

## EFEITOS ANTRÓPICOS SOBRE CONCENTRAÇÕES DE METAIS ALCALINOS NA REGIÃO DA MICROBACIA DO ARROIO ARAÇÁ, CANOAS – RIO GRANDE DO SUL

Tania Renata Prochnow\* e Emerson Alberto Prochnow

Curso de Química, Área da Educação, Ciências e Artes, Universidade Luterana do Brasil, 92425-900 Canoas – RS, Brasil

Bernardo Liberman

Curso de Física, Área da Educação, Ciências e Artes, Universidade Luterana do Brasil, 92425-900 Canoas – RS, Brasil

Recebido em 12/8/08; aceito em 6/4/09; publicado na web em 26/8/09

ANTHROPIC EFFECTS ON ALKALINE METAL CONCENTRATIONS IN THE REGION OF THE ARAÇÁ STREAM MICRO-BASIN, CANOAS – RIO GRANDE DO SUL. This work presents alterations in the concentrations of alkaline metals sodium, lithium and potassium, in abiotic compartments, at Araçá stream micro-basin, located in Canoas, RS. Its spring is located in a low populational density region and crosses an elevated environmental impacted urban area. Its final course crosses an agricultural area. Samples of atmospheric particulates, macrophytes, water and sediments were analyzed. High concentrations of alkaline metals, related with draining of rice fields or with the ground type, as well as correlations among its concentrations with regional activities were verified. *Tripogandra diurética* has shown bioaccumulation compatible with their concentrations on waters.

Keywords: hydrographic micro-basin; anthropic effects; alkaline metals.

### INTRODUÇÃO

As alterações ambientais físicas, químicas e biológicas, em todos os compartimentos abióticos de áreas urbanizadas dependem da totalidade das atividades industriais, agro-pastoris periféricas e domésticas desenvolvidas na região.

A qualidade das águas e sedimentos de uma bacia hidrográfica está relacionada com propriedades químicas dos solos, drenagem de águas superficiais, processos de percolação, águas de irrigação e de centros urbanos, bem como por aerossóis marinhos, processos estes que interferem na diversidade e concentrações dos íons presentes.<sup>1,2</sup>

Este trabalho avaliou alterações nas concentrações dos metais alcalinos sódio, lítio e potássio, em todos os compartimentos abióticos, na região da micro-bacia do arroio Araçá, localizado em Canoas, RS.

O lítio é encontrado no ambiente associado a minerais, especialmente como silicatos (litófilo), onde pode substituir o magnésio principalmente na estrutura das micas, ou ainda associado com a matéria orgânica.<sup>3</sup> É um elemento bastante raro encontrado em concentrações aproximadas de 0,004% na crosta terrestre. Apresenta comportamento semelhante ao potássio e ao sódio, sendo que concorre com este último em certos sítios de estruturas cristalinas, por substituição. Seus compostos são utilizados em medicamentos que controlam a psicose maníaco-depressiva (PMD), em graxas e lubrificantes a altas temperaturas, baterias solares, indústria do vidro, produção de ligas extra leves e também na produção de pilhas recarregáveis. O lítio foi detectado em diversos tecidos vegetais, com concentrações entre 0,01 e 3,4  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .<sup>4,6</sup> Em águas naturais, sua concentração varia entre 0,1 e 2,0  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , porém a legislação brasileira, através da Resolução 357/05, do CONAMA<sup>7</sup> estabelece para o lítio o limite de 2,5  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .<sup>4,7</sup> Em solos, a concentração deste elemento, varia normalmente de 1 a 50  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .<sup>4,6</sup>

Concentrações anômalas de lítio podem ocorrer através da introdução direta por meio de descarte de pilhas e baterias juntamente com o lixo comum, ou indiretamente pela incorporação aos aquíferos de espécies químicas que promovam a solubilização de fases minerais que contenham este metal, tais como a matéria orgânica e a diminuição do pH.

O potássio está presente nas rochas, na estrutura de muitos minerais, tais como os feldspatos potássicos e micas, e nos solos associado às argilas.<sup>3</sup> Seu principal uso é na composição de fertilizantes, mas também é utilizado na produção de diversos sais comerciais, na indústria de vidros, em fármacos e em munições. O potássio regula, junto com o sódio, o equilíbrio da água nos organismos.<sup>8</sup> São citadas concentrações de 5.000 a 34.000  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de potássio em massa seca, em plantas.<sup>6</sup> O potássio está presente em solos em teores que variam de 0,02% a 0,20% e, em águas, sua concentração pode ficar entre 0,5 e 1,0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .<sup>5</sup>

As alterações antrópicas das concentrações ambientais de potássio podem ocorrer por diversos mecanismos. A retirada da cobertura original do solo proporciona a lixiviação deste elemento e sua vazão para o meio aquático. A dissolução em meio ácido ou mediada por processos de complexação envolvendo matéria orgânica, de feldspatos potássicos ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), micas como a muscovita [ $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ ] e a biotita, bem como do potássio adsorvido em outros argilominerais constituintes dos solos e sedimentos, correspondem às principais vias de introdução indireta do elemento nos aquíferos.<sup>3,9</sup> A utilização de fertilizantes agrícolas e de sais minerais como suplementos alimentares para animais de campo pode igualmente contribuir nestas alterações, na forma de introdução direta. Em áreas urbanas, o esgoto é uma rica fonte deste elemento. São citadas concentrações de potássio de 14,36  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  em amostras analisadas.<sup>10</sup> A maior parte do elemento consumido pela população humana é excretada pela urina, havendo também perdas pelas fezes e suor.<sup>11</sup> Juntamente com o nitrogênio e o fósforo, é um macronutriente que, uma vez descartado no ambiente, favorece o desenvolvimento do processo de eutrofização.<sup>12</sup>

O sódio, no ambiente, é extremamente abundante em forma de sais, principalmente na forma de cloreto nas águas oceânicas. Através do movimento das ondas forma aerossóis marinhos que, por evaporação da água, introduzem o cloreto de sódio na atmosfera, onde é elevado por correntes ascendentes e distribuído a áreas continentais, quando não ocorrem barreiras naturais para as correntes aéreas provenientes da costa.<sup>1</sup>

O sódio está presente nos fluídos extracelulares animais, sendo fundamental no balanço osmótico dos organismos e participando do controle da acidez dos líquidos celulares por efeito de tamponamento de sais de sódio. A Agência de Proteção Ambiental Ameri-

\*e-mail: taniapro@terra.com.br

cana (EPA)<sup>13</sup> recomenda concentrações máximas de 120 mg.L<sup>-1</sup> de sódio em águas potáveis. O limite estabelecido pela WHO<sup>14</sup> para sódio nas águas potáveis é 200 mg.L<sup>-1</sup>. Em águas superficiais, sua concentração é bastante variável, contribuindo na classificação das águas.<sup>13</sup> Muitas águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, têm níveis bem abaixo de 50 mg.L<sup>-1</sup>.<sup>15</sup> Em águas de origem pluviométrica sua concentração pode variar de 0,5 a 15 mg.L<sup>-1</sup>; em solos ocorre com concentrações de 0,02 (orgânicos) a 1%. Nas rochas é encontrado na estrutura dos plagioclásios, principalmente na albita. As concentrações médias em sedimentos, indicadas pela EPA<sup>13</sup>, são de 0,4%. Em plantas, sua concentração é bastante variável, regionalizada, parecendo não afetar estes organismos do mesmo modo que afeta animais, podendo apresentar-se de 0,003 até 0,3% em peso.<sup>4-6,16</sup>

Sais de sódio são indispensáveis para as indústrias de papel, vidro, sabões, têxtil, metalúrgica e química. É empregado na forma de cloreto na alimentação humana, e utilizado para formular fermentos químicos, produtos de limpeza, alvejantes, cosméticos e fármacos. Plantas de tratamento de água, durante processo de abrandamento, podem contribuir com a elevação dos níveis de sódio em água potabilizada. É um contaminante ambiental amplamente ligado às atividades antrópicas, pois além dos resíduos domésticos e industriais, o esgoto também contém teores consideráveis de sódio, como produto de excreção fecal e urinária, constituindo vias de introdução direta deste no ambiente. Assim como o potássio, o sódio pode ter suas concentrações ambientais alteradas de forma indireta. A dissolução em meio ácido ou mediada por processos de complexação envolvendo matéria orgânica, de plagioclásios como a albita (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), bem como do sódio adsorvido em outros argilominerais constituintes dos solos e sedimentos, correspondem às principais vias de introdução indireta do elemento nos aquíferos.<sup>3,9</sup>

Cátions sódio e potássio de origem antropogênica podem ser incorporados com outras espécies químicas (como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub>) às nuvens e a chuva, voltando a participar dos ciclos biogeoquímicos nos locais onde ocorre a precipitação.<sup>17</sup>

Neste trabalho, verificaram-se a existência de padrões de similaridade entre as concentrações dos elementos alcalinos analisados em águas, sedimentos, atmosfera com atividades regionais. Também se verificaram alterações de concentrações destes elementos na macrófita marginal *Tripogandra diurética*, ao longo do curso do arroio.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Área de trabalho

O município de Canoas é o mais populoso da Região Metropolitana de Porto Alegre, contando com 326.428 habitantes.<sup>18</sup> O município, com área territorial de 131,097 km<sup>2</sup>, é constituído quase que integralmente por zonas urbanas. As pequenas áreas rurais, localizadas em alguns pontos isolados, têm tendência a sofrerem redução em função de acelerados processos de urbanização.

O município é banhado pelos rios dos Sinos e Gravataí e ainda pelos arroios Araçá, Brigadeira, das Garças e Sapucaia.

O arroio Araçá tem sua nascente localizada a leste da cidade (S 29°55'01,3" e W 51°07'70,7"), em área de característica rurais em alteração. É o único arroio com sua micro-bacia integralmente localizada no município de Canoas. Na maior parte do seu curso, passa por área urbana, com alguns trechos canalizados, cruzando diversos bairros. No seu trecho final percorre um pequeno cinturão de produção de hortigranjeiros, correndo a céu aberto. Sua foz, localizada a oeste do município (S 29°57'20,7" e W 51°12'08,1") integra área do Parque Estadual do Delta do Jacuí.

A nascente principal do arroio encontra-se em terrenos Terciários/Quaternários constituídos por depósitos de leques aluviais. Consistem essencialmente de areias e argilas vermelhas a amarelas, e raros afloramentos de arenitos arcoseanos imaturos e mal consolidados. A maior parte do leito ao longo de seu trajeto engloba depósitos aluvionares atuais (Cenozóicos/Quaternários), constituídos principalmente por areia, silte e argila orgânica mal classificadas e com variações composicionais locais.<sup>19</sup>

O Arroio Araçá está sendo utilizado como via de esgoto natural, sem tratamento, carregando consigo uma grande quantidade de detritos sólidos e poluentes diversos, como esgotos domésticos, industriais, agrícolas e, também, resíduos animais. No seu trecho final, o leito do Araçá sofreu alterações com as freqüentes dragagens realizadas para sua limpeza, bem como pela construção de dique de contenção de cheias. Ali se estabeleceu uma população invasora que vive principalmente do aproveitamento do lixo urbano e da criação clandestina de animais, causando obstrução parcial deste trecho do arroio, dificultando a vazão normal de suas águas.

Com este elevado grau de contaminação, o Arroio Araçá lança suas águas no Arroio das Garças, formando uma pluma negra, alterando a qualidade das águas do mais importante manancial para o município de Canoas, também utilizado para abastecer parcialmente o vizinho município de Alvorada.

### Coleta de amostras e metodologias analíticas

Amostras de partículas totais em suspensão atmosférica (PTS) foram coletadas nas proximidades da nascente, na área central do município e junto à foz, com amostradores de grandes volumes HI-VOL PTS (ENERGÉTICA), segundo a resolução CONAMA 003/90, em filtro de quartzo.<sup>20</sup> Após a determinação das massas de partículas coletadas, os filtros foram submetidos à digestão ácida com água régia, por sistema de vasos fechados em microondas (PROVCTO DGT-100), para a extração total e posterior análise de lítio, potássio e sódio. O sistema de microondas operou com pressão máxima de 16 atm.

Ao longo da extensão do Arroio Araçá, desde a nascente até a sua foz, foram definidos cinco pontos de coleta para amostras de macrófitas marginais, água e sedimento. Além destes, foram ainda estabelecidos mais dois pontos, um a montante (ponto 6) e outro a jusante (ponto 7) da foz do Araçá, localizados no Arroio das Garças, corpo receptor do Araçá.

As amostras de água foram coletadas em frascos poliméricos previamente limpos com solução de ácido nítrico 1% (p/v). Estas amostras foram digeridas conforme recomendações e metodologia propostas pela CETESB<sup>15</sup>. Todas as amostras de sedimento superficial de fundo foram coletadas com o amostrador Brand e mantidas sob refrigeração a 5°C até o processamento. A macrófita aquática *T. diuretica*, foi selecionada para este estudo por ser a única espécie marginal encontrada em todos os pontos de coleta, no período de verão. No inverno, em função das cheias, ficaram submersas em diversas áreas, impedindo sua coleta. As macrófitas foram coletadas e armazenadas, para transporte, em sacos plásticos. No laboratório foi determinado o seu peso fresco e o seu peso seco. Todas as amostras de macrófitas aquáticas e sedimentos foram submetidas à digestão ácida, similar àquela proposta para as amostras de material particulado descrita anteriormente, para a extração total e posterior análise de lítio, potássio e sódio.

Além das análises elementares, foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos nas amostras de água, tais como: oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, matéria orgânica e dureza, para estudos de interferentes na dinâmica ambiental dos metais alcalinos. Nos sedimentos foram determinados, também, pH e nitrogênio. As análises das amostras de água foram realizadas conforme procedimento descrito por CETESB.<sup>15</sup>

Os elementos sódio, lítio e potássio foram quantificados utilizando a técnica de fotometria de chama (fotômetro CORNING 400), com chama de ar-GLP e filtros de interferência específicos para cada determinação. Para as determinações de sódio e potássio calibrou-se o aparelho com padrões de 5, 20, 50 e 100 mg.L<sup>-1</sup>, dependendo da faixa de calibração exigida pela amostra em cada caso. Para as determinações de lítio o aparelho foi calibrado com padrões de 1 e 10 mg.L<sup>-1</sup>, da mesma maneira. Os limites de detecção foram de 0,05 mg.L<sup>-1</sup> para sódio e potássio, e 0,01 mg.L<sup>-1</sup> para o lítio. Todas as leituras foram realizadas em triplicata em todas as amostras e calculados os valores de média e desvio padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nascente, formada por pequena área de banhado, apresentou-se seca no período do verão, não sendo possível gerar informações analíticas para este ponto neste período. No entanto, as análises de água apresentam evidências de contribuição antrópica nas concentrações de metais alcalinos, ao longo do curso do arroio.

As concentrações de sódio, potássio e lítio em águas (Figuras 1 e 2), apresentaram comportamento similar em cada ponto de coleta, bem como nas variações sazonais. Na época fria, início de inverno, em função de um índice pluviométrico mais elevado e um correspondente aporte no volume de águas do arroio, ocorre uma diluição das concentrações

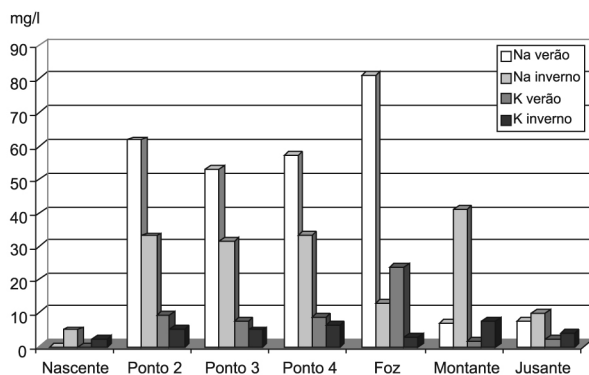


Figura 1. Concentrações de sódio e potássio em água

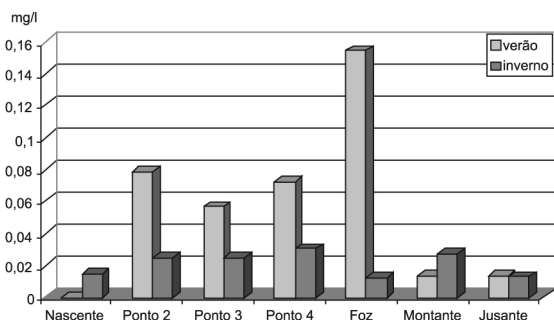


Figura 2. Concentrações de lítio em água

As temperaturas da época de verão, em média 6° C mais elevadas, e o acúmulo de matéria orgânica, provocada pela baixa vazão, promovem condições favoráveis à ação de microorganismos aquáticos que decorrem em processos de complexação dos metais alcalinos, predominantemente sódio e potássio, aumentando suas concentrações nos sedimentos (Figuras 3 e 4).

Observa-se um padrão de similaridade no comportamento das concentrações dos elementos em águas com as características ocupacionais de cada área. Ocorrem picos nas áreas de maior densidade

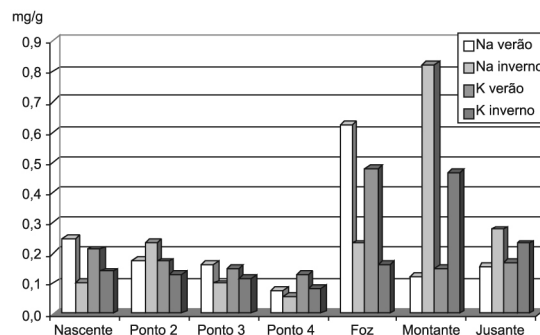


Figura 3. Concentrações de sódio e potássio solubilizáveis em sedimentos

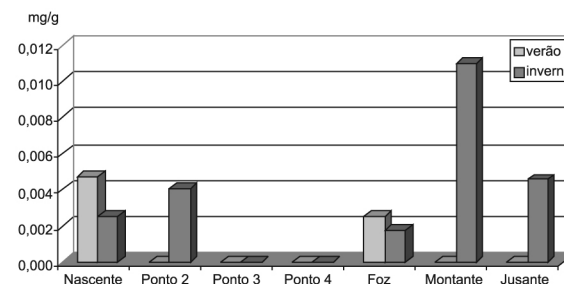


Figura 4. Concentrações de lítio solubilizável em sedimentos

populacional (pontos 2 e 4), com uma ligeira queda de concentração no ponto 3, após a passagem do arroio por área de campos e mata ciliar nativa.

Os picos máximos das concentrações ocorrem na foz, no período de verão, em função dos insumos utilizados nas atividades agrícolas. Predominam nesta área, culturas de arroz e de horti-granjeiros. Os picos de concentração são intensificados pelo remanso, represamento das águas pelo corpo receptor, o arroio das Garças. Neste mesmo ponto, no inverno, ocorre uma brusca queda de concentrações dos metais alcalinos, decorrentes de uma grande diluição provocada pelo fenômeno de enchentes típicas desta região, localizada em altitudes próximas ao nível do mar. Também contribui para este decréscimo, o período de descanso do solo agricultável.

A legislação brasileira, CONAMA 357/05, estabelece limites de 2,5 mg.L<sup>-1</sup>, apenas para as concentrações de lítio em águas superficiais.<sup>7</sup> Em todos os pontos analisados, apesar de evidenciarem alterações ao longo do curso, as concentrações ficaram abaixo do limite.

Concentrações limites para sódio são indicadas pela EPA, 120 mg.L<sup>-1</sup>, e pela WHO, 200 mg.L<sup>-1</sup>, apenas para águas potáveis.<sup>13</sup> As concentrações determinadas nos pontos de coleta ficaram igualmente abaixo destes limites.

Para o potássio em águas, não foram encontrados limites citados em literatura, porém as concentrações deste elemento ficaram abaixo das médias de 14,36 mg.L<sup>-1</sup> encontradas por Loures, para águas contaminadas com esgotos urbanos.<sup>10</sup> Na foz, porém, as concentrações do elemento ultrapassaram esta média, evidenciando o impacto dos insumos agrícolas utilizados nas épocas mais quentes.

Foi observado um pico de concentrações de metais alcalinos a montante da foz, no rio dos Sinos, tanto em águas como em sedimentos. Este pico pode estar relacionado com a drenagem de arrozais ou até mesmo com processos de dragagem, frequentes na região. Em relação ao corpo receptor, o arroio das Garças, em ponto à jusante, observa-se apenas um discreto aumento nas concentrações dos elementos, em função da grande diferença de vazão.

Nos sedimentos superficiais, ao longo do curso, excetuando nascente e foz, observa-se um declínio nas concentrações destes metais

alcalinos que podem ser explicados por processos de lixiviação. Na foz ocorre um forte aumento nestas concentrações, relacionadas com a produção agrícola e com o represamento provocado pela maior vazão do arroio das Garças, o corpo receptor, e também à sinuosidade do trecho que antecede a foz, em área de banhado.

É notável a alta concentração de potássio e de lítio na área da nascente (Figuras 3 e 4), relacionada com o tipo de solo desta região, de características argilosas. São solos formados pela degradação de rochas areníticas da Formação Botucatu, com pequena contribuição de vulcânicas da Formação Serra Geral. Portanto, os elevados teores de potássio estão diretamente relacionados à solubilização de feldspatos potássicos e micas. O lítio pode ser encontrado como elemento acessório na composição das micas. As concentrações de lítio ficaram dentro da faixa indicada pelos diversos autores, para solos e sedimentos.

A *T. diuretica*, macrófita com alto teor de água em seus tecidos investigada neste trabalho, mostrou boa correlação com as concentrações dos metais alcalinos dissolvidos na água, demonstrando ser uma razoável bioacumuladora destes elementos (figuras 5 e 6). Mesmo assim, todas as concentrações determinadas ficaram dentro das faixas indicadas como normais pelos diversos autores. É importante lembrar que, no processo de bioacumulação, são fatores relevantes os tipos de tecido e as faixas etárias dos indivíduos analisados.

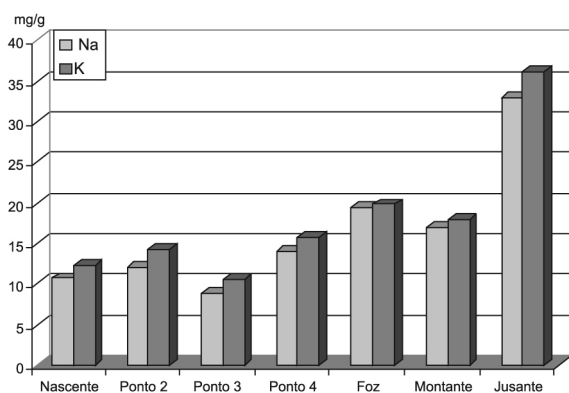


Figura 5. Concentrações de sódio e potássio em *T. diuretica*

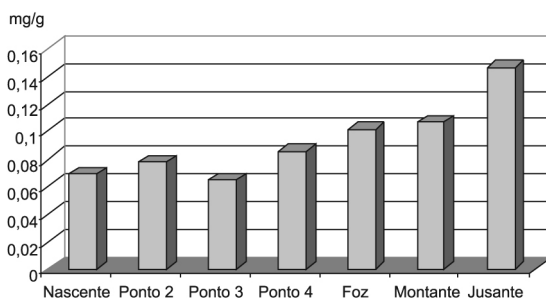


Figura 6. Concentrações de lítio em *T. diuretica*

As concentrações atmosféricas de lítio não foram detectáveis pela metodologia empregada. Para o sódio (Figura 7), apesar das concentrações médias nas partículas atmosféricas mostrarem uma estabilidade, ao longo do curso do arroio, evidenciaram-se picos de concentrações na área central e nas proximidades do trecho da foz, onde se concentram as atividades antrópicas mais intensas. Maiores evidências do impacto antrópico foram apresentadas pelas concentrações nas partículas atmosféricas para o potássio (Figura 7), que apresentou suas maiores concentrações junto à área da nascente, em função de uma terraplanagem de solo argiloso, realizada nas suas

proximidades, para o estabelecimento de loteamento residencial. Na foz, mesmo com concentrações médias semelhantes às da área central do arroio, ocorreram picos máximos acentuados, em função do impacto agrícola nas épocas de plantio e colheitas.

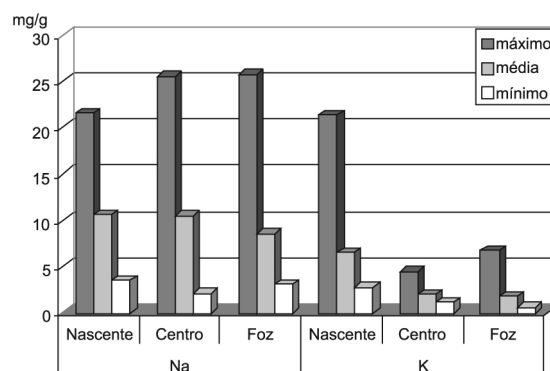


Figura 7. Concentrações atmosféricas de sódio e potássio

## CONCLUSÕES

As concentrações dos metais alcalinos sódio, potássio e lítio evidenciaram, em todos os compartimentos abióticos da microbacia do Arroio Araçá, a interferência das atividades antrópicas características da região da microbacia do Arroio Araçá. São observadas alterações de concentrações tanto relacionadas com a utilização de compostos de metais alcalinos em áreas urbanas, como em atividades rurais. Estas alterações repercutem em tecidos vegetais, que podem, ou não, tolerar alterações de concentrações.

Como, no trecho rural, a água é utilizada para a irrigação de culturas, principalmente em períodos de baixa pluviosidade, esta ação pode contribuir com um incremento de concentração de íons alcalinos no solo, introduzindo um processo de salinização que pode interferir na cultura de espécies mais sensíveis.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

Está disponível em <http://quimicanova.sbq.org.br>, na forma de arquivo PDF, com acesso livre, a Figura 1S – Mapa de localização com a distribuição dos pontos de coleta na área estudada.

## REFERÊNCIAS

- van Loon, G. W.; Duffy, S. J.; *Environmental Chemistry, a Global Perspective*, Oxford University Press: Oxford, 2000.
- Frota Júnior, J. I.; Andrade, E. M.; Meireles, A. C. M.; Esmeraldo, A. M.; Souza, B. F. S.; *Rev. Ciên. Agron.* **2007**, *38*, 142.
- Krauskopf, K. B.; Bird, D. K.; *Introduction to Geochemistry*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Inc.: New York, 1995.
- Mason, B.; *Princípios de Geoquímica*, Ediciones Òmega S. A.: Barcelona, 1960.
- Allen, S. E.; *Chemical Analysis of Ecological Materials*, Blackwell Scientific Publications: Oxford, 1974.
- Bowen, H. J. M.; *Environmental Chemistry of the Elements*, Academic Press: London, 1979.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; *Resolução n. 357*, Brasília: Brasil, 2005.
- Vaitsman, D. S.; Afonso, J. C.; Dutra, P. B.; *Para que Servem os Elementos Químicos*, Ed. Interciência: Rio de Janeiro, 2001.
- Drever, J. I.; *The Geochemistry of Natural Waters*, Prentice Hall: New Jersey, 1988.

10. Loures, A. P. S.; Soares, A. T. M.; Cecon, P. R.; *Eng. Agric.* **2005**, *13*, 231.
11. Kenney, W. L.; *Sports Science Exchange*: São Paulo, n. 41, 2004.
12. Manahan, S. E.; *Fundamentals of Environmental Chemistry*, CRC Press LLC: Boca Raton, 2001.
13. EPA, U. S. Environmental Protection Agency; *Contaminant Candidate List Regulatory Determination Support Document for Sodium*, Office of Water, Standards and Risk Management Division: Washington, 2003.
14. WHO, World Health Organization; *Guidelines for Drinking-water Quality*, WHO Library, 2006.
15. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>, acessada em Maio 2008.
16. Larcher, R. W.; *Ecofisiologia Vegetal*, RiMa: São Carlos, 2000.
17. Silva Filho, E.V.; Moutella, A. C. C.; Dias, A. M. M.; Boaventura, G. R.; Lacerda, L. D.; *Anais do V Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Niterói, Brasil, 1995.
18. IBGE; [http:// WWW.ibge.gov.br/cidadesat/](http://WWW.ibge.gov.br/cidadesat/), acessada em Julho 2008.
19. CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; *Projeto Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Porto Alegre – PDM* (Mapa Geológico Integrado – escala 1:250.000), Porto Alegre, 2006.
20. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; *Resolução n. 3*, Brasília: Brasil, 1990.