

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

II Seminário da Rede AgroHidro

**Impactos da agricultura e das mudanças
climáticas nos recursos hídricos**

Anais

Campinas, SP, 25 a 27 de março, 2014

*Maria Fernanda Moura
Giampaolo Queiroz Pellegrino
Lineu Neiva Rodrigues*
editores técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
Caixa Postal 6041 - 13083-886 - Campinas, SP
Fone: (19) 3211-5700 - Fax: (19) 3211-5754
www.embrapa.br
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Informática Agropecuária

Comitê de Publicações da Embrapa Informática Agropecuária

Presidente: *Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*

Secretária: *Carla Cristiane Osawa*

Membros: *Adhemar Zerlotini Neto, Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Thiago Teixeira Santos, Maria Goretti Gurgel Praxedes, Adriana Farah Gonzalez, Neide Makiko Furukawa, Carla Cristiane Osawa*

Membros suplentes: *Felipe Rodrigues da Silva, José Ruy Porto de Carvalho, Eduardo Delgado Assad, Fábio César da Silva*

Supervisão editorial: *Stanley Robson de Medeiros Oliveira, Neide Makiko Furukawa*

Revisão de texto: *Adriana Farah Gonzalez*

Normalização bibliográfica: *Maria Goretti Gurgel Praxedes*

Editoração eletrônica: *Neide Makiko Furukawa*

Arte capa: *Diana Rosângela Breitenbach*

1ª edição

Publicação digitalizada (2014)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informática Agropecuária

Seminário da Rede AgroHidro (2. : 2014 : Campinas, SP)

Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos : anais : Campinas, SP, 25 a 27 de março 2014 / Maria Fernanda Moura, Giampaolo Queiroz Pellegrino, Lineu Neiva Rodrigues, editores técnicos. - Brasília, DF : Embrapa, 2014.

192 p. : il. color. ; 15 cm x 22,5 cm.

ISBN 978-85-7035-368-9

1. Modelagem hídrica. 2. Análise de dados. 3. Qualidade da água. 4. Qualidade do solo. 5. Evapotranspiração. I. Moura, Maria Fernanda. II. Pellegrino, Giampaolo Queiroz. III. Rodrigues, Lineu Neiva. IV. Embrapa Informática Agropecuária. V. Título.

CDD 551.48

© Embrapa 2014

Editores Técnicos

Maria Fernanda Moura

Estatística, doutora em Ciências Matemáticas e da Computação
Pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP
maria-fernanda.moura@embrapa.br

Giampaolo Queiroz Pellegrino

Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Agrícola
Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP
giampaolo.pellegrino@embrapa.br

Lineu Neiva Rodrigues

Engenheiro Agrícola, doutor em Engenharia Agrícola
Pesquisador em Irrigação e Recursos Hídricos da Embrapa Cerrados,
Planaltina, DF
lineu.rodrigues@embrapa.br

Monitoramento hidrometeorológico em bacias rurais do Bioma Mata Atlântica

Hydrometeorological monitoring in rural catchments in the Atlantic Forest Biome

Azeneth Eufrausino Schuler*¹;
Alexandre Ortega Gonçalves¹; Rachel Bardy Prado¹;
Annika Künne²; Santiago Penedo-Julien³;
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo¹;
Ana Paula Dias Turetta¹

Resumo

Visando estabelecer estudos sobre a hidrologia de bacias com uso agrícola nas regiões tropicais, foram instaladas redes de instrumentação hidrometeorológica em duas bacias rurais. Caracterizadas por um mosaico de classes de cobertura e uso da terra, na Mata Atlântica Fluminense, as bacias são: a do córrego Pito Aceso, no Município de Bom Jardim, região Serrana Fluminense, e a bacia dos Rios Guapiaçu-Macacu, cuja drenagem tem sua foz na Baía de Guanabara. Os resultados obtidos no monitoramento provêm informações essenciais para parametrizar modelos simuladores de processos de fluxo de água e transporte de nutrientes e sedimentos. No projeto AgroHidro, a associação do monitoramento ao uso de modelos visa prover maior conhecimento dos processos de hidrologia em bacias, bem como de suas interações com os sistemas agrícolas.

Termos para indexação: monitoramento hidrológico, hidrometeorológico, recursos hídricos, Mata Atlântica, Rio de Janeiro, hidrologia.

¹ Embrapa Solos, {azeneth.schuler;alexandre.ortega;rachel.prado;elaine.fidalgo;ana.turetta}@embrapa.br; marysolschuler@gmail.com

² Universidade de Jena, Alemanha, annika.kuenne@uni-jena.de

³ Universidade de Colônia, Alemanha, santiago.penedo@fh-koeln.de

Abstract

Aiming at the establishment of catchment hydrology studies in agricultural areas of tropics, sets of hydro-meteorological measurement instruments were installed in two rural watersheds covered by a mosaic of land cover and land use classes, in the Atlantic Forest of the State of Rio de Janeiro, Brazil. These watersheds are: i) Pito Aceso Creek Catchment, in the Mountainous Region of the State, and ii) Guapi-Macacu River Watershed, which drains to the Guanabara Bay. The hydrometeorological data from monitored catchments provide information to parametrize models to simulate water flow, sediment and nutrient transfers. In AgroHidro project, joined monitoring and modeling studies will provide major knowledge about watershed hydrology and its interaction with farming systems.

Index terms: hydrological, hydrometeorological monitoring; water resources; Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Hydrology.

Introdução

Os estudos de hidrologia de bacias experimentais realizados principalmente em regiões temperadas, como os Estados Unidos e a Europa, desde o Século 19, foram fundamentais para o conhecimento dos processos hidrológicos em bacias (DONATO et al., 2008), e possibilitaram a parametrização e validação de modelos hidrológicos e de transporte de sedimentos nestas regiões. Por outro lado, há poucos exemplos de estudos hidrológicos em bacias experimentais nos trópicos. No Brasil, desde a década de oitenta, foram realizados alguns estudos de hidrologia de bacias com florestas, porém são mais escassos os trabalhos em regiões agrícolas. Considerando a importância desta área de conhecimento para a gestão da agricultura e dos recursos hídricos, a Embrapa Solos iniciou pesquisas no tema já nos anos noventa.

Dentre as bacias de pesquisa da Unidade, foram selecionadas duas áreas localizadas no Bioma Mata Atlântica, no Estado do Rio de Janeiro, em estágio intermediário (dez anos) ou inicial (dois anos) de monitoramento hidrometeorológico, para realização de estudos no escopo da Rede AgroHidro, incluindo modelagem hidrológica. Como critérios de escolha das bacias no AgroHidro ressalta-se, além da presença de estudos em andamento, a relevância das regiões tanto para a produção agrícola como para a conservação da Mata Atlântica, aliada à produção de água. Em síntese, o desafio de conciliar diferentes usos da terra na geração de serviços ambientais. O presente trabalho descreve a instrumentação das bacias do Pito Aceso e do Guapi-Macacu e os estudos decorrentes dos dados gerados.

Material e métodos

Áreas de estudo

As bacias selecionadas situam-se em regiões onde a Mata Atlântica tem uma alta percentual de preservação, motivado pelo relevo montanhoso. Por outro lado, a proximidade à região metropolitana do Rio de Janeiro possibilitou uma produção dinâmica da agricultura familiar, voltada ao abastecimento dos centros urbanos com produtos de olericultura e fruticultura, provenientes tanto das encostas declivosas, como das planícies de inundação dos cursos d'água. Destaca-se também a alta produção de água das bacias, com empresas de água mineral instaladas, e, no caso do Guapi-Macacu, o abastecimento de água a uma região com alta densidade populacional.

A bacia do córrego Pito Aceso, no Município de Bom Jardim, tem como ecossistema original a Floresta Ombrófila Densa. O córrego drena para o Rio Santo Antônio, afluente do Rio Grande, que faz parte da Bacia do Rio Paraíba do Sul. O clima é tropical úmido, com temperaturas bem distribuídas ao longo do ano. A precipitação média anual é de 1.400 mm, concentrados no período chuvoso. Situa-se no Domínio Geomorfológico do Planalto Residual do Reverso da Serra dos Órgãos, caracterizada por relevo montanhoso. A área de 500 hectares em uma propriedade particular nas cabeceiras da bacia, cuja vazão é monitorada há dez anos, foi objeto de vários estudos. As classes de solos predominantes são Cambissolos, Latossolos e Argissolos. A cobertura e o uso da terra caracterizam-se por um mosaico de classes: floresta, vegetação secundária, pastagem e agricultura familiar com cultivos anuais (olericultura), perenes (café, banana e eucalipto) e áreas de pousio.

A Bacia do Guapi-Macacu, com área aproximada de 1.450 km², é drenada pelos rios Guapiaçu e Macacu, unidos artificialmente para a formação da Represa de Imunana-Laranjal, responsável pelo abastecimento de quase dois milhões de pessoas dos municípios de São Gonçalo, Niterói e Itaboraí (BE-NAVIDEZ et al. 2009). A área da bacia abrange os municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Itaboraí. O ecossistema original é a Floresta Ombrófila Densa, com formações primárias e secundárias em 45% da área da bacia (FIDALGO, 2008). Quanto à geomorfologia, a bacia abrange as Escarpas da Serra do Mar, as Bacias Sedimentares Cenozóicas, compostas por Planícies Flúvio-Marinhas, e Tabuleiros de Bacias Eo-Cenozóicas (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, 2000). As altitudes máximas estão em torno de 1700 m. O clima é tropical úmido, com estação seca pouco pronunciada, com temperatura máxima de 35 °C e mínima de 13 °C, sendo a média superior a 18 °C em todos os meses. A pluviosidade atinge 2.300 mm anuais nas escarpas da Serra (PEDREIRA, et al., 2009). Predominam os Cambissolos nas áreas montanhosas, os Latossolos nas planícies e os Gleissolos nas várzeas (CARVALHO JÚNIOR et al., 2009).

Rede de instrumentos de medição hidrometeorológica

Inicialmente, foram instalados instrumentos para medições de parâmetros básicos para estimar as entradas e saídas do balanço hídrico, isto é, quantificar

precipitação, evapotranspiração e deflúvio nos canais. Convém destacar que as estações implantadas não se caracterizam como estações meteorológicas completas, pois não apresentam todos os sensores requeridos nesta categoria.

Na Bacia do Pito Aceso, foi instalada, em 2004, uma estação hidrossedimentológica com vertedouro, na cabeceira do Córrego Pito Aceso. Na Bacia do Guapi-Macacu, os primeiros sensores foram instalados em 2010, pelo projeto DINARIO, cooperação entre a Embrapa e a Universidade de Colônia, Alemanha (PENEDO et al., 2011). A Tabela 1 apresenta os equipamentos instalados nas duas áreas.

Outros monitoramentos foram realizados, além do hidrometeorológico:

a) monitoramento da qualidade da água, mediante coleta e análise de amostras de parâmetros físico-químicos, cátions e ânions, in situ ou em laboratório, utilizados em estudos de biogeoquímica de bacias;

Tabela 1. Conjuntos de sensores e equipamentos que compõem a rede de monitoramento nas bacias do Pito Aceso (1), e Guapi-Macacu (2).

Conjuntos de sensores/equipamentos	Componentes na Bacia 1 Pito Aceso	Componentes na Bacia 2 Guapi-Macacu
Estação agrometeorológica	Quantidade: 1 · Pluviômetro tipo "Tipping Bucket"; · Sensor temp. e umidade Relativa ar; · Radiação solar global; · Velocidade e direção dos ventos; · Umidade e temperatura do solo; · Cálculo de evapotranspiração; · Datalogger, Bateria e painel solar.	Quantidade: 3 · Pluviômetro tipo "Tipping Bucket" · Sonda Temperatura e umidade relativa CS215 · Data logger CR200X · Bateria e painel solar Instalados em 3 sub-bacias.
Estações de medição do nível da lâmina d'água Instaladas nos canais de drenagem de 3 sub-bacias.	n.d.	Quantidade: 3 · Coletor de dados (Data logger) PL01 com sensor de nível de água integrado e bateria externa conectada via cabo. Frequência de amostragem ajustável de 1 segundo a 30 dias. Capacidade de armazenamento de 2000kB.

Continua...

Tabela 1. Continuação...

Estação hidrossedimentológica Na bacia 1, foi instalada há 10 anos em vertedouro. Deve ser instalada em breve, uma segunda estação no trecho final do Córrego.	Quantidade: 1 · Levelogger: sensor do nível de água por transdução de pressão, instalada em vertedouro; · Turbidímetro – sensor de turbidez; · Pluviômetro; · Data logger CR200X · Bateria e painel solar.	Quantidade: 1 · Levelogger: sensor do nível de água por transdução de pressão, instalada em vertedouro; · Turbidímetro – sensor de turbidez; · Pluviômetro; · Data logger CR 200X · Bateria e painel solar. Instalada na sub-bacia do Batatal.
Molinete/ Correntômetro Sistema móvel de medição de vazão, tipo molinete, com software.	n.d.	Quantidade: 1 · Medidor de corrente Universal F1 · Contador tipo Z6 · Tubo graduado em aço inoxidável · Cabo com presilhas
Poços com divers Instalados em transectos de 3 unidades em declive perpendicular ao canal de drenagem.	Quantidade: 3 · Sensor "Diver" para medição do nível de água em poço, por transdução de pressão, com registrador de dados integrado.	Quantidade: 3 · Sensor tipo "diver" similar aos da Bacia 1. O transecto de 3 poços foi instalado na sub-bacia do Batatal, afluente do Guapi-Macacu.
Telemetria Instalada na sub-bacia Batatal.	n.d.	Quantidade: 1 · Modem GPRS (via conexão celular)

b) dinâmica de uso da terra com uso de imagens orbitais de diferentes resoluções;

c) mapeamento de solos e estudos de qualidade física e química do solo;

d) monitoramento hidrossedimentológico e estudos em parcelas de erosão.

Foram publicados alguns trabalhos a partir dos estudos acima nas bacias do Pito Aceso (MENDES, 2006; MIRANDA, 2008; NUÑEZ VILLAREAL, 2010) e do Guapi-Macacu (KÜNNE; PENEDO, 2010; PENEDO et al., 2011). Atualmente, está em andamento pelo projeto AgroHidro, a avaliação de modelos de processos hidrológicos nas duas áreas, que utilizarão resultados dos diferentes estudos realizados.

A experiência do monitoramento com diferentes sensores e registradores de dados (dataloggers) nacionais e importados, mostrou diferenças de desempenho que afetam a qualidade e continuidade das séries históricas. Embora mais caros, os dataloggers importados apresentam maior robustez de funcionamento, proteção contra a alta umidade dos ambientes tropicais, e podem

ser conectados a vários sensores. Por outro lado, a utilização de sensores nacionais tem apresentado resultados satisfatórios quando associados ao modelo de datalogger importado, com custos menores para os sensores, e não apresentam os defeitos observados quando utilizados com registradores nacionais.

A telemetria foi instalada experimentalmente em uma das sub-bacias do Guapi-Macacu, do Rio Batatal, e tem como vantagens o acompanhamento à distância das leituras em intervalos pequenos de frequência, com menor incidência de falhas nas séries; baixo custo com viagens, restritas à manutenção; custo reduzido da conexão por celular (aproximadamente cinquenta centavos ao dia para a conexão de um modem GPRS).

Resultados esperados

A partir da experiência das unidades, e com a contribuição de instituições que atuam no monitoramento, a rede AgroHidro pretende elaborar diretrizes para a instrumentação hidrometeorológica e sedimentológica de bacias, considerando as características dos Biomas.

Os dados fluviométricos e meteorológicos e outras informações, como o conteúdo de água no solo e a altura do lençol freático, proverão variáveis de entrada em modelos hidrológicos de simulação de fluxos. Estão em curso aplicações no Guapi-Macacu do sistema de modelagem hidrológica JAMS (KRALISCH; KRAUSE, 2006), da Univ. de Jena. Os estudos envolvem a regionalização de vazões e a modelagem dos fluxos de fósforo e nitrogênio.

O projeto AgroHidro prevê a continuidade dos estudos de monitoramento e modelagem nestas bacias, com novos desdobramentos para a pesquisa. Busca-se maior compreensão dos efeitos dos sistemas de produção sobre os processos hidrológicos e a representação por modelos dos fluxos de água e transporte de sedimentos, nutrientes ou contaminantes.

Considerações finais

A partir dos dados providos nas redes de monitoramento hidrometeorológico, em conjunto com dados de solo, geologia e uso da terra, serão calibrados modelos hidrológicos para simulação de vazões. As informações também serão úteis para análises de sensibilidade e incertezas dos modelos, e as séries temporais obtidas poderão ser estudadas por análise de tendências. Os modelos calibrados serão aplicados em cenários de mudanças de clima e de uso da terra para simulação do comportamento hidrológico destas bacias, conforme proposto pelo Projeto da Rede AgroHidro.

Referências

- BEHAVIDES, Z. C.; CINTRÃO, R. P.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; PRADO, R. B. **Consumo e abastecimento de água nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 107 p. (Embrapa Solos. Documentos, 115).
- CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; BHERING, S. B.; PEREIRA, N. R. Zoneamento Agroecológico da Bacia Hidrográfica Guapi-Macacu. In: PLANO de Manejo: APA da bacia do rio Macacu. Rio de Janeiro: Instituto Ibiotlântica, 2009, p. 95-115.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa de unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/rj/geomorfologico/geomorfo_mpunid.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- DONATO, C. F.; RANZINI, M.; CICCIO, V. de; ARCOVA, F. C. S.; SOUZA, L. F. S. de. Balanço de massa em microbacia experimental com Mata Atlântica, na Serra do Mar, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 1-11, jun. 2008.
- 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).
- KRALISCH, S.; KRAUSE, P. JAMS—A framework for natural resource model development and application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYDROINFORMATICS, 7., 2006, Nice. **Proceedings...** Nice: Research Pub., 2006.
- KÜNNE, A.; PENEDO, S. Hydrological and nutrient transport modeling with the J2000 model in the Guapi-Macacu River Basin. In: BETTER SOILS FOR BETTER LIFE CONFERENCE, 2010, Bremen. Oral presentation and abstract, Germany 6 – 10 December 2010.
- MENDES, C. A. R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no Município de Bom Jardim – RJ**. 2006. 237 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MIRANDA, J. P. L. **Propriedades físico-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano – Bom Jardim (RJ)**. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- NUÑEZ VILLAREAL, J. J. **Soil erosion assessment in the agricultural microbasin of Pito Aceso in the Municipality of Bom Jardim, Rio de Janeiro State**. 2010. 82 p. Thesis (Master of Science) - Cologne University of Applied Sciences, Koln.
- PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; FADUL, M. J.; BASTOS, E. C.; SILVA, S. A.; ZAINER, N. G.; PELUZO, J. **Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 66 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 136).

PENEDO, S.; KÜNNE, A.; BARDY, R.; SCHULER, A.; ROEHRIG, J. Implementation of a hydro-climatic monitoring network in the Guapi-Macacu River Basin in Rio de Janeiro, Brazil. In: WORLD WATER CONGRESS, 14., 2011, Porto de Galinhas. **Anais...** [Porto de Galinhas]: International Water Resources Association, 2011. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/902436/1/PAP005976.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2014.