

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTUDO DO TRANSPORTE DE AGROTÓXICOS NA BACIA DO RIO SÃO LOURENÇO EM NOVA FRIBURGO

Jader Lugon Junior² – jljunior@iff.edu.br

Francine de Almeida Kalas¹ – frankalas@iprj.uerj.br

Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues¹ – pwatts@iprj.uerj.br

Wagner Rambaldi Telles³ – wr_telles@yahoo.com.br

Monica Santana Vianna¹ – monicaviann@gmail.com

João Paulo Machado Torres⁴ – jptorres@bio.ufrj.br

Antonio J. Silva Neto¹ – ajsneto@iprj.uerj.br

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico – Nova Friburgo, RJ, Brazil

² Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal Fluminense – Macaé, RJ, Brazil

³ Universidade Federal Fluminense, Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior – Santo Antônio de Pádua, RJ, Brazil

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biofísica – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo. Este trabalho consiste na construção de modelo hidrológico para a bacia do Rio São Lourenço em Nova Friburgo, a ser aplicado no estudo da dinâmica / mobilidade de um conjunto relevante de agrotóxicos utilizados na região. Para tal finalidade, é apresentado o desenvolvimento da simulação de um evento de precipitação na bacia do Rio São Lourenço com o uso do simulador MoHid Land. A região de São Lourenço fica localizada numa área montanhosa de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, sendo caracteristicamente uma região rural com alto índice de aplicação de agrotóxicos. O modelo desenvolvido tem por objetivo caracterizar computacionalmente a área de estudo bem como averiguar o comportamento do escoamento das águas superficiais dos rios desta bacia. O levantamento preliminar dos níveis de agrotóxicos na região evidencia a importância do transporte de agrotóxicos para o conhecimento real de sua dinâmica ambiental, orientada por múltiplos fatores de alta variabilidade temporal e espacial. Os resultados obtidos para o modelo simplificado de uma bacia impermeável, são considerados satisfatórios. Ajustes nas variáveis hidrológicas, como o coeficiente de Manning, e a implementação de novos parâmetros, como as constantes hidráulicas do solo, no módulo de meio poroso, são alternativas promissoras para a calibração e validação do modelo.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, MoHid Land, Modelo hidrológico, Rio São Lourenço

1. INTRODUÇÃO

O Centro de Distribuição de Dados do Painel Intergovernamental da ONU sobre Mudança Climática (IPCC) indica alterações acentuadas para a América do Sul. Esses eventos climáticos causam alterações na dinâmica das diversas substâncias presentes no ambiente, i.e., perfil físico-químico de partição entre a atmosfera, a água, solo / sedimento e biota, além de suas taxas de reação (fotólise, biodegradação e oxidação, por exemplo) e riscos ecotoxicológicos. (Pal *et al.*, 2010).

Para a agricultura, esses fenômenos climáticos extremos podem ser especialmente danosos. Estudos indicam perdas econômicas provocadas pelo aumento de 1 °C na temperatura (Ghini *et al.*, 2011), além de efeitos acentuados sobre a ocorrência de pragas e doenças e outros aspectos negativos ao sistema produtivo. Por isso, os países de base agrícola estão intensificando o uso de diversos insumos. Os agrotóxicos (grupo heterogêneo de contaminantes orgânicos) são campeões no consumo, com níveis alarmantes de contaminação ambiental e humana. Uma das grandes limitações para a manutenção de um sistema agrícola sustentável é a dificuldade de monitoramento da qualidade dos recursos naturais utilizados. Esta vigilância deve considerar a dinâmica do sistema de drenagem, as atividades antrópicas das áreas de influência que incide diretamente sobre os corpos hídricos e os aportes do solo e atmosfera, o clima e os microclimas de suas bacias, dentre outros fatores.

Com base no caráter integrado dos processos ambientais e antrópicos, a dimensão da microbacia hidrográfica tem sido foco de programas de desenvolvimento sustentável. As microbacias vêm sendo utilizadas como unidades de planejamento e, nesse contexto, o Decreto N° 94.076 de 1987 instituiu o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, que busca promover o aproveitamento agropecuário adequado dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis. A importância das microbacias é estratégica, pois essas concentram também os pólos de agricultura familiar que são responsáveis pela produção que abastece os mercados, além de incluir áreas importantes de preservação. O estudo e modelagem desta unidade hidrográfica permite a avaliação dos impactos das mudanças climáticas globais e seus efeitos locais já evidentes.

Uma das formas mais evidentes de avaliar o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas está no desenvolvimento e aplicação de modelos de simulação hidrológica com o auxílio de técnicas de mapeamento (Viola *et al.*, 2009). Essas ferramentas são essenciais, tanto no processo de gestão, como em ações de planejamento para mitigar os impactos das cheias. A plataforma MOHID (Modelagem Hidrodinâmica), através do módulo *Land* – núcleo executável da simulação de processos hidrológicos e hidrodinâmicos em bacias hidrográficas, vem sendo largamente aplicada em microbacias da região de Nova Friburgo, principalmente no intuito de simular os processos de precipitação e escoamento (Telles *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015; Kalas *et al.*, 2017; Tavares *et al.*, 2017).

Este estudo apresenta a construção de um modelo hidrológico para a bacia do Rio São Lourenço, tendo como meta apoiar os estudos experimentais que vem sendo realizados na região acerca do potencial de contaminação por agrotóxicos. O modelo ora apresentado tem por objetivo a caracterização computacional da bacia hidrográfica do Rio São Lourenço e a averiguação do escoamento das águas superficiais, considerando um evento extremo de precipitação.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Os municípios de Nova Friburgo, Teresópolis e Sumidouro constituem o maior cinturão agrícola do Estado, sendo a região do 3º distrito do município de Nova Friburgo uma das principais produtoras de olerícolas do Estado do Rio de Janeiro e uma das maiores produções mundiais de couve-flor. Sua área agrícola é dividida em pequenas propriedades, com mão-de-obra familiar, compreendendo importantes áreas de preservação ambiental, onde está situado o Parque Estadual dos Três Picos. A região possui uma importância estratégica por compreender uma área de drenagem composta por inúmeras microbacias. As culturas agrícolas se distribuem em dois períodos distintos: culturas de inverno (destaque para couve-flor, brócolis e salsa) e verão (principalmente tomate). O regime de uso dos diversos insumos agrícolas (adubos, corretivos, fertilizantes e agrotóxicos) varia conforme esta sazonalidade da produção.

A área das cabeceiras da Bacia do Rio Grande, afluente do Rio Paraíba do Sul, incluindo o Rio São Lourenço, está localizada na encosta norte da Serra dos Órgãos, entre os morros dos Três Picos e da Caledônia, a oeste da cidade de Nova Friburgo, RJ (Figura 1). O Parque dos Três Picos, maior unidade de conservação ambiental do grupo de proteção integral do Rio de Janeiro e incluído na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, é considerado área de alta prioridade para conservação. Este abriga remanescentes de floresta montana e campos rupestres, com uma alta diversidade biológica, representando o habitat de diversas espécies ameaçadas de extinção (Lima e Guedes-Bruni, 1997 *apud* Bohrer e Barros, 2006).

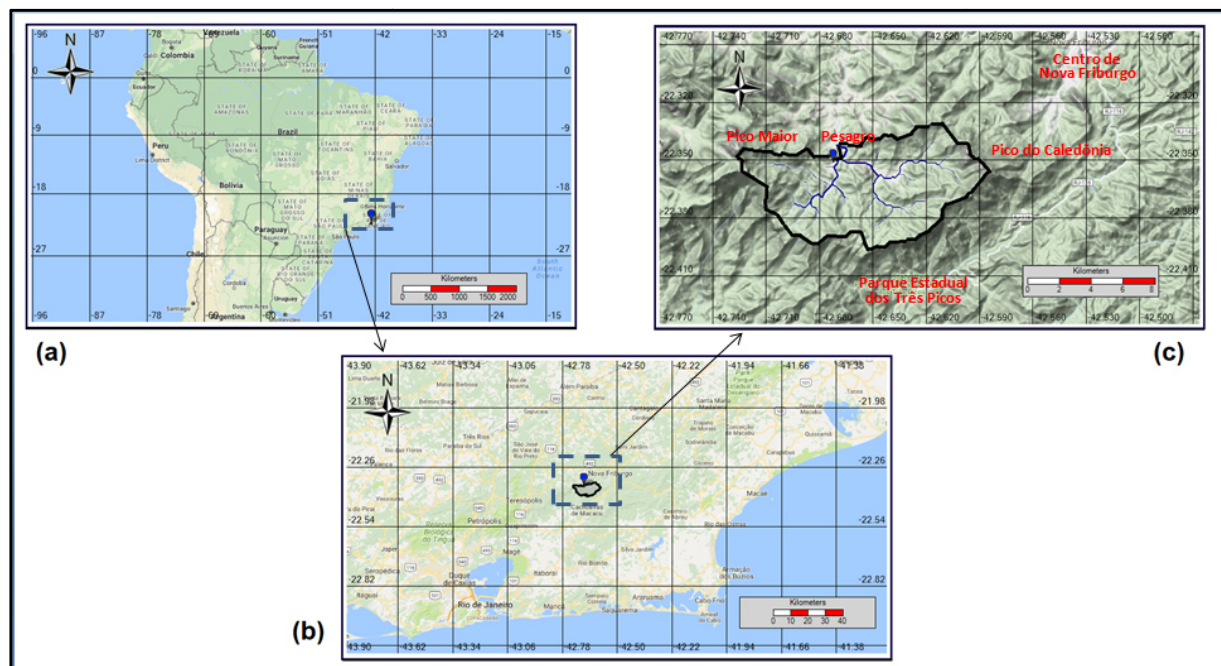


Figura 1 – Localização da área de estudo: (a) Escala continental; (b) Escala regional; (c) Escala Local.

2.2 Potencial de contaminação da micro-bacia de São Lourenço

O Centro Estadual de Pesquisas em Horticultura da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) está localizado no polo de

produção agrícola, nas proximidades do conjunto de microbacias que formam a Região Hidrográfica Rio Dois Rios (incluindo a microbacia do Rio São Lourenço e bacias adjacentes). Com base em sua infra-estrutura e capacidade analítica, está sendo possível o levantamento da série histórica das condições de fertilidade dos solos da região (2002-2016) e sua atualização. Estes parâmetros são fundamentais para a avaliação da mobilidade dos agrotóxicos e demais contaminantes e para o suporte aos estudos de modelagem ambiental.

O potencial de contaminação de ingredientes ativos se apoia rotineiramente em índices de triagem, visto as centenas de substâncias e formulações técnicas disponíveis. Dessa forma, analisa-se o seu potencial de contaminação em águas, considerando as próprias características dos compostos. Os resultados são apresentados como índices e intervalos numéricos: os critérios da EPA (*Environmental Protection Agency*) e o índice de GUS (*Groundwater Ubiquity Score*) para águas subterrâneas, e o método de GOSS (Goss, 1992) para águas superficiais. A maioria dos estudos utiliza dados da literatura relativos às propriedades físico-químicas dos agrotóxicos e características do solo.

A Tabela 1 mostra alguns dos principais ingredientes ativos usados pela agricultura familiar da região de estudo identificado no levantamento realizado, com suas respectivas concentrações em amostras de água e solo e a sua classificação, segundo os índices citados. Todos os compostos na Tabela 1 são extremamente tóxicos (classe toxicológica) e perigosos ao meio ambiente (potencial de periculosidade ambiental). A determinação dos agrotóxicos foi realizada por biossensores analíticos (Vianna *et al.*, 2018).

Tabela 1 – Concentração de amostras de água (superficial) e solo de alguns ingredientes ativos encontrados na região de estudo.

Princípios Ativos	Água ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Solo ($\mu\text{g Kg}^{-1}$)	Potencial de contaminação de águas subterrâneas	Transporte águas superficiais
Indoxacarbe	79,0	54,3	NC	Baixo
Glifosato	67,2	142,0	T	Alto
Difeniconazol	50,5	55,7	NC	Alto
Deltametrina+ cipermetrina	38,5	35,3	NC	Baixo
Metomil	35,3	21,0	NC / Transição	Alto
Cimoxanil	30,0	25,7	NC	Baixo
Tiametoxan	28,0	41,3	PC	Alto
λ -cialotrina	24,8	20,0	NC	Baixo

PC - Potencial contaminação NC - Não contaminante T - Transição

Os resultados preliminares para compostos de alta toxicidade, indicam níveis acima das concentrações de referência estabelecidas para o agrotóxico metamidofós (proibido desde 2010) em água, de $12,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (Portaria MS 2914/2011). Considerando os pontos de coleta, regime de chuvas e a realização das pulverizações dos agrotóxicos, observam-se concentrações críticas em solo e água de substâncias classificadas como não contaminantes potenciais nesses dois compartimentos. Estudos do comportamento de sorção de glifosato em solos agrícolas com variações nos teores de fósforo, cobre e zinco, mostraram a influência desses elementos no desempenho de sorção do herbicida (Vianna *et al.*, 2018). Portanto, a descrição da mobilidade dos agrotóxicos depende de múltiplos fatores ambientais de grandes flutuações (e não apenas de parâmetros físico-químicos) que devem ser monitorados constantemente, considerando as entradas de insumos no ambiente através do manejo agrícola.

O suporte dos dados experimentais à construção de modelos ambientais permite identificar fatores determinantes para o comportamento de contaminantes e suas interações que devam ser incluídas na modelagem de cenários dinâmicos que compreendam as áreas de drenagem de bacias. Após concluídos os modelos, os dados experimentais continuam subsidiando suas constantes validações e definindo o perfil da variabilidade espacial dos parâmetros considerados.

2.3 Implementação do modelo hidrológico

O MoHid (Modelagem Hidrodinâmica) é um modelo hidrodinâmico tridimensional, desenvolvido em ANSI FORTRAN95, com linguagem orientada a objetos, que vem sendo desenvolvido desde a década de 80 pelo grupo de pesquisa do Instituto Superior Técnico (IST) de Portugal. Este sistema de modelagem hidrodinâmica permite a simulação de diferentes processos físicos e biogeoquímicos em corpos hídricos por meio da abordagem de volumes finitos no cômputo das variáveis de estado e fluxos (MARETEC, 2012).

O módulo *Land* é responsável pela simulação dos processos hidrológicos em bacias hidrográficas (Braunschweig, 2004). Este módulo simula de forma integrada o escoamento superficial, a rede de drenagem e o meio poroso (zona insaturada do solo - acima do nível freático e zona saturada do solo - aquífero). A interação entre os diferentes processos é calculada dinamicamente através de gradientes hidráulicos, onde cada processo possui escalas espaciais próprias (rede de drenagem - 1D, escoamento superficial - 2D e meio poroso - 3D), e podem ser simulados de forma independente ou combinados um com o outro.

O escoamento superficial é resolvido usando as equações completas de St. Venant (Eq.1) e de conservação de massa (Eq.2).

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 |Q| Q}{AR_H^{4/3}} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2)$$

onde Q é a vazão [m^3/s], A é a área da seção transversal [m^2], g é a aceleração de gravidade [m/s^2], η a altura da coluna d'água acima de um plano de referência [m], n o coeficiente de Manning [$m^{-1/3}s^{-1}$], R_H o raio hidráulico (m), x a direção longitudinal, e q os aportes ou perdas laterais [m^3/s].

No meio poroso, o fluxo de água é impulsionado pela pressão exercida pela gravidade, pelo potencial matricial nas zonas insaturadas e pela pressão hidrostática nas zonas saturadas. O escoamento da água é resolvido de acordo com a equação de conservação de água subterrânea,

$$\varphi_i = -k(\theta) \frac{\partial H}{\partial x_i} \quad (3)$$

onde φ_i é a densidade do fluxo de água, ou seja o fluxo por unidade de área [m/s], $k(\theta)$ é a condutividade hidráulica em função da umidade do solo na zona insaturada e da

condutividade saturada [m/s]; H a pressão exercida pela gravidade no meio poroso(mca) e x_i as coordenadas espaciais [m].

Os fluxos computados na interface de cada compartimento (ar, água e solo) são ligados dinamicamente, sendo necessário assumir algumas hipóteses para o cálculo dos mesmos, já que os modelos adotados são diferentes para cada compartimento.

O cálculo do escoamento superficial entre a coluna d'água e o meio poroso é realizado usando o gradiente gravitacional e a condutividade saturada. Os fluxos entre a coluna d'água e a superfície terrestre são calculados a partir do gradiente de superfície livre, assumindo-se um fluxo crítico no caso de inundações, o que permite a simulação explícita de eventos de cheias e a geração de descargas fluviais variáveis em função do fluxo de água em toda a rede hidrográfica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Implementação do modelo

A construção do modelo hidrológico no módulo *Land* requer que sejam satisfeitas algumas etapas, tais como a criação de um modelo digital de terreno (MDT), o delineamento da rede de drenagem da bacia e o ajuste dos parâmetros hidrológicos. O MDT é a representação matemática da distribuição espacial de um processo associado a uma superfície real. Após a definição do MDT, e com a definição das seções transversais informando os dados de largura (topo e fundo) e profundidade do canal, o MOHID é capaz de gerar automaticamente a rede de drenagem da bacia hidrográfica.

O MDT da microbacia do rio São Lourenço, em Nova Friburgo, foi construído com base em um grid quadrático de células de 100 m de lado e com informações altimétricas obtidas no projeto TOPODATA (Valeriano, 2005). As seções transversais foram estimadas após visita à região com vistas à caracterização do perfil fluvial desta microbacia(Figura 2).



Figura 2 – Vista da região para caracterização do perfil fluvial: (A) – rio em frente a estação de pesquisas da Pesagro ; (B) – rio São Lourenço

A delimitação do MDT e da rede de drenagem, elaborada na interface GIS do simulador MOHID*Land*, é apresentada na Figura 3.

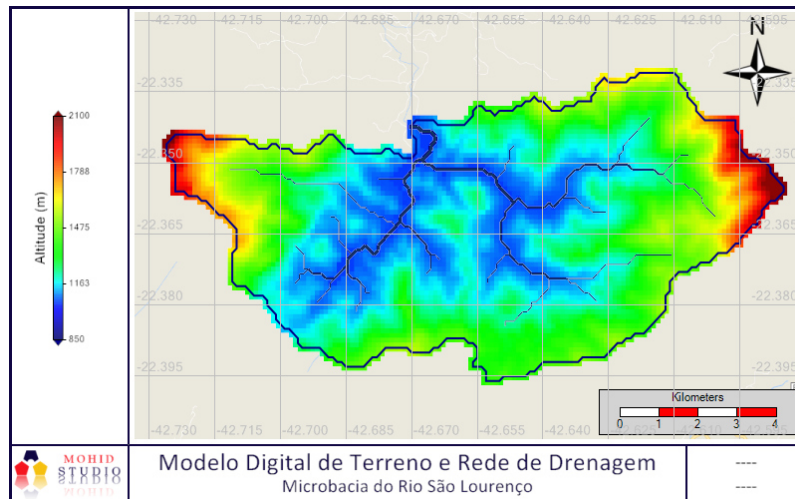


Figura 3 – Delimitação do MDT da microbacia do rio São Lourenço e sua rede de drenagem

Um dos principais parâmetros que influenciam a taxa de escoamento superficial em cursos d'água é o coeficiente de rugosidade de *Manning* (Lyra *et al*, 2010). O ajuste deste parâmetro para rios e canais, em geral, é obtido com a metodologia proposta por Chow (1959). O valor informado neste trabalho para a rede de drenagem foi de $0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$, ao passo que para a bacia seguiu-se os valores comumente reportados na literatura (SEA, 2013; 2014). A Figura 4 mostra a distribuição do coeficiente de *Manning* na bacia, considerando os seguintes usos: floresta densa ombrófila (0.16), ocupação humana (0.05) e áreas de cultivo (0.04).

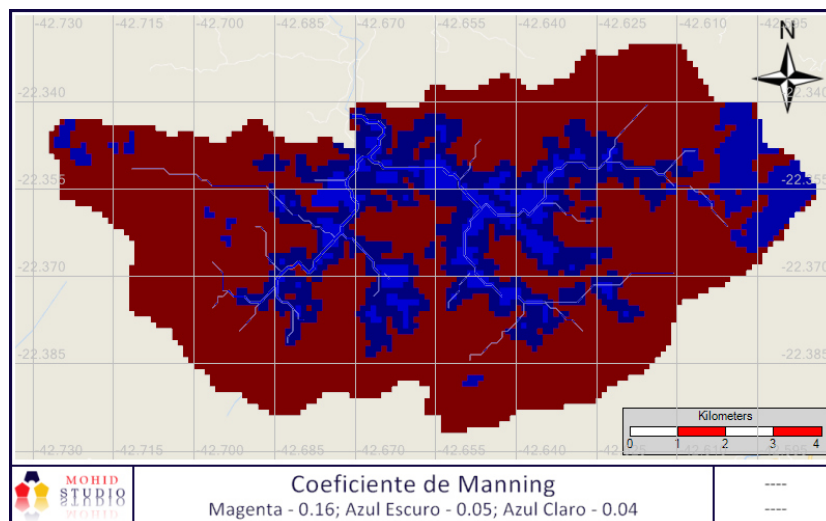


Figura 4 – Distribuição do coeficiente de *Manning* na microbacia do rio São Lourenço

O mapa de uso de solo da região (Figura 5) foi gerado a partir das informações acerca dos tipos de solo reportados no sítio virtual da Embrapa (2018), bem como pelo ajuste do coeficiente de *Manning* na bacia.

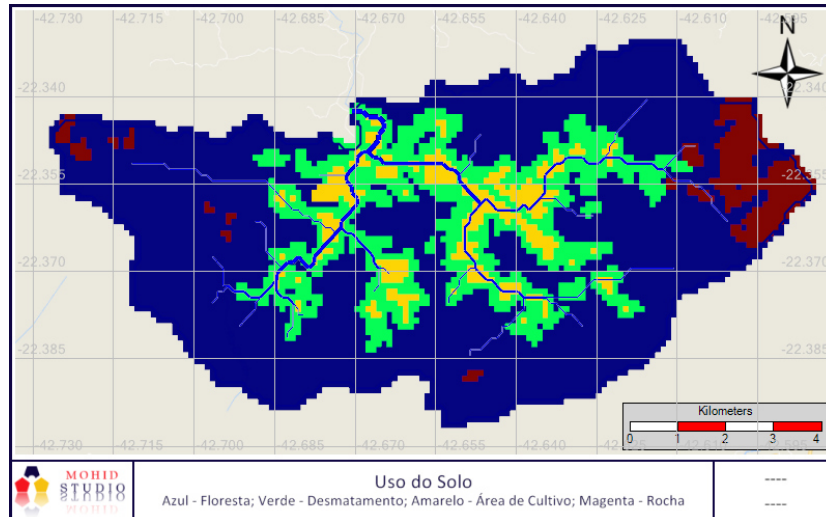


Figura 5 – Mapa de uso do solo gerado no MOHIDLand

3.2 Simulação chuva-vazão

A modelagem hidrológica na microbacia do rio São Lourenço foi realizada para o período de janeiro de 2011, época em que houve um grande evento de precipitação na cidade de Nova Friburgo. O modelo foi alimentado com registros diários de chuvas oriundos de uma estação meteorológica do INMET localizada nas proximidades da região.

As condições de fronteira são informadas ao modelo através de documentos do tipo *.srm* ou *.hdf5* no arquivo *Atmosphere* do MoHid Land. A série temporal de dados de precipitação é necessária para a simulação do escoamento superficial, enquanto que os demais dados atmosféricos (radiação, temperatura, ventos) são informados no caso de se modelar a evapotranspiração. Neste estudo a evapotranspiração na região não foi modelada.

Os valores de vazão obtidos na simulação, considerando-se a bacia impermeável, foram confrontados com dados reais provenientes da estação fluviométrica de São Lourenço, localizada na sub-bacia do Rio Paraíba do Sul, a 1130 m de altitude, dados esses disponíveis no banco de dados Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) (Figura 6).

Os resultados obtidos pelo MOHID são considerados satisfatórios, em se tratando de um modelo simplificado. Ajustes na rede de drenagem, tais como “*Min_Water_Depth*” e “*Initial_Water_Depth*”, bem como no valor “*Min_Water_Column*” relativo à altura mínima para o escoamento da água na célula, foram aplicados de forma satisfatória para algumas microbacias urbanas de Nova Friburgo (Telles *et al.*, 2016; 2017). Além disso, o refinamento do modelo, com a implementação do meio poroso, é uma alternativa a ser considerada no ajuste da linha de base simulada.

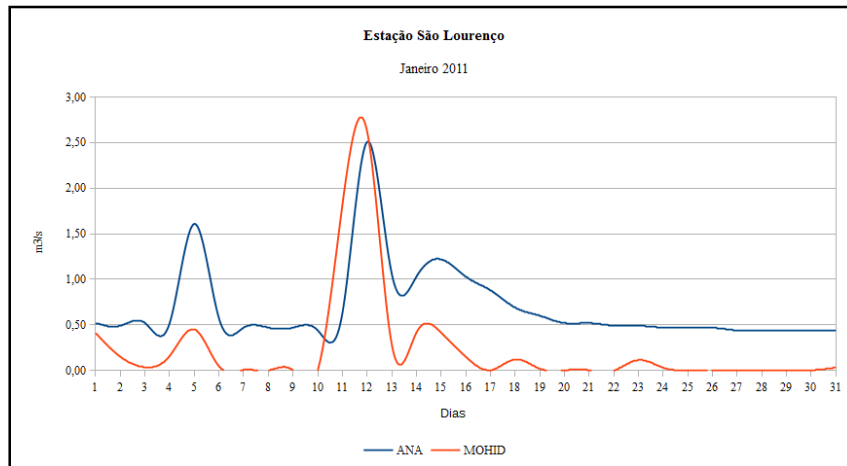


Figura 6 – Comparação da vazão (m^3/s) registrada (ANA) e simulada (MOHIDLand) para a estação fluviométrica de São Lourenço para o mês de janeiro de 2011.

4. CONCLUSÕES

O levantamento preliminar dos níveis de agrotóxicos na região, realizado pela Pesagro-Rio de Nova Friburgo, atestam a importância da modelagem hidrológica nesta região na compreensão da dinâmica desses contaminantes no meio. A modelagem aqui apresentada se restringiu a um evento extremo e atípico para a região. Portanto, a simulação de condições usualmente observadas e que retratem, de forma mais realista, a dinâmica do ciclo hidrológico na bacia e dos poluentes transportados em solução e suspensão, deve ser considerada em trabalhos futuros. A modelagem do transporte de substâncias contaminantes nesta microbacia, considerando outros cenários de precipitação, além do avanço nas etapas de calibração e validação do modelo, auxiliarão os estudos do potencial de contaminação na microbacia estudada.

Neste estudo, a modelagem da região de São Lourenço foi realizada considerando-se a bacia como sendo impermeável tendo sido considerado um período de simulação com a ocorrência de fortes chuvas provenientes de um evento de precipitação em janeiro de 2011. Os resultados preliminares referentes à simulação da vazão, em comparação aos dados mensurados na estação fluviométrica da ANA, mostram-se promissores, tendo em vista se tratar de um modelo simplificado. O refinamento do modelo com o ajuste dos parâmetros hidráulicos, como o coeficiente de *Manning* no canal, *curve number* e as constantes hidráulicas do solo, estão em fase de desenvolvimento e auxiliarão no processo de calibração dos eventos hidrológicos simulados nesta microbacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do InovUerj, da Faperj, do CNPq e da CAPES. Os autores agradecem também à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO) através do suporte do Centro Estadual de Pesquisa em Horticultura.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas (2018). “Hidroweb – Séries históricas de estações”. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf.
- Braunschweig, F., Leitão, C.P., Fernandez, L., Pina, P., Neves, R. (2004). “The object oriented design of the integrated modelling system MOHID”. *International Conference on Computational Methods in Water Resources*. Chapel Hill, USA.
- Chow, V.T. (1959) *Open channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- EMBRAPA (2018). “Mapas de solos no Estado do Rio de Janeiro”. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/maps/461>.
- Ghini, R.; Hamada, E; Bettiol, W. 2011. Impactos das Mudanças Climáticas sobre Doenças de Importantes Culturas no Brasil Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.
- Kalas, F.A.; Rodrigues, P.P.G.W; Tavares, L.P. & Lugon Junior, J. (2017) “Estimativa de vazões máximas na Bacia do Rio Macaé com uso do simulador MOHID Land”. *Anais do XXI ENMC e VIII ECTM*, Nova Friburgo, RJ.
- Lyra, G.B.; Cecilio, R.A.; Zanetti, S.S. & Lyra, G.B. (2010) “Coeficiente de rugosidade de Manning para o rio Paracatu” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n. 4, 343-350.
- Maretec (2012). *MOHID: Descrição do MOHID*. Essentia Editora, Campos dos Goytagazes.
- SEA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2013). “Relatório de gestão de recursos hídricos (revisão 3)”. *Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. *Anais do III Congresso de Matemática Aplicada e Computacional Sudeste*.
- SEA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2014). *Plano de recursos hídricos da região hidrográfica de Macaé e das Ostras: Relatório de síntese*. Rio de Janeiro.
- Souza, A. L.R.; Telles, W.R.; Rodrigues, P.P.G.W. & Silva Neto, A.J. (2015). “Análise do Processo de Infiltração de Água na Bacia do Rio Cônego com base na Plataforma MOHID e suas diferentes formulações”.
- Tavares, L.P.S.; Costa, J.B.; Kalas, F.A. & Lugon Junior, J. (2017). “Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Macaé utilizando MOHID Land”. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, Campos dos Goitacazes/RJ, v.11, n.1, 169-181 p.
- Telles, W.R., Silva Neto, A.J.&Rodrigues, P.P.G.W. (2017). “Modeling the flow of a river using MoHid Platform”. *Anais do 22nd. Internacional Congress of Mechanical Engineering (COBEM)*, Ribeirao Preto/SP, 8539 – 8547 p.
- Telles, W.R.; Rodrigues, P.P.G.W. & Silva Neto, A.J. (2016). “Calibração automática de um simulador aplicado a um rio de montanha empregando dados experimentais de precipitação e nível – Estudo de caso: Corrego Dantas, RJ.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, n. 1, 143-151.
- Telles, W.R.; Rodrigues, P.P.G.W. & Silva Neto, A.J. (2017). “Calibração automática da plataforma MOHID empregando um método estocástico de otimização e dados reais de um evento climático extremo em Nova Friburgo-RJ: parte 2 – análise da sensibilidade e estimativa de parâmetros hidrológicos”. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, v. 33, n. 3, 204-211.
- Valeriano, M.M. (2005). “Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA”. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiana. INPE, v. 16-21, 1-8.
- Vianna, M. S. ; Torres, J. P. M. Biossensor Fluorimétrico Baseado em Extrato de Cérebro de Ratos Wistar para a Determinação de Agrotóxicos Organofosforados, Carbamatos, Piretróides e Neonicotinóides. Patente: Privilégio de InovaçãoBR10201800336. Data de depósito 21 fev. 2018.

- Vianna, M.S; Torres, J.P.M & Silva Neto, A.J. (2018). Biossensor para Glifosato: Modelos de Sorção para Avaliação Ambiental em Terras Indígenas Tekoha Oco'y – PR. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.3, n.2
- Pal et al. 2010. Impacts of Emerging Organic Contaminants on Freshwater Resources: Review of Recent Occurrences, Sources, Fate and Effects. *Science of the Total Environment* 408 6062–6065.

IMPLEMENTATION OF A HYDROLOGICAL MODEL TO STUDY THE TRANSPORT OF PESTICIDES IN THE SÃO LOURENÇO RIVER BASIN IN NOVA FRIBURGO

Abstract. *This work consists of the construction of a hydrological model for the São Lourenço River basin in Nova Friburgo to be used in the study of the dynamics / mobility of a relevant set of agrochemicals used in the region. For this purpose, it is presented the development of the simulation of a precipitation event in the São Lourenço River watershed using the MoHid Land simulator. The region of São Lourenço is located in a mountainous area of Nova Friburgo, Rio de Janeiro, and is characteristically a rural region with a high rate of application of agrochemicals. The objective of the developed model is to characterize the study area computationally as well as to investigate the flow behavior of the surface waters of the rivers of this basin. The preliminary survey of pesticide levels in the region shows the importance of the transportation of agrochemicals to the real knowledge of its environmental dynamics, guided by multiple factors of high temporal and spatial variability. The results obtained for the simplified model of a waterproof basin are considered satisfactory. Adjustments in hydrological variables, such as the Manning coefficient, and the implementation of new parameters such as soil hydraulic constants in the porous medium module are promising alternatives for calibration and validation of the model.*

Keywords: *Hydrographic basin, MoHid Land, Hydrological model, São Lourenço River*