

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**IV Seminário da
Rede Agrohidro**

Água e Agricultura:

***incertezas e
desafios para a
sustentabilidade
frente às
mudanças do
clima e do uso
da terra***

ANAIS

*Lineu Neiva Rodrigues
Maria Fernanda Moura
Raimundo Cosme de Oliveira Junior*
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2016



ETAPAS METODOLÓGICAS PARA A MODELAGEM DO NITROGÊNIO NA ÁGUA NA BACIA GUAPI-MACACU, RIO DE JANEIRO, RJ

**SANTIAGO PENEDO; ANNIKA KÜNNE; RACHEL BARDY PRADO;
AZENETH EUFRAUSINO SCHULER; LARS RIBBE;
LÍVIA FURRIEL DE CASTRO**

RESUMO

A qualidade da água depende de muitos fatores naturais e antrópicos. Estes impactos precisam ser caracterizados e quantificados para subsidiar cenários futuros e a gestão de recursos hídricos no âmbito das bacias hidrográficas. A Bacia Guapi-Macacu, pertencente ao Bioma Mata Atlântica, é a terceira no ranking de abastecimento de água no Estado do Rio de Janeiro. O propósito deste trabalho foi apresentar as etapas metodológicas para a modelagem hidrológica das formas de nitrogênio nesta bacia. Nesse caso, o modelo hidroquímico J2000-S foi aplicado. A fim de calibrar e validar o modelo, foi instalada uma rede de monitoramento hidrometeorológica e de qualidade da água. Dados secundários também foram organizados e utilizados. Etapas do trabalho: coleta e análise de dados, delimitação das unidades de resposta hidrológica; calibração e validação temporal do modelo hidroquímico; validação espacial e análise de incertezas. A principal fonte de nitrogênio é o esgoto doméstico, seguida das fontes difusas relacionadas à agricultura. Concluiu-se que a disponibilidade de dados é um grande desafio, mas a implantação de redes de monitoramento sólidas pode fornecer os dados necessários para a modelagem.

Termos para indexação: qualidade da água, uso e cobertura da terra, monitoramento.

METHODOLOGICAL STEPS FOR NITROGEN MODELING IN THE WATER IN GUAPI-MACACU BASIN, RIO DE JANEIRO

ABSTRACT

Water quality depends on multiple natural and anthropogenic factors. These impacts need to be assessed and quantified to support future scenarios to support watershed management. The Guapi-Macacu Basin, part of the Atlantic Forest biome, is the third water supplier to the Rio de Janeiro state. The main purpose of this paper is to present the methodological steps undertaken to model the hydrology and nitrogen cycle in this basin. The hydro-chemical model J2000-S was applied in this case. In order to calibrate and validate the model, a monitoring network was implemented. Secondary data were also organized and used. The main steps were: data collection and analysis, delimitation of the hydrological response units (HRUs), temporal calibration and validation of the J2000-S model, spatial validation and uncertainty analysis. The main source of nitrogen is untreated sewage followed by diffuse sources related to agriculture. Therefore, the modeling approach focused on properly representing these processes. The main conclusions appoint that data availability remains a major challenge in poorly gauged basins but sound monitoring approaches can provide necessary data to apply hydro-chemical models.

Index terms: water quality, land use and land cover (LULC), monitoring.

INTRODUÇÃO

A sociedade e os ecossistemas naturais são dependentes de água para o seu funcionamento. Nas últimas décadas, as atividades antrópicas reduziram a disponibilidade da água. Segundo Arreghini et al. (2007), os componentes do ciclo hidrológico, o uso e cobertura da terra, as propriedades do solo, a topografia e a atividade dos organismos são as variáveis mais relevantes que impactam na qualidade da água. Além do impacto na qualidade da água, essas alterações também estão relacionadas às mudanças climáticas, ao ciclo do carbono, à perda de biodiversidade e ao manejo na agricultura (LEPERS et al., 2005). A qualidade da água é altamente variável tanto no espaço, quanto no tempo, devido às fontes de poluição como à própria dinâmica do ciclo hidrológico (WALTON; HUNTER 2009). Os modelos hidroquímicos são ferramentas integradoras para avaliar os impactos de diferentes usos e cobertura da terra (principal força motriz) na qualidade da água (ARREGHINI et al., 2007). O modelo hidroquímico J2000-S foi selecionado para utilização no presente estudo (FINK et al., 2007) como ferramenta para descrever os processos hidroquímicos ocorrendo na bacia e o comportamento das formas de nitrogênio na água. Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi apresentar as etapas metodológicas necessárias à aplicação do modelo J2000-S para fazer a modelagem do nitrogênio na bacia do Guapi-Macacu (BHGM).

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A BHGM possui aproximadamente 1.265 km² e abastece quase dois milhões de habitantes no estado do Rio de Janeiro (PEDREIRA et al., 2009). No entanto, fatores como o desmatamento, crescimento urbano e uso das terras ao longo dos diferentes ciclos econômicos agropecuários, realizados sem uma preocupação conservacionista, incrementam os processos erosivos, de assoreamento e de poluição dos rios. Nas áreas de baixada, os fragmentos de matas são menores e menos frequentes e as

matas ciliares estão quase ausentes. A principal fonte de contaminação (poluição pontual) ao longo da BHGM é a carga de esgoto in natura lançada pelas sedes dos municípios como Cachoeiras de Macacu, mas também das comunidades rurais. O manejo atual da agricultura também pode refletir na qualidade da água principalmente devido ao uso de pesticidas e fertilizantes (HANSEL; PRADO, 2014).

PROCEDIMENTOS

A metodologia constituiu-se de cinco etapas

a) *Coleta e organização de dados* – levantamento de dados secundários e primários. Os secundários, foram obtidos em várias instituições e se referem aos dados hidro-meteorológicos, mapas temáticos e base cartográfica, sintetizados na Tabela 1. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi derivado dos dados do IBGE e corrigido com informação da Missão Topográfica Radar Shuttle. Em relação aos dados primários de qualidade da água, foi implementada uma rede de monitoramento na BHGM, com 11 pontos ao longo da bacia, com coletas bimensais. Os pontos foram selecionados com o objetivo de capturar a heterogeneidade da bacia, tentando representar os principais usos da terra e seus impactos no teor de nitrogênio na água. Os parâmetros analisados foram nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total (analisados no laboratório da Embrapa Solos). Também foram instaladas três estações hidrosedimentológicas e meteorológicas em microbacias cujo uso e cobertura da terra eram representativos da BHGM.

Tabela 1. Dados secundários utilizados na modelagem do nitrogênio na BHGM.

| Dado | Fonte | Local | Período |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------|
| Precipitação | ANA ¹ | 10 estações na região | 1965-2012 |
| Vento | INMET/SINDA | Estação Rio de Janeiro e Teresópolis | 2002-2013 |
| Vazão | ANA ¹ | Estação Parque Ribeira | 1996-2009 |
| Temperatura | INMET/SINDA ² | 4 Estações na região | 2001-2013 |

Continua.

Tabela 1. Continuação.

| Dado | Fonte | Local | Período |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------|
| Umidade Relativa | INMET/SINDA ² | Estação Rio de Janeiro e Teresópolis | 2002-2013 |
| Radiação Solar | INMET/SINDA ² | Estação Rio de Janeiro e Teresópolis | 2002-2013 |
| Qualidade de Água | ANA ³ | Estação Japuiba | 2001-2010 |
| Mapa | Ano | Fonte | Escala |
| Mapa Solos | 2003 | Carvalho Filho et al. | 1:250.000 |
| Mapa de Uso e Cobertura da Terra | 2008 | Fidalgo et al. | 1:50.000 |
| Mapa de Aquíferos | 2002 | DRM ³ | 1:50.000 |

¹ Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH – Agência Nacional de Águas (ANA): <http://www.ana.gov.br/portalsnirh/>

² Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): <http://www.inmet.gov.br/portal/>

³ Departamento de Recursos Minerais (DRM)

b) *Delimitação das Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs)* – utilização de método de Staudenrausch (2001). Foram delimitadas 2.870 HRUs a partir do ponto Parque Ribeira e 24.280 HRUs a partir do ponto Imunana-Laranjal (onde localiza-se a captação de água para abastecimento).

c) *Calibração e Validação Temporal* – o método de Montecarlo (MMC) foi utilizado para identificar os parâmetros mais sensíveis, para assim reduzir a equifinalidade. Os parâmetros selecionados foram calibrados para a área a montante do ponto Parque Ribeira (278 km²), cuja série temporal de vazão era relativa ao período de 1996-2010. A série de tempo foi dividida segundo a metodologia de KLEMES (1986) conhecida como *split-sample*. O período 1996-2002 serviu para o aquecimento do modelo, o período de 2002-2005 para modificar os parâmetros para calibrar o modelo e finalmente o período de 2006-2009 para a validação do modelo. Os parâmetros relacionados com as rotinas de nitrogênio foram calibrados manualmente para o período 2002-2005, com uma série de tempo disponível para Japuiba.

d) *Validação espacial* – os mesmos parâmetros foram utilizados para modelar a bacia até a ponto Imunana-Laranjal. Os dados de vazão e qualidade de água provenientes da rede de monitoramento permitiram a validação espacial do modelo.

e) *Análise de incertezas* – foram reduzidas avaliando os dados disponíveis e aplicando métodos estatísticos para garantir a qualidade. Finalmente, os parâmetros do modelo foram definidos com informações físicas da bacia e com dados encontrados na literatura.

RESULTADOS INTERMEDIÁRIOS

Na Figura 1, apresentam-se os principais mapas e resultados intermediários do monitoramento e a modelagem de nitrogênio na Bacia BHGM. As concentrações foram utilizadas para avaliar espacialmente o modelo.

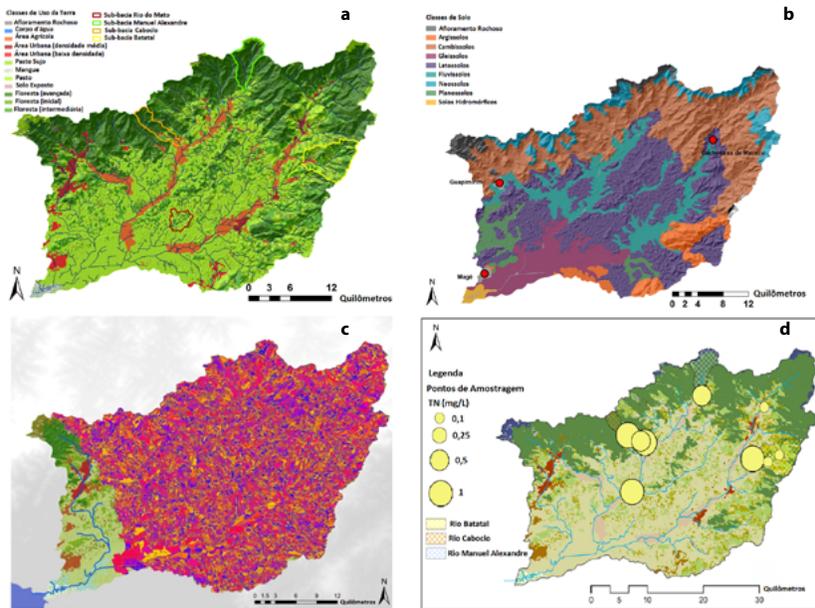


Figura 1. Resultados intermediários da modelagem de nitrogênio na Bacia Guapi-Macacu (RJ). Mapa de classes de uso e cobertura da terra, bem como as sub-bacias onde ocorreu o monitoramento do nitrogênio (a); recorte do mapa de solos na escala 1:50.000 para a BHGM e sede dos municípios que pertencem a ela (b); HRUs a partir do ponto Imunama-Laranjal que foram as entidades para a modelagem hidroquímica (c); concentrações de nitrogênio total nos pontos de amostragem das sub-bacias (d).

CONCLUSÕES

A disponibilidade de dados é um grande desafio e na BHGM a série histórica de dados é ainda limitada para a modelagem. Porém, o conceito da rede de monitoramento foi aumentar a resolução espacial para capturar a heterogeneidade da bacia. Também foi importante a identificação das principais fontes de poluição que incluem o esgoto doméstico, seguida das fontes difusas relacionadas à agricultura. Este esquema permitiu a validação espacial do modelo que mostrou resultados estatisticamente aceitáveis, significando que o modelo pode ser utilizado como ferramenta de gestão para avaliar cenários futuros tais como: mudanças no uso da terra, redução nas quantidades de fertilizantes utilizadas em agricultura, adequação ambiental e tratamento de esgotos sanitários.

REFERÊNCIAS

ARREGHINI, S.; DE CABO, L.; SEOANE, R.; TOMAZIN, N.; SERAFINI, R.; FABRIZIO DE IORIO, A. A methodological approach to water quality assessment in an ungauged basin, Buenos Aires, Argentina. **GeoJournal**, v. 70, p. 281-288, 2007.

CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; WITTERN, K. P.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D. dos; CALDERANO FILHO, B.; MOTHCI, E. P.; LARACH, J. O. I.; CONCEIÇÃO, M. da; TAVARES, N. P.; SANTOS, H. G. dos; GOMES, J. B. V.; CALDERANO, S. B.; GONCALVES, A. O.; MARTORANO, L. G.; BARRETO, W. de O.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L. de; SOUZA, J. L. R. de; LIMA, T. da C.; ANTONELLO, L. L.; LIMA, P. C. de; OLIVEIRA, R. P. de; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de; CHAFFIN, C. E. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 245 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 32).

RIO DE JANEIRO. Departamento de Recursos Minerais. **Carta geológica**. Rio de Janeiro, 2002. 1 mapa, color. Escala 1:50,000.

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B.; MOURA, I. B.; GODOY, M. D. P. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 31 p. (Embrapa Solos. Documentos, 105).

FINK, M.; KRAUSE, P.; KRALISCH, S.; BENDE-MICHL, U.; FLÜGEL, W. A. Development 25 and application of the modelling system J2000-S for the EU-water framework directive. 26 Jena, Canberra. **Advances in Geosciences**, v. 11, p. 123-130, 2007.

KLEMES, V. Operational testing of hydrological simulation models. **Hydrological Sciences Journal**, v. 31, p. 13-24, 1986.

LEPERS, E.; LAMBIN, E. F.; JANETOS, A. C.; DEFRIES, R.; ACHARD, F.; RAMANKUTTY, N.; SCHOLLES, R. J. A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981-2000. **BioScience**, v. 55, p. 115-124, 2005.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; CINTRÃO, R. P.; BENAVIDES, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu em área de Mata Atlântica – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: SBRH, 2009.

STAUDENRAUSCH, H. **Untersuchungen zur hydrologischen Topologie von Landschaftsobjekten für die distributive Flussgebietsmodellierung**. 2001. 158 f. Dissertationen (Doctor Rerum Naturalium) – Friedrich-Schiller University Jena, Jena.

TONG, S.; CHEN, W. Modeling the relationship between land use and surface water quality. **Journal of Environmental Management**, v. 66, p. 377-393, 2002.

WALTON, R. S.; HUNTER, H. M. Isolating the water quality responses of multiple land uses from stream monitoring data through model calibration. **Journal of Hydrology**, v. 378, p. 29-45, 2009.