

SIMULAÇÃO DA CARGA DE NITROGÊNIO NA BACIA DO RIO PIRACICABA

Gustavo Cavalari Barboza^{1}; José Teixeira Filho²*

Resumo: Os lançamentos de efluentes de origem domésticos, industriais e rurais, com elevadas concentrações de nutrientes, reduzem a qualidade de água, afetando os usos múltiplos desse recurso. Com o objetivo de simular a carga de nitrogênio total da bacia do rio Piracicaba, foram utilizados os dados oficiais de concentrações de nitrogênio, obtidos pela CETESB e as vazões dos rios da bacia do rio Piracicaba (DAEE). O modelo apresentou uma relação linear $y=186,932x$ e $R^2=0,7338$, entre a concentração e vazão no período de 1979 a 2011. Para a simulação da carga de nitrogênio total, adotou-se o ano de 2006, no qual verificou-se que as maiores cargas deste nutriente, foram no período chuvoso (fevereiro e março), revelando-se que há necessidade de adotar critérios para a diminuição, principalmente, da contribuição difusa para a bacia do rio Piracicaba.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica, carga difusa, deflúvio.

SIMULATION OF NITROGEN IN CHARGE AT WATERSHED OF PIRACICABA RIVER

Abstract: The releases of effluents from domestic manufacturing and rural areas with high concentrations of nutrients, reduce water quality, affecting the multiple uses of this resource. With the objective to simulate the charge of total nitrogen of the watershed of Piracicaba river, were used the official data of nitrogen concentrations, obtained by CETESB and river flows of the watershed Piracicaba river (DAEE). The model showed a linear relationship $y = 186.932x$ and $R^2 = 0.7338$, between the concentration and flow rate in the period 1979-2011. To simulate charge of total nitrogen, was adopted in 2006, in which it was found that the larger this nutrient charges were in the rainy season (February and March), revealing that there is need to adopt criterious to decrease mainly diffuse contribution to the Piracicaba river basin.

Keywords – Watershed, diffuse charge, runoff.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, a degradação da qualidade de água em reservatórios brasileiros, tem ocorrido, devido ao aumento do uso de fertilizantes nas bacias hidrográficas, aumento da população humana, elevado grau de urbanização sem tratamento de esgotos domésticos e intensificação de algumas atividades industriais que levam excessiva carga de nutrientes para essas represas (Rocha *et al.*, 2009).

A poluição difusa é difícil de ser quantificada ao nível de bacia hidrográfica, pois depende da interação dos diversos fatores originários tais como a intensidade e duração das precipitações, o tipo de solo, suas formas de uso e a fisiografia do terreno (Sucupira *et al.*, 2008)

¹ Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. Bolsista FAPESP: 2012/05549-8. gu.cbarboza@gmail.com.

² Professor da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. jose@feagri.unicamp.br.

Os efluentes domésticos, são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos, enquanto que a contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. Segundo esses mesmos autores, os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais, sendo que para as condições brasileiras, não se tem quantificado o quanto esses poluentes contribuem para a degradação dos recursos hídricos (Merten; Minella, 2002).

As maiores fontes de poluição a partir dos agroecossistemas é a drenagem de nitrogênio aplicados no solo e a entrada de resíduos orgânicos da pecuária, no qual, os fertilizantes aplicados podem ser removidos pela água de precipitação e pelos ventos, aumentando a concentração de nitrogênio na água (Tundisi; Tundisi, 2008).

De acordo com Costa *et al.* (1999) o nitrogênio apresenta grande mobilidade no solo, e ainda para prevenir e minimizar a poluição de águas subterrâneas, é necessário um controle das taxas de nitrogênio aplicadas anualmente ao solo, além da compreensão dos fatores intervenientes na mobilidade no solo.

Segundo Fritzson *et al.* (2001), a perda de nitrogênio é maior em solos bem drenados em relação aos solos com drenagem deficiente, e em histossóis (solos orgânicos), a água de drenagem pode conter alto conteúdo deste nutriente mesmo em locais que não sofreram fertilização.

A bacia do rio Piracicaba possui uma população de aproximadamente 2.960.000 habitantes, é um verdadeiro modelo de “bacia desenvolvida”, abrangendo 61 municípios, no entanto, a ocupação do solo ocorre de forma bastante heterogênea: 87% da população vive nos centros urbanos, 66% dos quais localizados nas cidades de Campinas, Piracicaba, Limeira, Americana e Rio Claro, e as atividades econômicas caracterizam-se pela heterogeneidade, com regiões tipicamente voltadas para o setor agrícola e outras, para o industrial (Del Grande *et al.*, 2003).

O uso da agricultura na bacia do rio Piracicaba é caracterizada pelo cultivo da cana-de-açúcar (34% de sua área), sendo esta prática mais concentrada na porção ocidental da bacia, onde a topografia é mais suave do que na porção oriental da mesma (Silva *et al.*, 2007).

O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (Donadio *et al.*, 2005).

A consolidação das cargas de nutrientes para bacias de drenagem, embora praticamente impossíveis de medição direta, é, entretanto, possível de ser realizada de forma razoável através da estruturação de modelos e do uso de fatores de emissão das diferentes fontes potenciais de atividades antrópicas e pelos processos naturais presentes na bacia hidrográfica (Sucupira *et al.*, 2008).

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a carga de nitrogênio total, obtidos dos dados oficiais de monitoramento de fluviometria, pluviometria e qualidade de água da bacia do rio Piracicaba, no período de 1979 a 2011.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do Estudo

A bacia do rio Piracicaba, localizada na parte centro-oriental do Estado de São Paulo, possui uma forma alongada no sentido leste-oeste. Com extensão aproximada de 250 km e largura média de 50 km, apresenta uma área de drenagem de 12.400 km², que corresponde a 4,7% da superfície do Estado, sendo que 90% de sua área encontra-se em território paulista e o restante em território mineiro. A maior parte da bacia do rio Piracicaba está estabelecida, principalmente, na Depressão Periférica, possuindo altitudes inferiores em relação às duas províncias geomorfológicas que a ladeiam, o Planalto Atlântico e o Ocidental. A área drenada pelo rio Piracicaba e seus afluentes apresenta uma paisagem topográfica pouco acidentada, sendo as maiores saliências causadas pelos derrames basálticos, devido à maior resistência à erosão. Isto é evidenciado pelas corredeiras e pequenas cachoeiras existentes nos cursos, onde se situam aproveitamentos hidrelétricos como a Usina Hidrelétrica de Salto Grande e a Usina do Tatu.

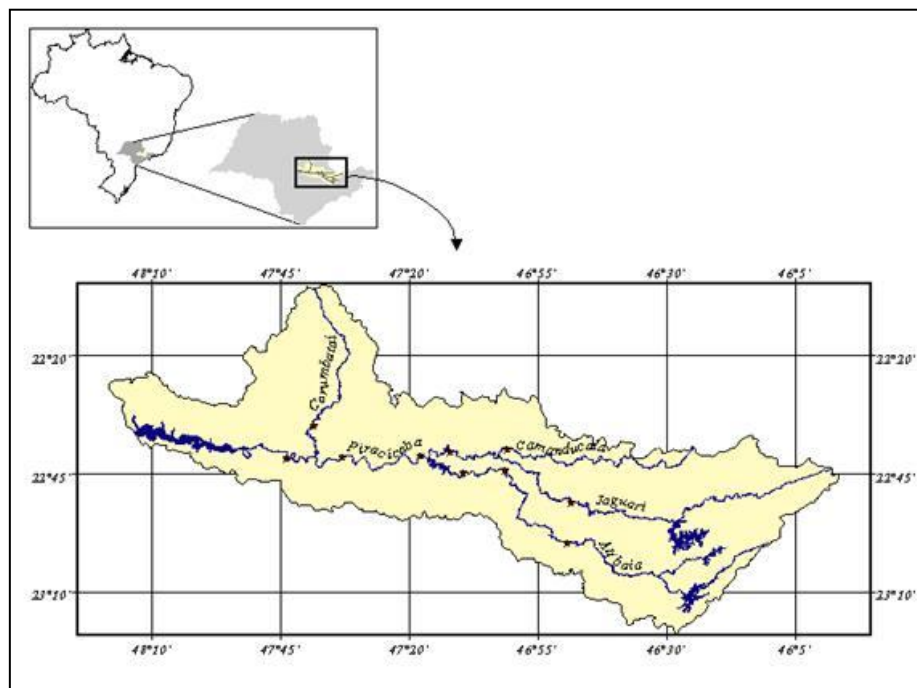


Figura 1. Localização da parte da bacia hidrográfica do rio Piracicaba situada no estado de São Paulo (fonte: Projeto PIRACENA, CENA, USP).

De acordo com Del Grande *et al.* (2003), a bacia abastece 42 municípios, sendo que em 33 deles são utilizadas águas superficiais; em 4, mananciais subterrâneos e em 3, de sistema misto. Os rios da bacia recebem efluentes de cerca de 194 indústrias, além de efluentes domésticos de 40 municípios, dos quais somente 13 possuem algum sistema de tratamento de esgotos.

Dados de Entrada

Os dados de nitrogênio foram obtidos nos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, publicados pela da CETESB entre os anos de 1979 a 2011, para o ponto de amostragem das estações: Rio Piracicaba - 00SP14PI2800 e 00SP14PI2605; Rio

Jaguari - 00SP14PI22605; Rio Corumbataí - 00SP14CR2500; Rio Atibaia - 00SP14AT2065 e 00SP14AT2065 e Rio Jundiá - 00SP13JU4270 A CETESB coleta amostras simples com frequência mensal e bimestral, e faz análise de nitrogênio total seguindo procedimentos descritos em APHA; AWWA e WPCF (1989). Este estudo foi baseado em dados de vazão do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo dos postos fluviométricos: Rio Piracicaba - 4D-010 (7205km²) e 4D007 (10918 km²), Rio Jaguari - 4D-001 (3394 km²); Rio Corumbataí - 4D021 (1581 km²); Rio Atibaia - 3D003 (2490 km²), 3D006 (1920 km²) e 4D009 (2738 km²) e Rio Jundiá - 4E017 (1581 km²). Os dados de vazão média diária do foram obtidos no Banco de Dados Fluviométricos do Estado de São Paulo disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). O DAEE faz duas leituras de vazão diariamente e calcula uma média diária, a qual foi usada neste estudo.

Modelo de avaliação de carga de nitrogênio total.

Inicialmente, os dados de vazões médias diárias medidas dos pontos fluviométricos em m³.s⁻¹ e os dados de concentração de nitrogênio total em mg.L⁻¹ medidos por meio de análise de amostras simples de água dos Rios coletadas nos pontos de monitoramento de qualidade de água da CESTESB, em dias determinados - com frequência mensal e bimensal - foram usados no cálculo de cargas diárias de nitrogênio total em Kg.dia⁻¹. As cargas diárias totais calculadas para todos os meses foram então relacionadas graficamente com a vazão (m³.s⁻¹) correspondente, e obteve-se uma linha de tendência dos pontos, que serviu como modelo de avaliação deste estudo. Para se obter um dado médio de contribuição urbana, utilizou-se os valores de carga diária calculados para os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro (estiagem) no período de 1979 a 2011, a partir dos dados medidos pela CETESB/DAEE. O cálculo da contribuição urbana e rural anual foi feito tomando-se este valor médio como referência - as cargas diárias obtidas pelo modelo de avaliação que fossem menor ou igual ao valor médio foram consideradas como contribuição urbana, e as cargas diárias obtidas pelo modelo de avaliação que fossem maior que o valor médio foram decrescidas deste, sendo que o valor médio foi somado à contribuição urbana e o excedente à contribuição rural.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os valores da concentração de nitrogênio total em relação a vazão, durante o período de 1979 a 2011. Observa-se que as maiores concentrações foram em vazões de aproximadamente de 25 m³.s⁻¹.

Verifica-se também, que a maior porcentagem dos valores de nitrogênio total ficaram entre 0,5 e 2,0 mg.L⁻¹. Resultados obtidos por Borges *et al.* (2003) para o nitrogênio total, os valores ficaram entre 2,2 e 10,4 mg.L⁻¹, e de acordo com esses autores, em rios que não são influenciados pelo excesso de insumos orgânicos, a concentração varia de 0,1 a 0,5 mg.L⁻¹.

Oliveira *et al.* (2009) avaliando a qualidade da água da bacia do Rio Apodi, encontraram os maiores valores de compostos nitrogenados, em que os pontos de coleta estão localizados nos maiores centros urbanos banhados pelo rio, onde são lançados efluentes domésticos e industriais sem qualquer tratamento prévio, além da criação de animais em seu entorno.

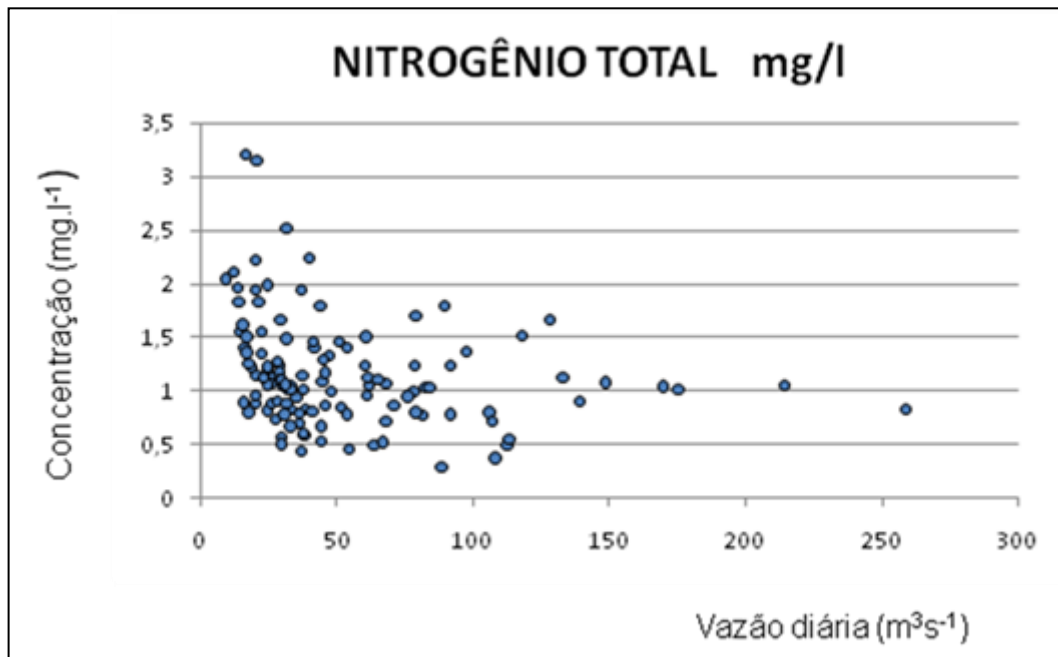


Figura 2. Relação da concentração de nitrogênio total para estação 00SP14JA2800 e vazão posto 4D001 no período 1979 a 2011.

A Figura 3 apresenta as cargas diárias de nitrogênio total calculadas a partir dos dados medidos pela CETESB e os dados de vazões ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) obtidos do DAEE, apresentaram uma relação linear $y = 86,932x$ e $R^2 = 0,7338$. Desta maneira, verifica-se, pelo modelo, que a medida que as vazões vão aumentando há um acréscimo da quantidade de nitrogênio por dia.

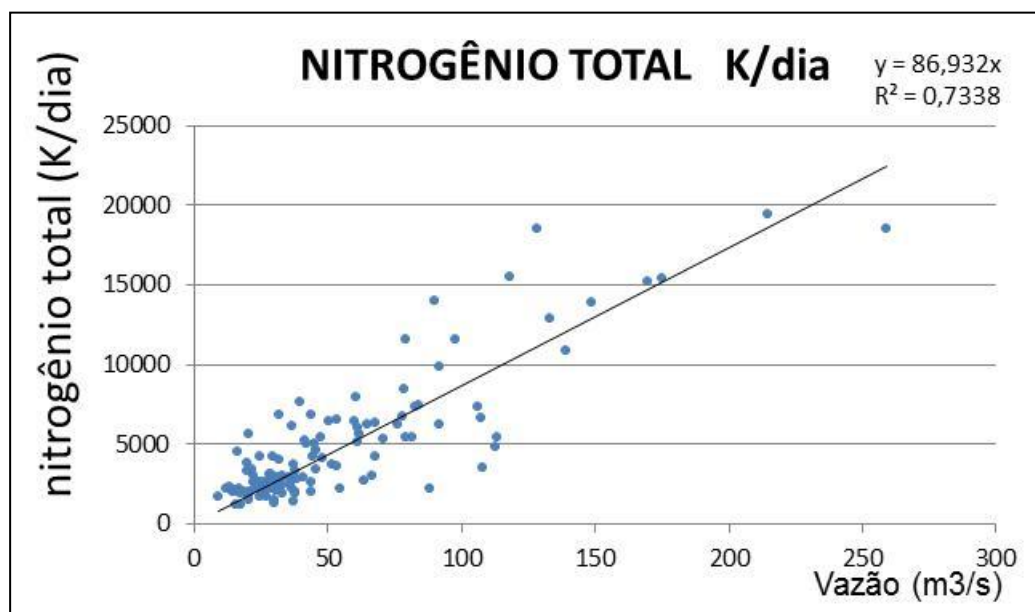


Figura 3. Relação da carga de nitrogênio total para estação 00SP14JA2800 e vazão posto 4D001 no período 1979 a 2011.

Esse aumento de nitrogênio total na água do rio, em relação, também, ao aumento nos valores da vazão, pressupõe que o escoamento superficial difusa das urbanas e rurais, contribuíram para essa elevação dos valores.

No entanto, Borges *et al.* (2003) avaliando a qualidade de água em cursos d'água urbanos, verificaram que, devido a redução na chuva no mês de abril, encontraram os maiores valores de nitrogênio total na água, provocados por despejos ocasionais pois existem estabelecimentos comerciais prestadores de serviços próximos ao ponto de coleta. Desta maneira, devido as maiores atividades econômicas, populacionais e a própria área da bacia do rio Piracicaba, o deflúvio ocasiona um aumento nos valores de nitrogênio total na água.

A Figura 4 mostra a dinâmica diária de nitrogênio total no rio Piracicaba, calculada através do modelo obtido nesse estudo, onde foi escolhido aleatoriamente o ano de 2006. Verificou-se que os maiores valores de nitrogênio total ocorreram simultaneamente com os meses onde as precipitações foram maiores (fevereiro e maio) e concordando com a relação concentração/vazão (Figura 1), devido ao escoamento difuso, urbano e rural.

Resultados obtidos por Donadio *et al.* (2005) quando compararam a concentração de nitrogênio em nascente da bacia hidrográfica do Córrego Rico, nos municípios de Taquaritinga e Guariba -SP, entre o período seco e chuvoso, verificaram que, de maneira geral, as médias obtidas para o período seco foram inferiores às obtidas para o chuvoso. Já Smith e Petreire Júnior (2000), avaliando a qualidade de água do rio Sorocaba, verificaram que os altos valores de nitrogênio, foram resultantes da decomposição da matéria orgânica provenientes do esgoto e curtumes localizados a montante do ponto de coleta, e quando compararam ao período chuvoso e seco, os valores variaram de 0,06 a 0,18 mg.L⁻¹ e 0,81 a 2,30 mg.L⁻¹, respectivamente.

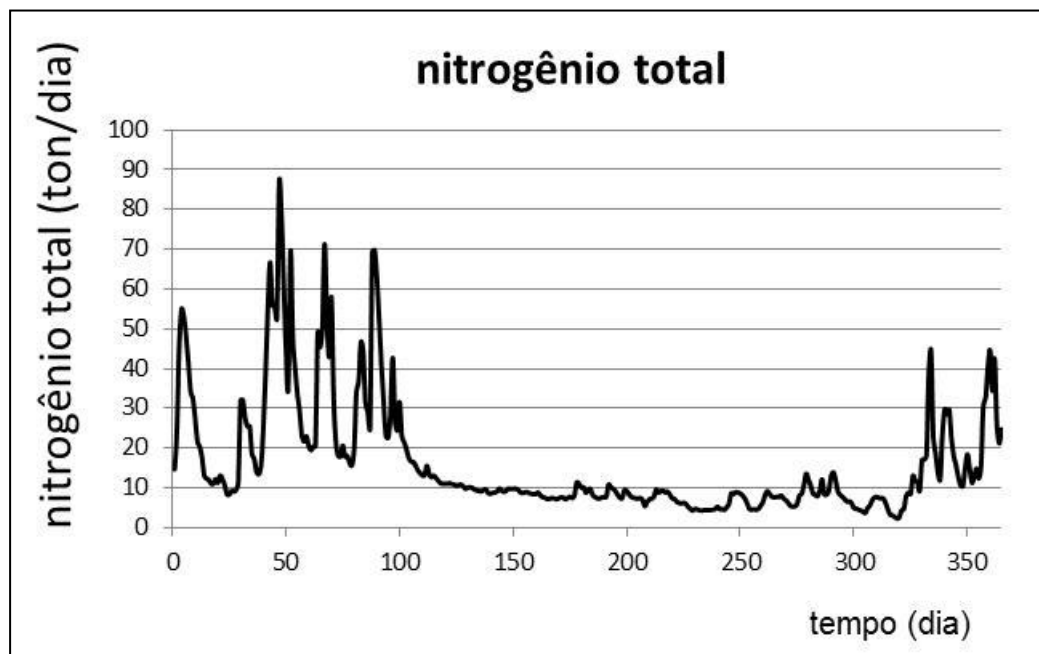


Figura 4. Simulação da carga de nitrogênio total do 00SP14JA2800 para o ano 2006.

Devido, provavelmente, ao uso excessivo de nitrogênio na agricultura e ao lançamento de esgoto na bacia do rio Piracicaba *in natura*, e a alta mobilidade de nitrogênio, as concentrações desse nutriente, proveniente do escoamento superficial, na época das chuvas, contribui para a eutrofização da água na bacia.

No entanto, segundo Oliveira *et al.* (2009) é difícil prever o impacto ambiental resultante do despejo de certas substâncias no meio aquático, em virtude dos processos sinérgicos característicos a cada descarga (defensivos agrícolas, detergentes sintéticos, presença de óleo e graxas, dentre outros).

CONCLUSÃO

A utilização da simulação foi possível verificar que na bacia do rio Piracicaba, a diversas atividades econômicas, contribuem para o aumento da concentração de nitrogênio na água, e também ao escoamento superficial provenientes das áreas urbanas e agrícolas, estas potencializam a eutrofização dos mananciais da bacia, principalmente no período chuvoso. Assim, há necessidade de adotar critérios que diminuam a contribuição de nutrientes de fontes difusas para a bacia do rio Piracicaba.

REFERÊNCIAS

- APHA; AWWA; WPCF (1989). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington D.C., 324 p.
- BORGES, M.J.; GALBIATTI, J.A.; FERRAUDO, A.S. (2003). Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 8 (2), pp. 161 - 171.
- COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. (1999). Mobilidade de Nitrato em Colunas de Solo Sob Condições de Escoamento Não Permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 3 (2), pp. 190 - 194.
- DEL GRANDE, M.; REZENDE, M.O.O.; ROCHA, O. (2003). Distribuição de Compostos Organoclorados nas Águas e Sedimentos da Bacia do Rio Piracicaba/SP - Brasil. *Química Nova* 26 (5), pp. 678 - 686.
- DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C. (2005). Qualidade da Água de Nascentes com Diferentes Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola* 25 (1), pp. 115 - 125.
- FRITZSONS, E.; RIZZI, N.; BITTENCOURT, A.V.L.; MANTOVANI, L.E. (2001). Estudo do Impacto da Contaminação Por Nitrogênio Numa Bacia Hidrográfica Cárstica. *Boletim Paranaense de Geociências* 49, pp. 39 - 52.
- MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. (2002). Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável* (3), pp. 33 - 38.
- OLIVEIRA, T.M.B.F.; DI SOUZA, L.; CASTRO, S.S.L. (2009). Dinâmica da Série Nitrogenada nas Águas da Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró - RN - Brasil. *Eclética Química* 34 (3), pp. 17 - 26.

ROCHA, S.A.; LOUGON, M.S.; GARCIA, G.O. (2009). Influência de Diferentes Fontes de Poluição no Processo de Eutrofização. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* (4), pp. 01 - 06.

SILVA, A.M.; NALON, M.A.; KRONKA, F.J.N.; ALVARES, C.A.; CAMARGO, P.B.; MARTINELLI, L.A. (2007). Historical Land-Cover/Use in Different Slope and Riparian Buffer Zones in Watersheds of the State of São Paulo, Brazil. *Scientia Agricola* 64 (4), pp. 325 - 335.

SMITH, W.S.; PETRERE JÚNIOR, M. (2000). Caracterização Limnológica da Bacia de Drenagem do Rio Sorocaba. *Acta Limnológica Brasiliensia* 12, pp.15 - 27.

SUCUPIRA, P.A.P.; PAULINO, W.D.; ALEXANDRE, D.M.B.; FERREIRA, A.C.S. (2008). Estimativa da Carga Difusa de Nutrientes na Bacia Hidrográfica e Hidráulica de Alguns Açudes do Estado do Ceará, Brasil. In *Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Salvador, Nov. 2008, pp. 1-7.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (2008). *Limnologia*. Oficina de Textos São Paulo, 631 p.