIPAT). Outro fator determinante para a boa QV se deve ao fato de que a indústria da construção civil encontra-se em alta no mercado, fazendo com que as empresas tenham que se qualificar e valorizar seus trabalhadores (IBGE, 2010).

Já a baixa pontuação no domínio ambiental pode ser pelo fato de que o setor da construção civil é um dos responsáveis pela

disposição de resíduos na natureza, sendo estes depositados irregularmente em vias públicas, poluindo a paisagem urbana e, desta forma, prejudicando o desenvolvimento da sociedade, infraestrutura e qualidade de vida urbana (LEITE *et al.*, 2010).

Além disso, pela poluição sonora considerada um dos maiores agentes impactantes da vida moderna, merecendo destaque pela magnitude da população exposta, seja em atividades ocupacionais, escolares ou de lazer (DREW, 2002). O ruído urbano resulta no comprometimento da qualidade de vida das pessoas, produzindo problemas fisiológicos de saúde, interferências na comunicação, estresse, irritabilidade, sensação de incômodo entre outros (DANI *et al.*, 2001).

No ambiente de trabalho, o investimento em qualidade de vida é necessário e deve ser contínuo, pois se trata de uma postura de respeito às necessidades humanas. Igualmente a importância é o desenvolvimento de competências e habilidades técnicas dos trabalhadores e estímulo à criatividade (OLIVA, 2008).

Neste sentido, observa-se a necessidade de maior valorização e organização do ambiente de trabalho da construção civil por parte dos gestores, para que os trabalhadores tenham maior satisfação com as características que compõem o local de trabalho, tais como exposição excessiva ao sol, contato com produtos e solventes, riscos de acidentes, dentre outros.

No que se diz respeito à escolaridade e atividade física não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados com a qualidade de vida.

Com relação aos domínios físico, psicológico, social e ambiental este estudo foi semelhante ao de Martins (MARTINS, 2002), que afirma não haver diferença significativa entre a idade e a qualidade de vida. Mas outros autores mostraram que fatores

como idade avançada estão relacionados a níveis inferiores de qualidade de vida (SPRANGERS *et al.*, 2000; GARCÍA *et al.*, 2005).

Almeida *et al.*, (2009), afirma que jovens tem menor propensão a doenças e essas doenças contribuem para a queda na QV do indivíduo, no presente estudo os indivíduos mais jovens apresentaram QV semelhante aos mais maduros.

Porém ao se comparar a qualidade de vida com a idade, apenas o domínio social apresentou uma diferença estatisticamente significativa para a idade, sendo que os participantes com idade superior aos 40 anos apresentaram uma pontuação maior quando comparado com os mais novos. Isto pode ter ocorrido pelo fato de que as pessoas mais velhas tendem a ser mais maduras, mantendo assim, um relacionamento melhor e mais estável com os colegas de trabalho.

A saúde é considerada um determinante importante da capacidade para o trabalho (ILMARINEN *et al.*, 2005). Desta forma, quanto melhor o estado de saúde, melhor a condição da capacidade para o trabalho, independente das características demográficas e ocupacionais (ANDRADE *et al.*, 2007).

Em um estudo com eletricitistas do estado de São Paulo apresentaram valores elevados do ICT, com um resultado final de 41,8 pontos, evidenciando um padrão elevado de capacidade para o trabalho (MARTINEZ *et al.*, 2008).

Um estudo avaliou a capacidade para o trabalho de uma indústria metalúrgica do Rio Grande do Sul, onde foi apresentada uma pontuação média de 43,7, considerada uma boa capacidade para o trabalho (BELTRAME, 2009).

Enquanto outro estudo avaliou a capacidade para o trabalho de 98 trabalhadores de limpeza de um hospital universitário público do norte do Paraná, onde a média dos escores alcançados foi de 37,97,

caracterizando uma boa capacidade para trabalho (SILVA *et al.*, 2010).

O presente estudo também encontrou um alto nível de capacidade para o trabalho, que pode ser considerado pelo fato de se tratar de uma amostra em que a maioria dos trabalhadores não tinha nenhum tipo de dores musculoesqueléticas, recebeu treinamento para a função que executava e a utilização de EPI's, as medidas ergonômicas eram obrigatórias pela empresa deixando assim o local mais seguro e com menor risco de acidentes de trabalho, conseqüentemente com menos lesões ocupacionais.

Isso vai de encontro com outro estudo que afirmam ser imprescindível a busca da preservação da capacidade funcional por meio de medidas de promoção à saúde dos trabalhadores, especialmente para os indivíduos que tem como característica laboral a exigência de esforço físico, como os funcionários do setor da construção civil, os quais realizam levantamento e transporte de peso, esforços repetitivos e repentinos, apresentam posturas de trabalho inadequadas, inclinação simultânea, sobrecarga do sistema musculoesquelético, riscos de acidentes de trabalho e exposição a produtos químicos (ANDRADE *et al.*, 2007).

No que diz respeito à escolaridade, estado civil e atividade física não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados com o ICT.

Com relação à idade os trabalhadores mais jovens apresentaram um ICT maior se comparados aos mais velhos.

Estudo avaliou a capacidade para o trabalho de 98 trabalhadores de limpeza de um hospital universitário público do norte do Paraná, a maioria dos trabalhadores com faixa etária abaixo de 40 anos obtiveram uma capacidade ótima, já os trabalhadores acima de 41 anos, obtiveram uma boa capacidade para o trabalho (SILVA *et al.*, 2010). Em

outro estudo com eletricitistas do estado de São Paulo, afirmam que os indivíduos mais jovens apresentaram melhor capacidade para o trabalho (MARTINEZ; LATORRE, 2008).

A partir destes dados, pode-se inferir que o fator envelhecimento cronológico leva a uma maior influência nos escores do ICT (ODEBRECHT, 2001), portanto, quanto maior a idade maior a chance de perda da capacidade para o trabalho.

Estresse no ambiente de trabalho

O modelo demanda/controlado tem sido usado em diversos estudos para se analisar o estresse frente ao trabalho, especialmente na associação demanda/controlado e doenças cardiovasculares. Estas pesquisas indicam que há uma associação mais forte com o controle do trabalhador, em relação ao próprio trabalho ou com a falta dele, do que com a demanda (FISCHER *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2003).

Toda situação em que há baixo controle do trabalho pode produzir algum efeito a saúde, advindo de perda de habilidade e desinteresse. Assim, a relação entre grande demanda e baixo controle gera alto desgaste e é a mais nociva ao trabalhador (FISCHER *et al.*, 2005).

A situação ideal à resposta ao estresse ocorre quando um grande nível de exigência na execução da tarefa está associado à capacidade interna do trabalhador em responder a essa demanda. O estado de tensão gerado em cada indivíduo influi na capacidade de realizar ou não as tarefas, e isso formam uma curva que é diferente para cada pessoa, pois elas apresentam diferentes limites (REIS, 2001). Ou seja, altas demandas quando se associam a alto controle, revela que os trabalhadores experienciam seu trabalho de modo ativo, isto é, ainda que as demandas sejam excessivas, elas são menos

danosas, visto que o trabalhador pode criar estratégias para lidar com as dificuldades (ALVES *et al.*, 2004).

Alguns autores observaram que indivíduos com alto controle estão menos propensos a relatar estresse ocupacional, enquanto aqueles que utilizam preferencialmente estratégias de esquiva ou de manejo de sintomas sejam mais propensos a relatar queixas psicossomáticas (PINHEIRO *et al.*, 2003).

Os trabalhadores da construção civil desta pesquisa demonstraram uma alta demanda de trabalho, isto é, na interpretação destes, há muito trabalho a ser produzido durante a jornada de trabalho, porém eles têm um grande controle sobre o mesmo, por criarem estratégias para lidar com as dificuldades e consequentemente a diminuição da sobrecarga estressante.

Tal controle se deve pelo fato da empresa fornecer treinamento para a função que o trabalhador está empregado e também por utilizar as ferramentas adequadas para a execução do trabalho.

Porém, neste estudo, a demanda de trabalho foi interpretada alta, como o ideal visto por outros autores é que haja uma baixa demanda para um alto controle, sendo assim medidas para diminuir esta alta demanda devem ser adotadas, tais como pausas para descanso, diminuição da jornada de trabalho e o aumento do número efetivo de funcionários para que ocorra uma divisão do trabalho. O estresse ocupacional interfere na qualidade de vida, modificando a maneira como o indivíduo interage nas diversas áreas da sua vida (CHAN *et al.*, 2000).

Os efeitos do estresse excessivo e contínuo não se limitam ao comprometimento da saúde. Ele pode, além de ter um efeito desencadeador do desenvolvimento de inúmeras doenças, propiciar um prejuízo para a qualidade de vida e a

produtividade do ser humano. Por isso, há um grande interesse pelas causas e pelos métodos de redução do estresse (SADIR *et al.*, 2011). O afirmam que o estresse no trabalho, pela falta de recompensa, altas demandas, menor controle e baixo suporte social, têm impacto sobre a qualidade de vida do trabalhador (STANSFELD *et al.*, 1998).

Nesta pesquisa houve uma relação estatisticamente significativa entre qualidade de vida e estresse, em que os trabalhadores apresentaram um baixo nível de estresse consequentemente uma melhor qualidade de vida. Isso se deve possivelmente pela implantação de medidas socioeducativas e melhorias físicas do ambiente de trabalho, pela empresa, diminuindo com isso os fatores estressantes sobre o trabalhador.

No que se diz respeito ao estado civil e o ICT não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados com o estresse.

Com relação à idade na comparação entre grupos houve diferença estatisticamente significativa, no qual indivíduos com idade superior a 40 anos apresentaram um nível de estresse inferior quando comparados com os trabalhadores mais novos.

Estudos demonstraram que trabalhadores mais velhos, de uma empresa petrolífera, também tinham um melhor controle sobre seu estresse (BRESIC *et al.*, 2007).

O motivo do menor estresse dos mais velhos se dá pelo fato de que eles estão mais acostumados a lidar com problemas cotidianos, e pela sua experiência de vida amenizar fatores que possam provocar níveis de estresse em uma pessoa mais jovem.

No que diz respeito à escolaridade também teve uma relação estatisticamente significativa, em que os trabalhadores com o segundo grau completo ou incompleto obtiveram uma pontuação maior para o apoio

social, demonstrando que pessoas com maior grau de instrução têm uma melhor socialização e conseqüentemente um melhor apoio no trabalho.

Nesta pesquisa a atividade física também obteve uma relação estatística com o nível do estresse. Os praticantes de atividade física tiveram um escore melhor no quesito demanda de trabalho quanto comparado aos não praticantes. Isto se dá pelo fato de que pessoas com um melhor preparo físico não se sentem tão exigidos fisicamente no trabalho.

O exercício físico regular desenvolve o condicionamento cardíaco que provoca, na corrente sanguínea, uma redução de substâncias associadas ao estresse. Além da dimensão fisiológica, destaca-se a dimensão psicossocial das várias modalidades de atividade física, sendo que, a interação social e a comunicação interpessoal podem servir de estratégias para lidar com situações estressantes (TAMAYO; LIMA; DA SILVA, 2002), como também a melhora da autoestima, bem-estar, ansiedade e depressão e redução do isolamento social (NAHAS *et al.*, 2009).

O exercício físico, além de ser uma forma de relaxamento, traz também uma sensação de tranquilidade, pois, quando a pessoa se exercita por 30 minutos ou mais o corpo produz uma substância chamada betaendorfina que gera esse tipo de sensação. Portanto, quando se está atravessando momentos difíceis, o exercício físico, seja ginástica, pular corda, caminhar, dançar, etc., pode ajudar a atingir sensação de bem-estar (LIPP *et al.*, 2007).

Há necessidade de aumentar o incentivo a prática de atividade física, pois essa gera uma melhor qualidade de vida e um melhor controle sobre o estresse. Dados coletados na empresa pesquisada indicam que empresas que fornecem academias para os funcionários melhoram também a

relação entre empregado/empregador.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados verifica-se que os trabalhadores estudados encontram-se satisfeitos com sua saúde e apresentam boa qualidade de vida, apresentam uma boa capacidade para o trabalho e nível controlado de estresse. O ambiente físico do trabalho encontra-se deficitário, porém há uma tendência de se buscar uma melhora deste ambiente, haja vista que este influencia no nível de estresse e qualidade de vida. O perfil do ambiente e condições de trabalho influenciou na qualidade de vida e estresse no trabalho, o grau de instrução tem uma relação estatística com o estresse, fato este da empresa investir na formação dos trabalhadores. A prática de atividade física interfere de forma positiva na qualidade de vida e no nível de estresse, portanto o incentivo a essa prática de atividade física deve ser adotada.

O bom momento da construção civil gera uma maior segurança e a estabilidade no trabalho, diminuindo o estresse e melhorando a qualidade de vida. A constante busca do empregador em melhorias de seus padrões, algo muito analisado hoje pela sociedade, e a maior valorização do empregado, visando melhorar sua saúde e sua segurança, quanto mais a empresa investir em qualificação e em segurança no trabalho melhor será a qualidade de vida, nível de estresse e capacidade para o trabalho. A melhoria do ambiente de trabalho gera uma melhora na qualidade de vida e no estresse dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jane Rabelo, *et al.* Efeito da idade sobre a qualidade de vida e

saúde dos catadores de materiais recicláveis de uma associação em Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil. **Ciências e Saúde Coletiva**, v. 14 n. 6. Rio de Janeiro, Dec, 2009.

ALVES, Márcia Guimarães de Mello *et al.* Versão resumida da "Job Stress Scale": adaptação para o português. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 2, abr. 2004.

ANDRADE, Cristiane Batista; *et al.* Envelhecimento e capacidade para o trabalho dos trabalhadores de higiene e limpeza hospitalar. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 41, n. 2, p. 237 – 244 2007.

ANDRADE, Stella Maris Melazz. **Metodologia para Avaliação de Impacto Ambiental Sonoro da Construção Civil no Meio Urbano**. 2004, Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro. 2004.

ARAÚJO, Tania Mmaria; GRAÇA, Cláudia Cerqueira; ARAÚJO, Edna. Estresse ocupacional e saúde: contribuições do Modelo Demanda-Controle. **Ciências e Saúde Coletiva** v.8 n.4 São Paulo 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério de classificação econômica Brasil**. São Paulo: ABEP; 2003.

BELLUSCI, Sílvia Meirelles. **Envelhecimento e condições de trabalho em servidores de uma instituição judiciária**: Tribunal Regional Federal da 3ª Região. 1998. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, 1998.

BELTRAME, Mara Rubia Silva. **Capacidade de trabalho e qualidade de vida de trabalhadores de indústria**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS 2009.

- BRESIC, J, *et al.* **Stress and work ability in oil industry workers.** *Arh Hig Rada Toksikol*; v.5, n. 8, p. 399 - 405, jun., 2007.
- CHAN, Kwok Bun *et al.* Work stress among six professional groups: The Singapore experience. **Social Science & Medicine**, 50, 1415 – 1432, 2000.
- DANI, Adolfo; *et al.* Principais Impactos da Poluição Sonora nos Seres humanos. **Revista Universa**, Brasil, v. 9, n. 4, p. 659-678, 2001.
- DREW, David. **Processos interativos: Homem-Meio Ambiente.** Ed. Bertrand, edição 6, Rio de Janeiro, 2002.
- DYNIOWICZ, Ana Maria *et al.* Avaliação da qualidade de vida de trabalhadores em uma empresa metalúrgica: um subsídio à prevenção de agravos à saúde. **Fisioterapia e Movimento**, v.22, n.3, p. 457-466, jul/set, 2009.
- ELIAS, Marisa Aparecida *et al.* A relação entre o trabalho, a saúde e as condições de vida: negatividade e positividade no trabalho das profissionais de enfermagem de um hospital escola. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 4, ago. 2006 .
- FIGUEIREDO, Isadora Mishima *et al.* Qualidade de vida no trabalho: percepções dos agentes comunitários de equipes de saúde da família. **Revista de enfermagem**, v. 17, n. 2, p. 262-267, abr.-jun. 2009.
- p\+
- FISCHER, Frida *et al.* Job control, job demands and health among adolescent workers. **Revista Saúde Pública**. v. 39, n. 2 p. 245-53, 2005.
- FLECK, Marcelo Pio de Almeida *et al.* Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação de qualidade de vida “WHOQOL/breve”. *Revista Saúde Pública*, v. 34, n. 2, p.178-183 2000.
- FLECK, Marcelo Pio de Almeida *et al.* Desenvolvimento da versão em português do instrumento de avaliação de qualidade de vida da OMS (WHOQOL-100). **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 21, n. 1, mar. 1999.
- GARCÍA, Marcia, *et al.* **Idosos e cuidadosos fragilizados?** O mundo da saúde, v.29, n4, p. 645-52, 2005.
- ILMARINEN, Juhani *et al.* **New dimensions of work ability. Assessment and promotion of work ability, health and well-being of ageing workers: Proceedings of the 2nd International Symposium in Work Ability**; 2004 Oct 18-20; Verona, Italy. London: Elsevier; 2005. p. 3-7. [International Congress, 1280]. 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2010.
- KARJALAINEN, Antti. A Statistical Portrait of Health and Safety at Work in the Construction Industry. **European Agency for Safety and Health at Work**, Luxembourg. v. 7, n p. 3-4, 2004.
- KONKOLEWSKY, Hans-Horst. **Building in safety. European Agency for Safety and Health at Work**, Luxembourg, v.7 p. 16-17, 2004.
- LABRADOR F.J; CRESPO M. **Estresse: transtornos psicofisiológicos.** Madrid; 1993.
- LEITE, Rafael Antonio *et al.* Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição do Município de Passo Fundo (RS): Avaliação da Viabilidade Econômica **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.12 n. 1, jan/jun, 2010.
- LIPP, Marilda; MALAGRIS *et al.* **Stress ao longo da vida.** São Paulo: Editora Ícone, 2007.
- LIPSCOMB, Hester; GLAZNER, Judith; BONDY, Jessica; GUARINI, Kenneth; LEZOTTE Denis. Injuries from slips and trips in construction. **Applied Ergonomics**. v. 37,n 3. , p. 267-274 mai, 2006.
- LUNDHOLM, Lotta. European statistics on accidents at work; the number of work accidents in the member states – has it decreased in the last 10 years? With particular focus on the construction area. **Swedish Work Environment Authority**. 2004.
- MARTINEZ, Maria Carmen *et al.* Saúde e capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo, **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13 n. 3, p. 1061-1072, mai./jun.2008.
- MARTINS, Marilú Mattéi. **Qualidade de vida e capacidade para o trabalho dos profissionais em enfermagem no trabalho em turnos. Dissertação (Mestrado)**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- MELLO, Mônica. **Qualidade de vida no Trabalho e Motivação.** Agathos: Revista científica da ASSEVIM. Ano II, nº 2, Ed 2, Dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.assevim.edu.br/agathos/2edicao>>, Acesso em: 16 de Maio de 2011.
- NAHAS, Markus *et al.* Reprodutibilidade de uma escala para avaliar a percepção dos trabalhadores quanto ao ambiente e às condições de trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 34 n.120, p. 179-183, 2009.
- ODEBRECHT, Carolina. O envelhecimento do trabalhador: da fisiologia à função laboral: aspectos

a serem incrementados na análise ergonômica. **Anais ABERGO**, Gramado, set. 2001.

OLIVA, Patrícia Calcagno. **Qualidade de vida no trabalho em canteiro de obras - o caso de empresas de construção civil**. IV Congresso nacional de excelência em gestão Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras Niterói, RJ, Brasil, 31 de julho, 01 e 02 de agosto de 2008.

PINHEIRO, Fernanda Amaral *et al.* **Mensuração de coping no ambiente ocupacional**. Psicologia Teoria e Pesquisa. v. 2, n. 19, p. 45-57, mai/ago., 2003.

PROBST, Tahira. Countering the negative effects of job insecurity through participative decision making: lessons from the demand-control model. **Jornal Occup Health Psychology**. v. 4, n. 10, p. 320-329, 2005.

REIS, Carlos Luiz. **Escala de adjetivos contextualizados para a avaliação da pessoa criativa**. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica - Campinas: Campina, 2001.

RINGEN Ken *et al.*. **Construcción**. <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo3.htm> (acessado em 30 de dezembro de 2009).

RUGUÊ, Maria Bernadete Serravalle. **Qualidade das condições de trabalho x produtividade estudo de caso: Indústria de Alimentação em Goiânia. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SADIR, Maria Angelica *et al.* Stress e qualidade de vida: influência de algumas variáveis pessoais. **Paidéia** (Ribeirão Preto) [online]. 2010, vol.20, n.45 [cited 2011-12-27], pp. 73-81 .

SILVA, Carlos Fernandes. Distúrbios do sono em trabalhadores por turnos. Fatores psicológicos e cronobiológicos, **Revista do Instituto de Educação e Psicologia**, Braga, 2000.

SILVA, Flávia Pietá Paulo. Burnout: Um desafio à saúde do trabalhador. **Revista de psicologia**, v. 1, n. 2, jun. 2000.

SILVA, Larissa Gutierrez *et al.* Capacidade para o trabalho entre trabalhadores de higiene e limpeza de um hospital universitário público. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 1, n. 12 p. 158-163, 2010.

SMITH, Grey, *et al.* The relationship between safety climate and injury rates across industries: the need to adjust for injury hazards. **Accident Analysis and Prevention**. v. 38, n. 3, p. 556–562, mai. 2006.

SÖRENSEN, Lars *et al.* Associations between work ability, health-related quality of life, physical activity and fitness among middle-aged men. **Applied Ergonomics**, v. 39, n. 6 p. 786–791, nov. 2008.

SPRANGERS Mirijam, *et al.* Which chronic conditions are associated with better or poorer quality of life? **J Clinical Epidemiological**. v. 9, n 53, p. 895-907, 2000.

STANSFELD S.A. *et al.* Psychosocial work characteristics and social support as predictors of SF-36 health functioning: the Whitehall II study. **Psychosomatics Medic**. v.3, n. 60 p. 246-255, 1998.

TAMAYO, Alvaro, *et al.* Impacto do clima organizacional sobre o estresse no trabalho. Trabalho apresentado no XXVI **Encontro Nacional da ANPAD**, Salvador, Bahia, 2002.

TUOMI, Kaija. *et al.* **Índice de capacidade para o trabalho**: Institute of Occupational Health,

Helsinki. Traduzido por Frida Marina Fischer. *et al.* São Paulo: FSPUSP, 1997.

Recebido em: dez/2012
Aprovado em: jun/2014



ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

www.abes-dn.org.br